

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

**ABORDANDO O CONCEITO DE ISOMERIA POR MEIO DE
SITUAÇÕES-PROBLEMA NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA**

José Euzébio Simões Neto

RECIFE, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

ABORDANDO O CONCEITO DE ISOMERIA POR MEIO DE
SITUAÇÕES-PROBLEMA NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como uma parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Mestrando: José Euzébio Simões Neto

Orientadora: Angela Fernandes Campos, Dra.

Co-Orientador: Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior, MSc.

RECIFE, 2009.

Ficha catalográfica

S593a Simões Neto, José Euzébio
Abordando o conhecimento de isomeria por meio de
situações-problema no ensino superior de química / José
Euzébio Simões Neto. -- 2009.
120 p. : il.

Orientadora: Angela Fernandes Campos
Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Educação.

Inclui referências, anexo e apêndice

1. Situação-problema 2. Química – Estudo e ensino
3. Isomeria I. Campos, Ângela Fernandes II. Título

CDD 540.7

**ABORDANDO O CONCEITO DE ISOMERIA POR MEIO DE
SITUAÇÕES-PROBLEMA NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA**

José Euzébio Simões Neto

Dissertação defendida e aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Angela Fernandes Campos, Dra. (Orientadora)

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior, MSc. (Co-Orientador)

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Márcia Gorette Lima da Silva, Dra.

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Marcelo Brito Carneiro Leão, Dr.

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Analice de Almeida Lima, Dra.

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

*“And the sea isn't green
And I love the queen
And what exactly is a dream
And what exactly is a joke.”*

(Syd Barrett)

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação de mestrado a todas as pessoas que de alguma maneira me ajudaram, de maneira direta ou indireta, para a conclusão da mesma. Sem vocês, sem a ajuda de todos vocês, seria impossível concluir esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio da minha família, fundamental para a realização deste trabalho, principalmente ao meu pai, Djalma Euzébio Simões Neto, minha mãe, Maria de Fátima Cysneiros Nicéas Simões, meus irmãos Marília Nicéas Simões e Rafael Nicéas Simões, meu sobrinho Caio Vinícius Simões e a Cecília Veras-Campos.

Agradeço a Fauston Fred, Júlio Cosme e Rafael Menezes, representando aqui todos os meus amigos, importantes e indispensáveis para o meu desenvolvimento como pessoa.

Agradecimentos especiais a minha orientadora, Angela Fernandes Campos e a meu co-orientador Cristiano Marcelino, pela dedicação e paciência.

Agradeço a Suzana Santos, representando todos os estudantes que passaram por minhas classes de aula nessa ainda curta jornada em busca de uma educação de qualidade, inovadora e significativa.

Agradeço aos colegas professores, todos eles, que junto comigo travam essa luta diária contra a falta de condições, falta de reconhecimento, falta de remuneração justa, falta de respeito dos donos de escolas e falta de quase tudo em busca da formação do cidadão. Somos vencedores.

Agradeço aos colegas de mestrado, pelo interessante convívio e proveitosos debates durante nosso tempo de convivência. Foi um prazer à convivência com todos e um orgulho muito grande ter conquistado amizades como as de Guilherme, Rocha, Fernando, Agilson, José Edeson, Jairo, Juciene, Ana Célia, e outros tantos.

Agradeço aos professores do programa de pós-graduação em ensino das ciências, dentre os quais gostaria de citar Marcelo Carneiro Leão, Anna Paula Menezes, Suely Alves e Heloísa Flora Bastos, que me ensinaram muito mais do que eles pensam ter ensinado.

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Superior, Isomeria e Situações-problema.

Este estudo procurou investigar como a estratégia didática de resolução de situações-problema pode auxiliar no aprendizado do conceito de isomeria no ensino superior, mais precisamente no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Para isso, a partir das indicações propostas por Merieu (1998), foram elaboradas duas situações-problema, que tiveram suas temáticas ligadas ao conceito de isomeria – uma delas abordou os aspectos históricos da descoberta do fenômeno químico e a outra uma determinada aplicação medicinal de compostos isoméricos. Durante a intervenção, um texto (produzido neste trabalho) e modelos moleculares comerciais foram utilizados como materiais didáticos visando auxiliar os estudantes na resolução das situações-problema. A obtenção dos dados foi feita usando, entre outros instrumentos, questionário impresso e entrevista semi-estruturada, esta gravada em áudio. A resolução das situações-problema, mediante as condições sugeridas pelo método do trabalho aos estudantes participantes da pesquisa – material didático indicado, trabalho em grupo e interação com o professor-pesquisador, contribuiu de forma significativa para o entendimento do conceito de isomeria e suas particularidades, tais como o contexto histórico (abordado na primeira situação-problema) e as aplicações destes compostos (segunda situação-problema), como mostram os dados obtidos depois de analisados adequadamente.

ABSTRACT

KEYWORDS: Higher Education, Isomery, Problem-Situations.

This work tried to investigate how the didactic strategy of problem-situation solving can assist the learning of the concept of isomerism in college, more specifically in Chemistry Undergraduate level at Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). To this end, two problem-situations, whose thematic were closely related to the concept of isomerism, were elaborated based on Meirieu's propositions (1998). The first one discussed the historical aspects of the discovery of the chemical phenomena, and the second talked about a medicinal application of isomeric compounds. During the intervention, a text produced on the aforementioned work and commercial molecular models were used as didactic materials aiming to assist students on problem solving problem-situations. Data collection was done using, among other instruments, printed questionnaire and semi-structured interview, recorded in audio. The resolution of problem-situations by the conditions suggested on students participating in the search - material indicated, working in groups and interacting with the teacher-researcher - contribute significantly to the understanding of the concept of isomerism and its features, such as historical context (discussed in the first problem-situation) and the application of these compounds (the second problem-situation), as shown by the data obtained after adequately analyzed.

INTRODUÇÃO	13
Capítulo I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	07
1.1. O Ensino Superior de Química	19
1.1.1. Breve Histórico do Ensino Superior de Química.....	19
1.1.2. A Licenciatura em Química.....	23
1.1.3. Os Problemas da Licenciatura.....	26
1.2. Conceito de Isomeria e sua Abordagem.....	31
1.2.1. Isomeria Constitucional.....	32
1.2.2. Estereoisomeria.....	35
1.3. Situações-problema: Definições e Utilizações.....	41
Capítulo II – METODOLOGIA	49
2.1. Abordagem Metodológica	49
2.2. Perfil do Grupo de Amostragem.....	50
2.3. Metodologia – Etapas de Elaboração.....	51
2.3.1. Elaboração do Questionário Inicial.....	51
2.3.2. Elaboração do Material Didático.....	53
2.3.3. Escolha do Modelo Molecular Utilizada na intervenção.....	54
2.3.4. Elaboração das Situações-problema.....	58
2.3.5. A Entrevista Semi-Estruturada.....	62
2.4. Metodologia – Etapas de Aplicação.....	64
2.5. Metodologia – Análise dos Dados Obtidos.....	66
2.5.1. Análise do Questionário de Concepções Prévias.....	66
2.5.2. Análise do Momento de Discussão Usando o Material Didático	68
2.5.3. Análise das Respostas às situações-problema.....	68
2.5.4. Análise das Respostas durante a Entrevista Semi-estruturada.....	69

Capítulo III – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
3.1. Análise do Questionário de Concepções Prévias.....	70
3.2. Análise do Momento de Discussão Usando o Material Didático.....	80
3.3. Análise das Respostas às Situações-Problema.....	83
3.4. Análise das Respostas à Entrevista Semi-estruturada.....	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS	104
ANEXOS	109
APÊNDICES	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ácido Butanóico e Etanoato de Etila são Isômeros. Apesar de mesma fórmula molecular, as estruturas são diferentes, o que garante propriedades diferentes.	33
Figura 2: (1) cis-dicloroeteno e (2) trans-dicloroeteno	35
Figura 3: Isomeria cis-trans em complexos de geometria quadrado-planar	35
Figura 4: Isomeria cis-trans em complexos de geometria octaédrica	36
Figura 5: Isomeria fac e mer em complexo do tipo $[MX_3Y_3]$ genérico	37
Figura 6: Isomeria E-Z	38
Figura 7: Isômeros d e l do ácido láctico	38
Figura 8: Nomenclatura CIP (R-S) para o Ácido Láctico	39
Figura 9: As etapas de desequilíbrio e equilíbrio, segundo a teoria de Piaget	41
Figura 10: Esquemas de funcionamento das situações-problema – A idéia do conflito sócio-cognitivo	42
Figura 11: Esquema Composto de Coordenação do tipo $[MX_3Y_3]$ usando o Orbit Molecular Models Kit.....	55
Figura 12: Molécula Orgânica (à esquerda) e Composto de Coordenação (à direita) construída com o H.G.S. Molecular Structure Model Kit.	57
Figura 13: Molécula da propanona construída usando o atomlig77 educação.	58
Figura 14: Estruturas para o $AgCNO$ sugeridas pelos estudantes do grupo 02..	85
Figura 15: Estruturas para o $Pt(NH_3)_2Cl_2$ sugeridas pelos estudantes do grupo 02.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrão Federal para os cursos de Química no Brasil	22
Tabela 2: Isomeria Constitucional em Compostos de Coordenação	33
Tabela 3: Análise do Questionário de Concepções Prévias	66
Tabela 4: Respostas a 1ª Questão	71
Tabela 5: Respostas a 2ª Questão	73
Tabela 6: Respostas a 3ª Questão	75
Tabela 7: Respostas a 4ª Questão	77
Tabela 8: Respostas a 5ª Questão	78
Tabela 9: O Nível de dificuldade do conteúdo de Isomeria	92
Tabela 10: Importância e Utilização dos Materiais Didáticos.....	98

INTRODUÇÃO

Segundo as Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006, p. 109), para o ensino médio, deve ser possibilitado ao estudante “a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em suas estreitas relações com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas”, ou seja, não somente os conceitos, mas também todo o universo que o rodeia – aplicações, tecnologias e relações sociais e econômicas, deve ser apresentado e incorporado à estrutura de pensamento do estudante. A possibilidade dessa abordagem não ser realizada pode estar ligada a formação inicial dos professores.

A formação de professores no Brasil partiu de um estado de instrumentalização técnica, centrado na formação de um técnico em educação, característico do início da década de 1970 (PEREIRA, 2000), até uma perspectiva múltipla atual, onde se encontram diversas “modalidades” de professores. Como exemplo, tem-se a atitude do professor-pesquisador e o professor-reflexivo, entre outras, iniciadas na década de 1990 e ainda em bastante evidência. Essas perspectivas mais modernas dão uma real dimensão do trabalho que cabe ao professor atual:

Parece ser o papel do professor bem mais complexo do que a simples tarefa de *transmitir o conhecimento* produzido. O professor, durante a sua formação inicial ou continuada, precisa compreender o próprio processo de construção e produção do conhecimento escolar, conhecer as características da cultura escolar, saber a história da ciência e a história do ensino da ciência com que trabalha e em que pontos elas se relacionam (PEREIRA, op. cit., p. 47, grifo nosso).

Porém, a realidade que temos nos cursos de formação de professores no Brasil não é adequada para a formação desse profissional tão complexo e atarefado. O resultado é dado por Mortimer, Machado e Romanelli (2000), que afirmam:

Nosso ensino de química tradicional é fruto, na maioria das vezes, de um processo histórico de repetição de formulas que são bem sucedidas do ponto de vista didático – fazer com o aluno aprenda alguns conceitos relacionados à química, transformando a disciplina num manejo de pequenos rituais. (MORTIMER et al., 2000).

Grande parte dos cursos de formação inicial de professores no Brasil são baseados nessa visão tradicional, que somada a sua formação fundamental e média, também com grandes chances de ter ocorrido desta maneira, pode ser um obstáculo na sua atividade docente. E é nessa visão que vários permanecem durante toda a sua vida como profissional da educação, sendo, por várias vezes, apenas uma cópia ou reflexo de algum profissional que marcou sua formação.

Pereira (2000) verificou que mais de 23%, dos professores do curso de licenciatura em biologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) acreditam que ensinar é **transmitir** algo a alguém. O autor ressalta também o fato de que professores influenciam os alunos em sua prática docente, o que nos faz pensar que o problema no ensino médio possa partir de uma falha na formação inicial dos professores, no que diz respeito ao preparo para assumir o papel do professor, com características mais modernas.

Os cursos de licenciatura em química, na grande maioria das universidades do Brasil, são herdeiros diretos do antigo modelo **3+1** (SENSINE, 2006), na qual as disciplinas pedagógicas ficavam para o último ano do curso. Carvalho (1992) vê claramente três grupos de disciplinas nestes cursos: **conhecimentos específicos** (essas ministradas por professores do departamento ou instituto ao qual está ligado o curso, como por exemplo, química), **as práticas de ensino** (ministradas por professores com dupla formação, ou cientistas que trabalham com pesquisa em ensino) e **conhecimentos puramente pedagógicos** (essas ministradas por pedagogos). Uma analogia interessante entre a formação do médico e do professor é trazida por Carvalho (2001), que discute os benefícios de uma formação sólida e integrada, como a dos médicos, que ocorre em parte significativa e com supervisão total dentro de hospitais-escolas, e dos professores, que ocorre totalmente fragmentada e sem um acompanhamento no local de trabalho, na escola. Essa fragmentação é um dos diversos problemas enfrentados pelo ensino no Brasil.

Outro fator relacionado a esta dificuldade encontrada pode residir no processo de fragmentação disciplinar que as ciências foram sofrendo pela forma positivista de encarar a ciência. A didática divisão da química, que criou a química orgânica e a química inorgânica, separou os compostos em duas classes, de acordo com a presença ou não do elemento químico carbono em sua estrutura. A transposição didática – que pode ser entendida como o processo de modificações que um saber passa até chegar às classes (Chevalard, 1991) – fez com que o conteúdo de química no ensino médio, pelos manuais de referência, traga uma quantidade reduzida de tópicos relacionados a química inorgânica, em comparação com a química do carbono. Desta forma, o estudo da isomeria em compostos inorgânicos está resumido ao ensino superior, podendo até gerar um desinteresse por parte dos estudantes de licenciatura em química, os professores em formação inicial.

Apresentado os problemas, parece relativamente claro que a mudança na maneira de encarar a atividade docente deve partir do momento inicial da formação do professor, ainda no curso superior de licenciatura. Desta forma, além de uma mudança de atitude e de melhor preparação dos docentes, esses cursos devem apresentar diversas estratégias didáticas, que aplicadas possam garantir (ou pelo menos criar um direcionamento positivo) a formação do cidadão, de maneira mais ampla, no ensino médio.

Dentre as situações didáticas que podem ser usadas para superar essas dificuldades existentes no processo de ensino-aprendizagem, está a utilização de uma situação-problema. Conforme uma das definições para situação-problema ela é:

É uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa (MERIEU, 1998, p. 192).

A estratégia didática das situações-problema é importante para diversas tendências de ensino, tais como: a utilização de um RPG – Role Playing Game – jogo de interpretação de papéis, em português (SILVA, 2006), o uso de uma Webquest modificada (VERAS e LEÃO, 2007) e a resolução de problemas (RP).

A situação-problema deve ser um problema contextualizado, que só pode ser superado mediante a aprendizagem de determinado conceito. E, para que ocorra aprendizagem, o estudante deve refletir, buscar informações e construir o conhecimento necessário para a superação da situação-problema mediante pesquisa a fontes adequadas.

O trabalho com situação-problema surge a partir das idéias centradas na concepção de ensino conhecida como conflito sócio-cognitivo, que acredita que as interações entre os estudantes são importantes para facilitar o processo de aprendizagem dos conceitos científicos. Segundo Câmara dos Santos (2002), nesse modelo, a estratégia é:

... colocar o aluno em face de um obstáculo, gerando o aparecimento de um conflito interno ao sujeito. Esse conflito será gerado por uma antecipação do aluno, baseada nas suas antigas concepções, e a situação que lhe é apresentada, que coloca em evidência a insuficiência dessa antiga concepção. (CÂMARA DOS SANTOS, 2002)

Portanto, o trabalho com situação-problema parece oportuno, pois, se utilizada de maneira adequada, esta tem o poder de gerar no aluno, além da motivação para aprender, já que pode reconhecer o contexto do problema, bem como garantir a aprendizagem, pois, só dessa forma, o problema pode ser vencido e resolvido.

Pensando na necessidade de contribuir para minimizar os problemas relatados nas pesquisas sobre a formação inicial dos estudantes de licenciatura em química, escolhemos o conceito de isomeria para ser trabalhado dentro da perspectiva de ensino por situação-problema, com alunos do curso de licenciatura em química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Quando dois compostos químicos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular, mas são diferentes entre si, apresentando propriedades distintas, são chamados isômeros. O **etanol** (um álcool) e **metoximetano** (um éter). Os dois compostos apresentam a mesma fórmula molecular (C_2H_6O), porém, a forma de conexão entre os átomos é diferente, o que implica em propriedades diferentes, caracterizando o fenômeno chamado isomeria.

O conceito de isomeria é bastante importante para o químico, seja orgânico ou inorgânico, teórico ou experimental. Logo, é necessária à abordagem de tal saber nos cursos de formação de químicos, sejam pesquisadores ou professores, e também na formação de outros profissionais, tais como físicos e farmacêuticos, que terão contato direto com tal fenômeno.

Desta forma, surge o problema de pesquisa: *Como a utilização de situações-problema pode auxiliar na aprendizagem do conceito de isomeria no ensino superior?*

Visando encontrar a resposta ao problema de pesquisa, temos como objetivos:

1. Investigar as concepções dos estudantes de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, sobre o conceito de isomeria e as temáticas inseridas nas situações-problema (histórico da isomeria e aplicações medicinais).
2. Analisar como os instrumentos (material didático, modelos moleculares) contribuíram na intervenção didática relacionado com a resolução das situações-problemas propostas e as respostas às mesmas.

Para a realização desta pesquisa, foi produzido um capítulo (capítulo I) onde é mostrada a fundamentação teórica do trabalho, abordando os temas: **O Ensino Superior de Química, O Conceito de Isomeria e sua Abordagem e Situações-Problema: Definições e Utilizações**. A finalidade deste capítulo é situar o leitor acerca dos problemas e soluções que guiaram a pesquisa visando a resolução do problema encontrado.

O capítulo II apresenta a metodologia de pesquisa empregada neste trabalho. Que tipo de abordagem metodológica foi utilizado na pesquisa, as características do grupo-amostra, os instrumentos de obtenção de dados, a sequência de ações e os instrumentos utilizados na análise dos dados obtidos.

O capítulo III trata da análise dos dados obtidos durante a fase de campo da pesquisa. A análise do questionário inicial (para colher as concepções prévias) consiste na primeira parte dos resultados. A segunda parte analisa as observações feitas durante a intervenção, principalmente em referência ao uso do material didático textual e o uso dos modelos moleculares. Como terceira parte da análise, a atenção volta-se a resolução das duas situações-problema. Por fim, a quarta e última parte da análise foi baseada nas respostas dadas pelos estudantes selecionados para a entrevista semi-estruturada.

O último capítulo (capítulo IV) conclui o trabalho, trazendo as observações e considerações finais.

CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1.O Ensino Superior de Química

1.1.1. Breve Histórico do Ensino Superior de Química

A química demorou bastante para se organizar como ciência. Ao contrário da física e da biologia, que iniciaram o século XVII como ciência já estabelecida ou protociência, a química só foi apresentar uma estrutura concreta científica com os trabalhos de Robert Boyle (1627 – 1691). Com sua famosa obra **O químico Cético**, ele rompe com todo o misticismo presente até o momento no estudo da matéria e suas transformações, e apresenta a cientificidade, com clareza e rigor, ao estudo desta vertente do conhecimento científico (FARIAS, 2005). Por este fato, muitos consideram Boyle o pai da química.

Antes da química assumir seu local de importância como responsável pelo estudo da matéria e das transformações que lhe ocorrem, este lugar de destaque pertencia a uma arte antiga, a uma pseudociência com forte carga de misticismo chamada **Alquimia**. Para muitos a alquimia é a antecessora, a mãe da química.

Era comum na prática alquímica velar os conhecimentos adquiridos no que diz respeito às transmutações, pois, sendo seu trabalho modificar algo criado por Deus, poderia cair em crime de heresia. O segredo alquímico foi um grande obstáculo para a consolidação do estudo da matéria como ciência.

Quando o conhecimento químico começou a ser ensinado, ainda tinha uma carga muito grande dos segredos alquímicos, camuflada de **quimiatria ou Iatroquímica**, uma vertente da transformação da matéria que usava os conhecimentos e mitos alquímicos para o tratamento de doenças e preparo de remédios (MAAR, 2004). Uma das primeiras cadeiras de quimiatria do mundo foi criada e ministrada inicialmente por Phillipus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, o Paracelso (1493 – 1541), que por dois anos foi

o titular desta disciplina, na Universidade de Basileia, Suíça. Devido à importância da quimioterapia, a química começou a ser lecionada em nível superior como um braço dentro da faculdade de medicina, somente depois sendo estendida aos estudos de engenharia (já no século XVIII) e apenas surgindo com as características atuais de disciplinas puras na Universidade de Halle, em 1810 (MAAR, op. Cit.). Na mesma obra, Maar cita que o primeiro livro-texto de química, que tinha o contraditório nome de **Alquimia**, foi publicado por Andreas Libavius (1550 – 1616), em 1600, sendo precedido da primeira monografia na área de química, chamada **A carruagem triunfal do Antimônio**, de Basilius Valentinus (autoria contraditória), que pode ser encontrado traduzido pra nossa língua, em publicação de Magalhães e Almeida (1999).

Após estar na mão dos alquimistas, o ensino da transformação da matéria (agora já no formato de química como conhecemos) caiu na mão dos médicos, até o século XVIII, quando um movimento que priorizava a razão e o conhecimento como formas de edificar o homem, o iluminismo, a química deixa de ser apenas um complemento de estudos médicos, passando a ter seu próprio campo de pesquisa e atuação. Ainda neste século, ocorre uma mudança de locação dos cursos de química das faculdades de medicina, para as faculdades de ciências e filosofia, dando um caráter mais filosófico e matemático a química quanto ciência, fato importantíssimo para atingir o estado atual desta ciência.

As mudanças sócio-políticas e econômicas que o mundo passou ao final do século XVIII e início do século XIX elevaram a química ao papel de ciência independente. Maar (2004) cita que, neste momento, além de universidades, órgãos independentes, como a Royal Institution, de Londres, ministram cursos de química ao público.

No Brasil colônia, o ensino superior nunca foi prioridade. Para os filhos dos ricos e favorecidos, a quem era (ou é) acessível a educação superior, existia a possibilidade de estudar na metrópole. Aos demais, bastava uma educação básica. Como relatam Colossi, Constantino e Queiroz (2001), a educação superior no Brasil teve início com a implantação, em 1827 dos Cursos de Ciências Jurídicas em Olinda, Pernambuco e em São Paulo. Em sequência, várias instituições de ensino superior foram criadas, algumas duradouras, outras

efêmeras (principalmente as universidades). A primeira universidade Brasileira foi a Universidade do Paraná, atualmente Universidade Federal do Paraná (UFPR), fundada em 1912, que conserva seu belo prédio histórico, na praça Santos Andrade, em Curitiba. Maar (2004) afirma que a primeira aula de química em nível superior ministrada no Brasil ocorreu em Pernambuco, no Seminário de Olinda, onde a química fazia parte da estrutura curricular. Em seguida, surgiram cadeiras de química organizadas para o nível superior em Salvador e no Rio de Janeiro, cidades mais importantes do país na época.

Os cursos de química, para formar químicos, começaram no Brasil no ano de 1918 (Maar, op. Cit.) quando foram criados ao redor do país oito cursos de química industrial. Vale salientar que operações químico-industriais no Brasil são mais antigas, datando de antes da instalação dos cursos.

Em 1934 surge, devido à luta por mais de dez anos de intelectuais e homens de cultura (SENISE, 2006), a universidade de São Paulo, a USP, que merece destaque na discussão sobre o ensino superior de química do Brasil por ter sido a primeira instituição nacional a locar o curso e o grupo de química na faculdade de filosofia – no caso, a famosa Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL – USP). Uma outra atribuição da FFCL era a formação de profissionais de educação, visando a melhoria dos cursos secundários em todo estado de São Paulo, e do Brasil. Ainda Senise comenta que criação desta faculdade, reunindo o mais básico e fundamental das ciências naturais, exatas e humanas, foi considerada por vários pensadores na época, em diferentes regiões do país, como um marco na história do ensino superior brasileiro, um divisor de águas para o ensino superior no Brasil, o que inclui o ensino de química nesse nível.

O Curso de Química da Universidade de São Paulo teve seu primeiro ano de funcionamento em 1935, um ano após o início de vários cursos da instituição – a demora, segundo Senise (op. Cit.), ocorreu por conta da necessidade de instalação dos laboratórios. Inicialmente, o curso de química ocupou um espaço no terceiro andar do prédio da Faculdade de Medicina, sendo contratados para regentes os professores Heinrich Rheinboldt (1891-1955), alemão, vinculado a Universidade de Bonn e Heinrich Hauptmann (1905-1960), também alemão,

contrato junto a *École de Chemie*, de Genebra, Suíça. A procura pelo curso de química foi grande, tendo todas as vagas inicialmente preenchidas. Ao curso de química (e também aos demais cursos da FFCL) era conferida a “licença cultural ou científica”, ou seja, a licenciatura. Senise (op. Cit.) comenta sobre o currículo dos cursos da USP em 1935:

Os cursos eram todos de três anos e aos graduados era conferida a *licença cultural ou científica*, ou seja, o diploma de licenciado. Nos primeiros tempos, aos formandos era facultado realizar um curso de um ano no Instituto de Educação para obter o diploma de *professor secundário*. Com a extinção desse instituto e incorporação dos docentes pela FFCL, a complementação pedagógica passou a ser feita na própria faculdade, no curso de Didática (...). Não se cogitava, na época, de conferir diploma de bacharel. (SENISE, 2006, p. 17).

Ou seja, o curso de química da USP era uma licenciatura, baseada no tradicional modelo 3 + 1 (três anos de estudos em conhecimentos científico-tecnológicos da ciência em questão, mais um ano de estudos relacionados à didática, visando uma preparação do profissional para a atividade docente).

Em abril de 1939 o governo brasileiro concedeu a então Universidade do Brasil (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ) o status de instituição padrão, forçando as demais universidades do país a seguir o seu programa para os cursos, tornando o ensino superior no Brasil bastante rígido e engessado. A duração dos cursos foi fixada em três anos, para obtenção do título de bacharel, sendo dado o título de licenciado a quem complementasse a formação pedagógica cursando um quarto ano de disciplinas desta área. A partir de 1940, o padrão federal do curso de química era o descrito na tabela abaixo (SENISE, 2006):

Tabela 1
Padrão Federal para os cursos de Química no Brasil

1º ANO	2º ANO	3º ANO
Comp. de Matemática	Físico-Química	Química Superior
Física Geral e Experimental	Química Orgânica	Química Biológica
Química Geral e Inorgânica	Q. Analítica Quantitativa	Mineralogia
Q. Analítica Qualitativa		

Existem no Brasil diversos cursos de química fundamental (licenciatura e bacharelado) espalhados nos diversos estados da federação, cada um com sua grade de disciplinas independentes entre si, mas com o mesmo objetivo de formar químicos, sejam esses pesquisadores ou professores. Esses cursos atualmente são regidos pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química, documento oficial federal do Brasil, de 06 de novembro de 2001, como veremos, de forma resumida, no tópico a seguir.

1.1.2. A Licenciatura em Química

Carvalho (2001) reúne cinco eixos propostos por entidades ligadas a pesquisa educacional no Brasil, que devem ser respeitadas pelos cursos de formação de professores em todo o país:

1. Sólida Formação Teórica
2. Unidade teoria e prática, sendo que tal relação diz respeito a como se dá a produção de conhecimento na dinâmica curricular do curso.
3. Compromisso social e a democratização da escola.
4. Trabalho Coletivo.
5. Articulação entre a formação inicial e continuada.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (BRASIL, 2001), baseadas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96), foram elaboradas na tentativa de instituir no país uma formação mais geral ao estudante de química, com a inclusão de temas relativos a caráter, filosofia, sociologia, política, meio ambiente, solidariedade etc., e não apenas em conhecimentos acerca da transformação da matéria. O documento afirma que o estudante de química tem que:

“... aprender a ler o mundo, aprender a questionar as situações, sistematizar problemas e buscar criativamente soluções. Mais do que armazenar informações, este novo profissional precisa saber onde e como rapidamente buscá-las, deve saber como "construir" o conhecimento necessário a cada situação.” (BRASIL, 2001).

Os perfis dos formandos, descritos nas diretrizes (BRASIL, 2001, p. 4) são:

→ O **Bacharel em Química** deve ter formação generalista, com domínio das técnicas básicas de utilização de laboratórios e equipamentos, com condições de atuar nos campos de atividades socioeconômicas que envolvam as transformações da matéria; direcionando essas transformações, controlando os seus produtos, interpretando criticamente as etapas, efeitos e resultados; aplicando abordagens criativas à solução dos problemas e desenvolvendo novas aplicações e tecnologias.

→ O **Licenciado em Química** deve ter formação generalista, mas sólida e abrangente em conteúdos dos diversos campos da Química, preparação adequada à aplicação pedagógica do conhecimento e experiências de Química e de áreas afins na atuação profissional como educador na educação fundamental e média.

Apesar de estar clara a diferença entre as atribuições de cada uma das modalidades, os currículos dos cursos de licenciatura, por muitas vezes, não são coerentes com o que se indica nas diretrizes. Na maior parte das vezes, a licenciatura é só um mini-bacharelado noturno, com uma complementação pedagógica, às vezes ineficiente, diluída pelos anos de graduação.

Uma análise do documento mostra que, do ponto de vista do conhecimento químico, as atribuições são semelhantes, mas quando se parte para especificidades, ao bacharel cabe a *investigação científica e produção/controle de qualidade e à aplicação do conhecimento em química*, enquanto que ao licenciado se atribui *o ensino de química*.

Um aspecto interessante na análise do documento é o que as atribuições relativas à compreensão dos fenômenos químicos são idênticas para os dois perfis, o que vai de encontro a idéia usual da licenciatura como um “bacharelado com menos química e disciplinas pedagógicas”.

Com relação ao ensino de química, são competências do licenciado em química (BRASIL, 2001):

- Refletir de forma crítica a sua prática em sala de aula, identificando problemas de ensino/aprendizagem.
- Compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade.
- Saber trabalhar em laboratório e saber usar a experimentação em Química como recurso didático.
- Possuir conhecimentos básicos do uso de computadores e sua aplicação em ensino de Química.
- Possuir conhecimento dos procedimentos e normas de segurança no trabalho.
- Conhecer teorias psicopedagógicas que fundamentam o processo de ensino-aprendizagem, bem como os princípios de planejamento educacional.
- Conhecer os fundamentos, a natureza e as principais pesquisas de ensino de Química.
- Conhecer e vivenciar projetos e propostas curriculares de ensino de Química.
- Ter atitude favorável à incorporação, na sua prática, dos resultados da pesquisa educacional em ensino de Química, visando solucionar os problemas relacionados ao ensino/aprendizagem.

Fica evidente que a preparação do licenciado em química, segundo essas orientações, deve ser ampla, não só nos conteúdos relacionados a química e a didática, mas também em áreas de fronteira e com acontecimentos do cotidiano e da sociedade.

1.1.3. Os Problemas da Licenciatura

Uma pequena revisão de literatura sobre as licenciaturas evidencia que a discussão maior sobre essa modalidade de formação é acerca de seus problemas. O que faz dos cursos de licenciatura tão problemáticos? Quais os principais problemas enfrentados por ingressos e egressos nestes cursos? Destacaremos neste momento alguns dos principais problemas encontrados nas licenciaturas em nosso país:

→ **Mercado de Trabalho Pouco Atraente:** O mercado para o profissional da educação no Brasil não é bom, e nem um pouco promissor. Estudos como o de Pereira (2000), Andrade (2002) e Silva (2002) mostram o profissional de educação atarefado, oprimido, mal-remunerado, mal interpretado e sujeito a se submeter a jornadas de trabalhos gigantescas para conseguir seu sustento. Esse problema enfrentado pelos egressos reflete em outro, causado pelos ingressos nas faculdades.

Carvalho (1992) argumenta acerca da função social dos cursos de licenciatura. Devido aos baixos salários pagos pelo governo aos seus professores, os mais bem preparados e motivados encontram-se sempre em escolas particulares, que pagam um pouco melhor pela hora-aula ministrada. No mesmo trabalho, ainda faz menção ao problema da motivação inicial para a carreira docente: como as perspectivas não são muito boas, os alunos das licenciaturas são tradicionalmente de classe média ou baixa, e precisam trabalhar para se manter, tendo menos tempo para se dedicar aos estudos.

→ **A Busca pela Licenciatura:** As licenciaturas enfrentam um problema com os ingressos que é praticamente inerente a essa modalidade de formação. Não é raro, devido aos problemas mercadológicos listados acima, que grande parte dos que entram nos cursos de licenciatura estejam em busca apenas de um diploma de nível superior, e escolheu licenciatura pela menor concorrência no processo de seleção (vestibular). É comum encontrar estudantes de licenciatura que sequer sabem que o objetivo desta modalidade é formar profissionais da área de educação (ANDRADE, 2002).

Esse problema é mais evidente em licenciaturas em ciências exatas e da natureza, onde, devido ao trato com matemática e conceitos abstratos, a evasão é grande, deixando os cursos de licenciatura bastante deficitários, pois o número de alunos que chega nos períodos finais do curso é mínimo.

➔ **A Falta de Cuidado com as Licenciaturas:** Geralmente, os currículos das licenciaturas apresentam uma parte relacionada com a formação técnica e outra com a formação pedagógica. Ocorre que a instituição responsável pela parte técnica privilegia os bacharelados, cursos que, na ótica de vários professores, formam profissionais mais capacitados. Já na instituição que cuida da parte pedagógica, os professores preferem o curso de pedagogia, deixando as licenciaturas sempre como segunda opção (Pereira, 2000). Além disso, não existe contato nenhum entre as duas instituições para elaboração das propostas didáticas, uma herança do sistema **3+1** (SENSINE, 2006), como descreve muito bem Carvalho (1992):

“Se analisarmos os currículos das licenciaturas – qualquer que seja esse currículo (...) – vamos encontrar sempre três blocos de conhecimentos. Os conhecimentos específicos, que são ensinados por professores pertencentes aos institutos ou departamentos de conteúdos específicos (...); a Didática especial (em muitas faculdades denominada Prática de Ensino, em outras constituindo-se em um conjunto de disciplinas) ensinada por professores que tem suas graduações em conteúdo específico, mas que trabalham e pesquisam no campo do ensino (...); e, por -último, os conhecimentos estritamente pedagógicos, ministrado por professores formados em pedagogia” (CARVALHO, 1992, p. 59).

➔ **Distância entre a Faculdade e o Mercado:** Durante toda a graduação, o único momento onde a escola se aproxima da faculdade é na hora do estágio supervisionado. E este estágio, “quando mal orientado, é encarado apenas como uma exigência acadêmica necessária para a aquisição do diploma” (PEREIRA, 2000).

Em Carvalho (2001), encontramos uma brilhante analogia entre a formação do médico e a formação do professor. O médico se forma em seis anos, nesses, dois são puramente teóricos, em classes de aula, dois são de “clínica específica”, onde existe a interação com o hospital, e os dois últimos anos dentro do hospital – sendo este último um momento de

muita teoria e acompanhamento total do estudante por parte de médicos mais experientes (seus professores), o que garante ao médico uma sólida formação e uma experiência inicial no seu local de trabalho. Já o professor, passa três dos quatro anos em que cursa a licenciatura dentro de classes de aula, no papel de aluno, e apenas no final, sem um acompanhamento de qualidade, é jogado em uma sala de aula. A autora revela uma clara necessidade de mudança nesta situação.

➔ **Formação de Profissionais Atualizados:** Talvez o maior problema da licenciatura. O estudante ingressa no curso tendo uma história de vida, com professores tradicionais, e se deparam com professores também tradicionais, e se formam mantendo esse paradigma, fazendo com que tudo que está escrito e recomendado nos documentos oficiais e artigos de pesquisa atuais propõem.

As Diretrizes Gerais para as Licenciaturas da Secretaria de Ensino Superior (BRASIL, 1999) trás uma proposta metodológica, visando minimizar alguns desses problemas (principalmente o ultimo), pautada na articulação entre teoria e prática, na reflexão sobre a atuação profissional do docente e resolução de **situações-problema**. (SILVA, 2002).

Em Pernambuco, quatro universidades oferecem Cursos de Licenciatura em Química, a maioria cursos noturnos: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no campus de Dois Irmãos e na Unidade acadêmica de Serra Talhada (UAST-UFRPE), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no campus da Cidade Universitária e no campus do Agreste, em Caruaru, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP) e a Faculdade de Formação de Professores da Mata Sul (FAMASUL).

Devido à interligação com o Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC – UFRPE), ao qual se encontra ligado este trabalho, o Curso de Licenciatura em Química do campus de Dois irmãos foi escolhido para receber a nossa pesquisa.

Segundo o sítio oficial do departamento de química da UFRPE, o curso de licenciatura em química foi implantado no ano de 1977, e têm egressos atuando em diversas áreas, a nível nacional e internacional.

O curso disponibiliza anualmente 120 vagas, sendo distribuídas da seguinte forma: Quarenta vagas para o período vespertino (entrada única, equivalente à primeira entrada, em março), quarenta vagas para o período noturno (primeira entrada, em março) e quarenta vagas para o período noturno (segunda entrada, em agosto).

A duração do curso é de quatro anos e meio, divididos em nove períodos. A matriz curricular do curso de licenciatura em química da UFRPE pode ser encontrada nos anexos deste trabalho.

A análise da matriz curricular deste curso mostra os mesmos problemas discutidos anteriormente neste trabalho. Existe uma total desconexão entre as disciplinas de conhecimento específico e as disciplinas de conhecimento pedagógico. Estas co-existem sem se importar com as outras, sem nenhuma interligação entre elas. Apenas no terceiro e no quinto período do curso não aparecem disciplinas de caráter pedagógico, enquanto que as práticas de ensino e a instrumentação para o ensino de química, disciplinas locadas como de didática especial, pela classificação de Carvalho (1992), só surgem no penúltimo período, quando vários dos estudantes já são professores.

Atualmente, sob exigência do MEC (BRASIL, 2002), os cursos de licenciatura devem apresentar ao menos quatrocentas horas de prática de ensino, e os cursos de licenciatura devem todos estes sofrerem mudanças em sua matriz. A Coordenação da Licenciatura em Química da UFRPE, juntamente com o Colegiado de Coordenação Didática (CCD) e os professores do Departamento de Química (DQ – UFRPE) tem tido diversos encontros no sentido de modificar a atual matriz curricular. Apesar dos esforços, infelizmente a nova matriz ainda não foi implementada.

O que busca o MEC a partir dos documentos mencionados no parágrafo acima é uma formação de professores em todas as disciplinas, até as com características de formação científica, como por exemplo, a (ou uma das) química inorgânica, num curso de licenciatura. Ao trabalhar a resolução de situações-problema durante a disciplina, estamos propondo um meio para que essa recomendação seja seguida de maneira satisfatória.

Em todos os cursos de química do estado de Pernambuco, na maior parte das vezes, as disciplinas são ministradas da forma clássica – exceto pela crescente introdução de elementos tecnológicos como projetor multimídia e ambientes virtuais de ensino (AVE's), sem nenhuma conexão entre elas, reforçando a idéia de fragmentação que não deve ser priorizada pelo professor moderno. A integração das disciplinas poderia evitar, por exemplo, uma total desconexão entre os estudos da isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos.

1.2. Conceito de Isomeria e sua Abordagem

Para adquirir estabilidade, os átomos se unem através de ligações químicas, formando os compostos, que, dependendo do tipo de ligação realizada, podem ser iônicos, covalentes ou metálicos. Os átomos dos diversos elementos existentes são representados por uma letra maiúscula ou por duas letras, sendo a primeira maiúscula e a segunda minúscula, conforme sugeriu Berzelius (1813). A representação de um composto pode ser feita utilizando a simbologia dos elementos através de fórmulas químicas:

“A fórmula molecular nos informa apenas sobre a composição elementar dos compostos, sem dar qualquer indicação de como os átomos estão unidos uns aos outros. Ainda afirma que, as fórmulas estruturais representam com alguns detalhes como os átomos se unem para formar as moléculas”. (BARBOSA, 2004, p. 11).

A análise de fórmulas moleculares, em alguns casos, permite reconhecer qual composto está representado. No entanto, alguns compostos diferentes, como o **ácido butanóico** (um ácido carboxílico, presente na manteiga rançosa) e o **etanoato de etila** (um éster, relacionado ao sabor e odor da menta) apresentam a mesma fórmula molecular ($C_4H_8O_2$), porém diferem na forma em que os átomos estão conectados. A este fenômeno damos o nome de isomeria, sendo os compostos isômeros entre si.

A isomeria surgiu a partir de uma coincidência observada na avaliação de dois trabalhos científicos diferentes enviados aos cuidados do químico sueco J. J. Berzelius (1779 – 1848) para análise em 1830. Um dos trabalhos, de autoria do químico alemão Justus Von Liebig (1803 – 1873), era o relato de descoberta de um novo composto químico, de natureza explosiva, de fórmula molecular $AgCNO$ (SOLOMONS, 2000). Berzelius lembrou imediatamente de já ter visto essa fórmula molecular em outra submissão, e, consultando o arquivo de correspondências, encontra um artigo enviado algum tempo antes pelo também alemão Friedrich Wöhler (1800 – 1882), informando sobre a descoberta de um novo composto, de fórmula molecular também $AgCNO$.

Após investigações detalhadas, sínteses, análises químicas e várias cartas trocadas, Berzelius confirmou a veracidade das duas comunicações, e, pela primeira vez, observou a

possibilidade de existir diversos compostos, de propriedades físicas e químicas diferentes, com a mesma fórmula molecular. Hoje, o composto descoberto por Liebig é conhecido como **isocianato de prata**, e apresenta o átomo de prata ligado diretamente ao nitrogênio (**Ag – NCO**). Já o composto descoberto por Wöhler é chamado **cianato de prata**, com o metal conectado diretamente ao átomo de carbono (**Ag – CNO**). Sendo assim, Berzelius sugeriu denominar o fenômeno de isomeria (do grego, iso = iguais e meria = partes), pois os isômeros apresentam os mesmos elementos químicos (partes) e em mesma quantidade, apenas conectados de forma diferentes.

O surgimento do conceito de isomeria está ligado diretamente ao estudo de compostos inorgânicos. Porém, no trabalho com compostos orgânicos, o bioquímico francês Louis Pasteur (1822 – 1895) observou que a propriedade de desviar ou não o plano da luz polarizada por uma substância química tem relação com a disposição espacial dos átomos, dando origem a estereoquímica, que estuda a **isomeria óptica** (FARIAS, 2005). Até algum tempo atrás, supunha-se que a isomeria óptica estava associada somente a compostos orgânicos. Contudo, esse fenômeno também se manifesta em compostos inorgânicos. (LEE, 1996).

Existem dois grandes grupos de isômeros, de acordo com a necessidade de uma visão espacial ou não para observar o fenômeno: **Isomeria Constitucional** e **Estereoisomeria**. Abordaremos isomeria de forma não fragmentada, abrangendo compostos orgânicos e inorgânicos.

1.2.1. Isomeria Constitucional

No ensino médio é conhecida como isomeria plana, terminologia não recomendada pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada). Segundo Barbosa (2004), isômeros constitucionais são *“compostos que tem a mesma fórmula molecular, mas, por suas formulas estruturais, fica evidente que as seqüências em que os átomos estão ligados entre si são diferentes”*. O caso mostrado na figura 1, entre o ácido butanóico e o acetato de etila é de isomeria constitucional.

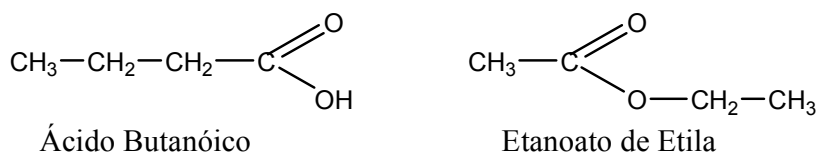


Figura 1: Ácido Butanóico e Etanoato de Etila são Isômeros. Apesar de mesma fórmula molecular, as estruturas são diferentes, o que garante propriedades diferentes.

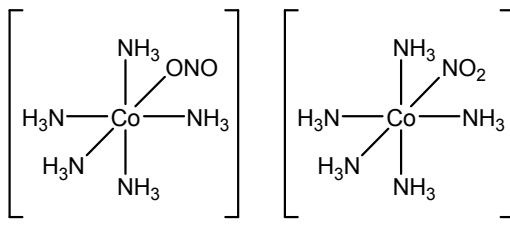
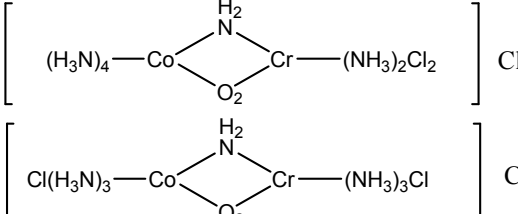
Na química orgânica, existe uma subdivisão da isomeria constitucional em: isomeria de função (quando a função orgânica dos isômeros é diferente), de cadeia (quando a modificação é na cadeia principal) e de posição (quando, de um isômero para a outra, muda à posição de uma insaturação ou grupamento). No entanto, Barbosa (op. cit.) comenta que esta tipologia não deve ser utilizada, pois não é recomendada pela IUPAC.

Na química inorgânica, existe uma tipologia para isômeros constitucionais (LEE, 1996), proposta por Alfred Werner (1866 – 1919), que é mostrada na tabela 2. É uma tipologia bastante simples, que classifica os diferentes tipos de isômeros constitucionais para os compostos de coordenação de metais de transição. Na tabela, a isomeria de polimerização não foi tratada, visto que, tecnicamente, não se trata de um caso de isomeria.

Tabela 2

Isomeria Constitucional em Compostos de Coordenação

<p>Isomeria de Ionização – Relacionada à troca de posição entre os íons da primeira esfera de coordenação com os da segunda esfera. No exemplo ao lado, para o primeiro composto, a primeira esfera de coordenação, além dos íons amino, apresenta íons cloreto, ficando os íons brometos para a segunda. No segundo composto, os íons brometo estão na primeira esfera, e os íons cloreto, na segunda esfera de coordenação.</p>	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Br}_2$ $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2]\text{Cl}_2$
--	--

<p>Isomeria de Hidratação – Troca de um íon da segunda esfera de coordenação por molécula de água na primeira esfera, que passa a ser uma molécula de hidratação.</p>	$[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ $[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ $[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
<p>Isomeria de Ligação – Alguns ligantes possuem mais de um átomo em condições de coordenação. No composto a esquerda, a ligação entre cobalto e grupo Nitro é feita a partir do oxigênio. No composto da direita, a ligação se dá entre o metal e nitrogênio do grupo.</p>	
<p>Isomeria de Coordenação – Quando tanto o cátion quanto o ânion são íons complexos, pode existir troca de ligantes entre eles.</p>	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Cr}(\text{CN})_6]$ $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6][\text{Co}(\text{CN})_6]$
<p>Isomeria de Posição – Para complexos polinucleares, uma troca de ligantes entre os diferentes núcleos metálicos origina isômeros de posição.</p>	

Os Compostos de Coordenação ou complexos de metais de transição são espécies químicas nas quais um íon metálico, muitas vezes de um metal de transição, está associado a moléculas neutras ou ânions, denominados ligantes, formando moléculas neutras ou íons. O número de coordenação de um complexo a quantidade de ligantes coordenados ao íon metálico na primeira esfera de coordenação (número de vizinhos mais próximos). Os números de coordenação mais comuns são: seis (complexos com geometria octaédrica, basicamente) e quatro (complexos quadrado-planares ou tetraédricos).

1.2.2. Estereoisomeria

Em compostos orgânicos, quando dois átomos estão unidos por uma ligação simples, estão livres para girar, realizando um movimento de rotação, em relação à ligação. Porém quando existem ligações múltiplas a rotação fica impedida, dando origem a dois planos distintos, acima e abaixo desta ligação. Se por acaso dois hidrogênios do eteno (C_2H_4), um em cada carbono, fossem substituídos átomos de cloro, por exemplo, poderíamos ter duas possibilidades de compostos, como pode ser visto na figura 2.

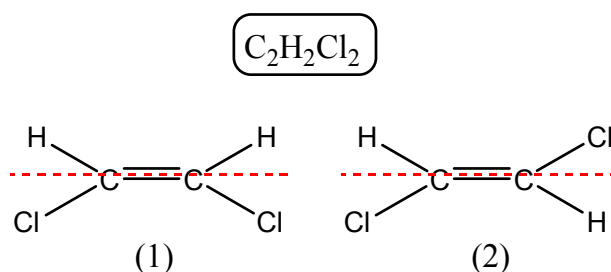


Figura 2: (1) cis-dicloroeteno e (2) trans-dicloroeteno

O composto (1) apresenta os dois átomos de cloro e os dois átomos de hidrogênio no mesmo plano. Esse isômero é denominado **cis**. O Composto (2) apresenta um átomo de hidrogênio e um átomo de cloro em cada um dos planos. Esse isômero é denominado **trans**.

Então, para que ocorra isomeria cis-trans, caso particular do estereoisomerismo, teremos que ter uma dupla ligação (ou uma cadeia fechada substituída), com grupos ligantes diferentes em cada carbono.

Compostos de coordenação de geometria quadrado-planar, em química inorgânica, também apresentam isomeria cis-trans, seguindo as mesmas definições usadas na química orgânica (figura 3)

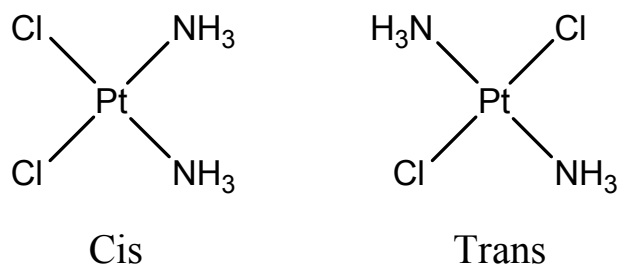


Figura 3: Isomeria cis-trans em complexos de geometria quadrado-planar

Os íons complexos de geometria octaédrica mostrados na figura 4 também apresentam isomeria cis-trans, quando são do tipo $[\text{MX}_4\text{Y}_2]$.

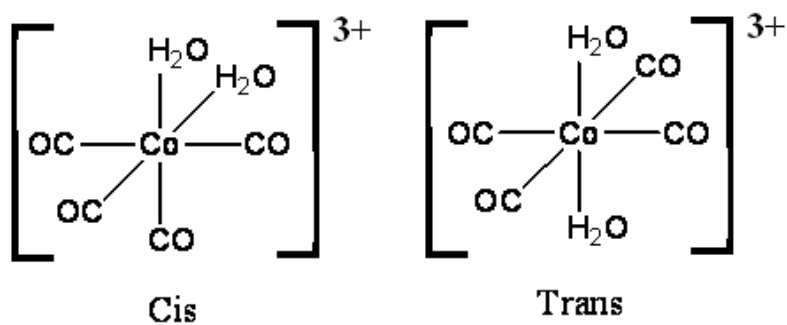


Figura 4: Isomeria cis-trans em complexos de geometria octaédrica

Ainda em compostos de coordenação com geometria octaédrica, para a configuração $[\text{MX}_3\text{Y}_3]$, temos isômeros do tipo fac (facial) e mer (meridional).

“Em um isômero, três ligantes X encontram-se em um plano e três ligantes Y encontram-se em um plano perpendicular. Esse complexo é denominado isômero mer (meridional) porque cada série de ligante pode ser considerada alinhada ao meridiano de uma esfera. No segundo isômero, os três ligantes (X ou Y) são adjacentes e ocupam os vértices de uma face triangular do octaedro: esse complexo é chamado de isômero fac (facial)”. (SHRIVER; ATKINS, 2003, p. 252).

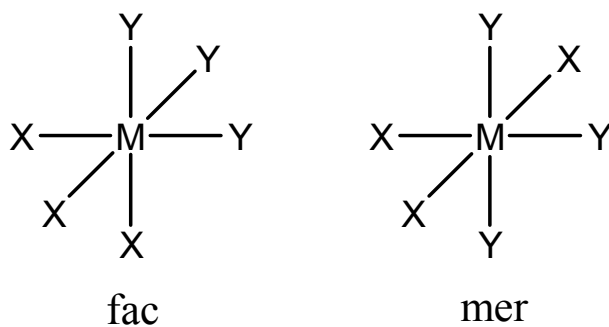


Figura 5: Isomeria fac e mer em complexo do tipo $[\text{MX}_3\text{Y}_3]$ genérico

Para compostos orgânicos com três ou quatro substituintes nos carbonos da dupla ligação, o sistema de nomenclatura cis-trans é falho. Para contornar a situação, outro sistema (denominado E-Z) foi proposto, com base nas regras da nomenclatura CIP (A sigla vem das iniciais dos nomes dos idealizadores do sistema de nomenclatura: **C**ahn, **I**ngold e **P**relog) para diastereoisômeros (estereoisômeros que não são imagem especular um do outro).

- Os átomos de maior número atômico tem maior prioridade.
- Para de átomos de mesmo número atômico, o isótopo de maior massa tem maior prioridade.

Quando o composto apresenta, do mesmo lado do plano imaginário de corte, os ligantes de maior número atômico (Z), será denominado **Z**. Caso contrário, teremos o isômero **E** (figura 6). Essa nomenclatura vem do alemão **Zusammen** (juntos) e **Entgegen** (opostos).

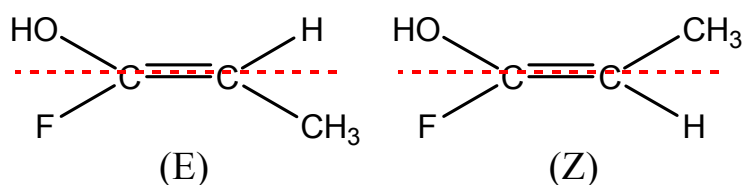


Figura 6: Isomeria E-Z

Outra manifestação da estereoisomeria é na atividade óptica dos compostos. Isto é, no poder de desviar o plano da luz polarizada (luz que se propaga por um único plano). Esta atividade óptica está diretamente relacionada à assimetria das moléculas. Toda molécula assimétrica tem um estereocentro, ou seja, um centro de assimetria.

A maior parte das moléculas orgânicas assimétricas apresenta ao menos um **centro esteriogênico** (chamado também de carbono assimétrico ou quiral), que é um átomo de carbono saturado onde os seus quatro ligantes são diferentes entre si. Os centros assimétricos podem desviar a luz polarizada para a direita (isômero d) ou para a esquerda (isômero l). Os isômeros d e l são imagem especular um do outro, sendo chamados de enantiômeros, como vemos na figura 7.

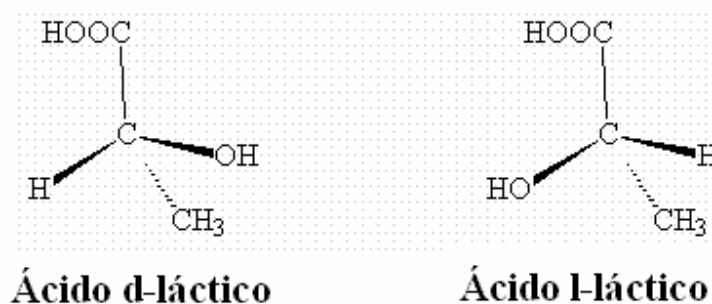


Figura 7: Isômeros d e l do ácido láctico.

Só podemos identificar os isômeros d e l utilizando um polarímetro e realizando procedimento experimental. Para resolver os enantiômeros, Cahn, Ingold e Prelog prepuseram em 1966 um sistema de nomenclatura de estereocentros alternativo. O sistema é baseado em definições de prioridades, visando classificar os estereocentros existentes numa molécula. O sistema não tem nenhuma relação com a nomenclatura d e l, sendo R e S denominações independentes do ângulo de desvio da luz polarizada.

- Analisa-se primeiro os átomos diretamente ligados ao centro quiral. O átomo que tem o maior número atômico (Z) tem prioridade sobre outro que tenha um menor.

- Se dois ou mais substituintes tiverem o mesmo tipo de átomo ligado ao centro quiral, use sucessivamente os grupos de átomos mais afastados até encontrar a primeira diferença.
- As ligações duplas e triplas são tratadas como se fossem ligações simples, mas os átomos nelas envolvidos são duplicados ou triplicados nos dois átomos das insaturações.

A cada um dos grupos ligados ao centro quiral é atribuída uma prioridade (1, 2, 3 ou 4). Gira-se a molécula de modo que o grupo de prioridade mais baixa fique entrando no plano. Então se traça um caminho de 1 para 2 para 3. **Se a direção é no sentido horário, o enantiômero é chamado de (R). Se a direção é no sentido anti-horário, o enantiômero é chamado de (S).** Na figura 8 temos uma ilustração de como ocorrerá o “giro” para nomear o isômero em R ou S.

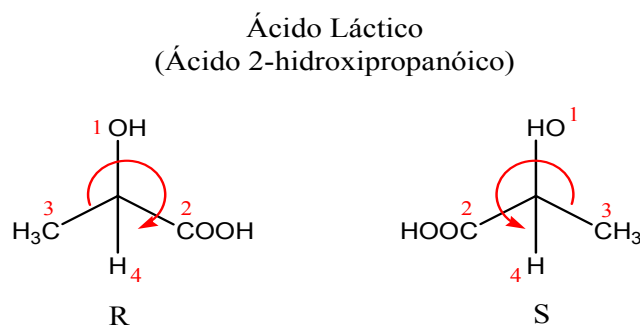


Figura 8: Nomenclatura CIP (R-S) para o Ácido Láctico.

Na química dos compostos de coordenação também existe isomeria óptica, também resultante de assimetria estrutural no composto. Geralmente, os isômeros cis de complexos com ligantes bi-dentados apresentam atividade óptica, existindo um par de enantiômeros d e l. O isômero trans não é opticamente ativo.

Uma das maiores exigências com relação ao estudo da isomeria é a visualização, em duas ou três dimensões, de entidades microscópicas.

Giordan e colaboradores (2004), afirmam que, na química, três níveis representacionais são importantes, segundo a idéia de Gabel:

Macroscópico: Onde os processos químicos são observados, como por exemplo, em um laboratório, durante uma aula de preparo de soluções.

Microscópico: Onde os processos químicos são explicados de acordo com o arranjo, movimentação de átomos e moléculas ou outras partículas subatômicas.

Simbólico: Onde os fenômenos químicos aparecem como números, fórmulas, equações e estruturas, em duas ou três dimensões.

A isomeria é um conteúdo que exige do aluno bastante abstração. Nele, o nível microscópico e simbólico são bastante exigidos dos estudantes. Giordan e colaboradores (op. Cit.) afirma que, por não trabalhar com informações sensoriais (como no nível macroscópico), que são a base dos pensamentos dos nossos alunos, conteúdos baseados nos outros dois níveis representacionais são difíceis de serem entendidos pelos estudantes no ensino médio.

Desta forma, a utilização de ferramentas como programas de computação (RAUPP, SERRANO E MARTINS, 2008), modelos moleculares físicos (GIORDAN et al., 2004) e montagens em três dimensões com diversos materiais (MARTINEZ-HUITLE et al., 1998) pode contribuir para a construção significativa de conhecimentos abstratos em química, como é a isomeria.

Aliado as soluções para a visualização dos fenômenos, o contexto pode ser colocado a fenômenos de natureza atômico-molecular, como a isomeria, visando uma melhor compreensão destes fenômenos. Esse contexto, bem como outros elementos que facilitam o processo de ensino-aprendizagem podem ser obtidos utilizando a estratégia didática das situações-problema, como veremos a seguir.

1.3.Situações-Problema: Definições e Utilizações

Segundo Lourenço e Palma (2005), o construtivismo parte do pressuposto de que o ser humano nasce com algumas estruturas, as quais servem como ponto de partida para que ele possa construir o conhecimento mediante a interação deste com o meio, com o objeto de aprendizagem. Essas estruturas foram chamadas por Jean Piaget (1896 – 1980) de esquemas. Para ele, o indivíduo modifica seus esquemas quando interage com o objeto de aprendizagem, construindo assim o conhecimento.

Um dos mais interessantes conceitos de Piaget é o de equilibração. Basicamente, quando o sujeito se depara com uma nova situação, tentará usar seus esquemas para entender e solucionar quaisquer problemas que apareçam. No entanto, se seus esquemas não são suficientes para a resolução, o sujeito pode entrar em um conflito cognitivo – situação onde o que ele possui em seus esquemas não é suficiente para dar conta da situação, fazendo com que ocorra um desequilíbrio (LOURENÇO e PALMA, 2005). Após a superação deste desequilíbrio, um novo equilíbrio é estabelecido, ocorrendo a transição entre duas etapas do conhecimento. A figura 9, baseada em Câmara dos Santos (2002) mostra como ocorre a aprendizagem baseada nesta teoria:

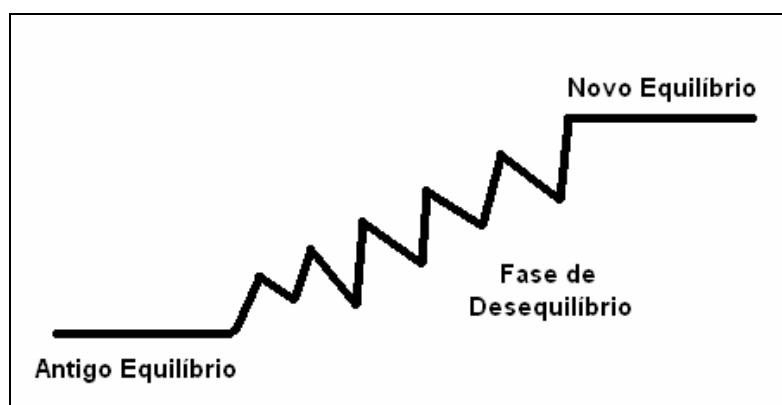


Figura 9: As etapas de desequilíbrio e equilibração, segundo a teoria de Piaget.

O antigo equilíbrio é quebrado com a introdução do obstáculo, e mediante a superação deste, é atingido um novo equilíbrio, garantindo a aprendizagem.

Meirieu (1998, p. 189) define obstáculo como a “dificuldade que surge na realização de uma tarefa e que permite iniciar uma aprendizagem para superá-la”.

A analogia do atleta-estudante (PERRENOUD, 1999) se mostra bastante interessante. O autor afirma que, assim como um atleta, um estudante apenas será levado a construir competências de alto nível somente confrontando-se, de maneira contínua e intensa, com problemas que mobilizem recursos cognitivos para superar os obstáculos.

Segundo Lourenço e Palma (2005), “os conflitos cognitivos podem ser gerados por meio de ações concretas do sujeito sobre o objeto de aprendizagem”. Existem estratégias para dirigir essas ações, sendo talvez a mais significativa delas o uso de situações-problema.

Na literatura, encontramos várias definições para situação-problema. Câmara dos Santos (2002), partindo da idéia do conflito sócio-cognitivo, a base de sustentação da aplicação de situações-problema, afirma:

“Neste modelo (sócio-cognitivo) a estratégia consiste em colocar o aluno em face de um obstáculo, gerando o aparecimento de um conflito interno ao sujeito. Esse conflito será gerado por uma antecipação do aluno, baseada nas suas antigas concepções, e a situação que lhe é apresentada, que coloca em evidência a insuficiência dessa antiga concepção. Esse conflito pode ser gerado pela própria situação de aprendizagem (meio) ou pelo debate entre os participantes da situação. As situações de aprendizagem baseadas nesse modelo são aquelas chamadas de situações-problema”. (CÂMARA DOS SANTOS, 2002)

Este autor propõe um esquema para o modelo de funcionamento das situações-problema:

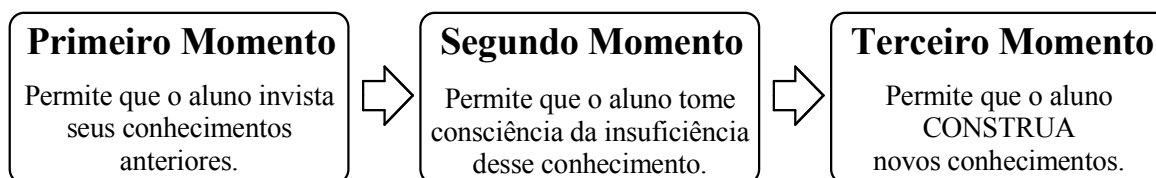


Figura 10: Esquema de funcionamento das situações-problema – A idéia do conflito sócio-cognitivo.

A situação-problema mostra o quanto são limitados os conhecimentos prévios do indivíduo até aquele instante, para resolver aquele problema específico ou algum outro de mesma magnitude. Isso permite que, em busca da superação do problema, este construa novos conhecimentos e consiga superar o obstáculo proposto.

Macedo (2002) define situação-problema de uma maneira bastante interessante, ressaltando que se deve utilizar algo aberto, dinâmico, fantástico e cotidiano:

“Fragmentos relacionados com nosso trabalho, nossa interação com as pessoas, nossa realização de tarefas, nosso enfrentamento de conflitos. Refere-se, pois a recortes de algo sempre aberto, dinâmico, e, como tal, repete aquilo que é universal no problemático, e fantástico que é a vida, entendida como exercício das funções que a conservam no contexto de suas transformações. (MACEDO 2002, p.115)”.

Nuñez et al. (2004) entendem que:

“A situação-problema pode ser considerada como um estado psíquico de dificuldade intelectual, quando o aluno enfrenta uma tarefa que não pode explicar nem resolver com os meios de que dispõe, embora esses meios possibilitem a compreensão da situação-problema e o trabalho para sua solução”.(NUÑEZ et al., 2004, p. 147).

Em Meirieu (1998), a situação-problema aparece definida de maneira mais prática, sendo uma situação didática específica onde existe um obstáculo para ser superado e nesse processo ocorre a aprendizagem:

“Situação-problema é uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa. Assim, a produção impõe a aquisição, uma e outra devendo ser o objetivo de avaliações distintas. Como toda situação didática, a situação-problema deve ser constituída apoiando-se em uma tripla avaliação diagnóstica (motivação, competências e capacidades)”.(MEIRIEU, 1998, p. 192).

Outros autores, como Fourez (apud SCHMITZ et al, 2005) e Perrenoud (apud SANTOS, 2005) tratam a situação-problema como recurso didático contextualizado, utilizado para chegar, de forma explícita ou implícita, ao trabalho interdisciplinar, no sentido de que a aprendizagem seja significativa e ampla no processo de construção do conhecimento e

formação do indivíduo com pleno desenvolvimento cognitivo e portador de postura e atitude crítica.

Para Meirieu (1998) a construção do conhecimento utilizando situação-problema deve ser feita tal que permita os participantes efetuarem de maneira adequada às solicitações as operações mentais, respeitando o raciocínio individual, mas sem renunciar os objetivos de construção do conhecimento, comum ao grupo. Ainda, lança seis características centrais de uma situação-problema:

- Propõe-se aos sujeitos a realização de uma tarefa.
- A tarefa só pode ser executada se o obstáculo for transposto.
- A transposição do obstáculo deve representar um patamar no desenvolvimento cognitivo do sujeito.
- O obstáculo deve constituir o verdadeiro objetivo de aquisição do educador.
- A tarefa deve apresentar um sistema de restrições a fim de que os sujeitos não executem o projeto sem enfrentar os obstáculos.
- Deve ser fornecido aos sujeitos um sistema de recursos (materiais e instruções) para que eles possam vencer o obstáculo.

Porém, devemos ter bastante cuidado ao trabalhar com situações-problema. O principal objetivo pedagógico aqui está no obstáculo que se deve vencer, e não na tarefa a realizar.

Segundo Meirieu (1998):

“Sempre inventamos para não termos que aprender, fabricamos e trocamos objetos manufaturados que podemos utilizar com economia, ignorando todas as aprendizagens que tornaram possível sua elaboração. É por isso que não devemos atribuir à má vontade do aluno o fato de tentarem sempre executar o

projeto sem aprender. Não devemos estranhar o fato de procurarem sistematicamente a *facilidade*, o amigo *que já sabe fazer* e o objeto já pronto”. (MEIRIEU, 1998, p. 172).

Então, espera-se que a situação-problema seja um problema que possa ser resolvido, e, ao mesmo tempo, apresente uma impossibilidade de ser resolvido sem aprender.

Surge a necessidade de observar uma possível limitação na utilização de situações-problema. Esta limitação está relacionada com o grau de exigência para a elaboração das situações-problema e análise das respostas apresentadas em um momento posterior. Espera-se muito do professor, o que pode ser intimidador para a utilização desta estratégia didática por alguns professores.

Meirieu (1998) ainda entende que a pedagogia das situações-problema é uma pedagogia da emancipação, do ponto de vista do estudante, uma vez que se o educador é consciente de que quando explica detalhadamente algo ao estudante está por impedir que este encontre por si só as respostas. Passa então a tarefa de inventar situações para que ele se aproprie do conhecimento mediante a superar o obstáculo. Desta forma, usa a sua própria inteligência.

Ainda em Meirieu, a utilização de situações-problema seria o ponto médio entre a pedagogia das respostas e a pedagogia do problema. A primeira é aquela onde ao final da aula é possível a resolução dos problemas, porém, esses direcionados e simples, semelhantes a exercícios e encontrados no final de cada capítulo, atividades direcionadas e em avaliações. Já a segunda, onde o sujeito é direcionado a realização de projetos, tais como criação de jornais, revistas, peças de teatro, curtas cinematográficos, ações sócio-educativas, ações ambientais e outras ações, que dariam condições a construção do conhecimento, mas que podem ser inúteis por permitir ao indivíduo ter a opção do não-aprender, de procurar a ajuda externa, não para sistematizar e organizar, mas para realizar em seu lugar o projeto lançado.

Devido as suas características, a construção de situações-problema não é fácil. Ela exige grande habilidade e competência por parte dos professores-elaboradores. Novamente

Meirieu (1998) entra em cena, e nos fornece um direcionamento para a produção de uma situação-problema com características prévias, ou seja, antes da criação da mesma:

1. Qual o meu objetivo? O que quero fazer com que o aluno adquira e que para ele representa um patamar de progresso importante? 2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizada o acesso a este objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução etc.)? 3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade mental permita, na realização de tarefa, o acesso ao objetivo? Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir? Que instruções-alvo devo dar para que os alunos tratem os materiais para cumprir a tarefa? Que exigências devem ser introduzidas para impedir que os sujeitos evitem a aprendizagem? 4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento? (MEIRIEU, 1998, p. 181).

Macedo (2002) lança uma proposta complementar. Cria pontos recursivos para ajudar os elaboradores a avaliarem as situações-problema desenvolvidas, ou seja, depois da situação-problema pronta, devemos tentar responder e obter nosso próprio julgamento positivo:

“O enunciado cria um contexto ou circunstância que confere ao item uma autonomia, no sentido de ser um bom recorte ou situação-problema? A tarefa a ser realizada está bem caracterizada? É possível realizar a tarefa nos limites espaciais e temporais aceitos ou determinados na prova? As alternativas estão bem formuladas e criam obstáculos que convidam à reflexão do aluno e expressam diferentes graus de articulação entre o enunciado e a alternativa que melhor define a resolução do problema proposto? (Macedo, 2002)”.

Devemos agora pensar nas formas de avaliação do trabalho usando situações-problema. Meirieu (1998) sugere uma avaliação em três formas:

A avaliação Diagnóstica – onde o professor-elaborador deve conhecer o aluno, sabendo o que é necessário para o crescimento cognitivo dele e implementando uma situação problema ideal para isso.

A avaliação Formativa – que avalia os caminhos tomados durante a resolução da situação-problema, exigindo uma atitude observadora forte por parte do professor-elaborador.

A avaliação Somativa – aquela realizada ao final do processo, solicitada ao estudante, em forma de relatório, dissertação ou outro instrumento avaliativo clássico, como provas, chamadas orais, entre outros.

Meirieu, na mesma obra, afirma que o desafio de ensinar pode ser superado se três funções básicas forem assumidas. Para ele, o uso de situações-problema atinge as três funções:

Função Erótica – Se a estratégia didática puder despertar o desejo em saber, por parte do estudante, ela cumpriu a função erótica.

Função Didática – Se a estratégia didática permitir que ocorra apropriação de um saber, ela cumpriu a função didática.

Função Emancipadora – Se a estratégia didática permite que cada pessoa elabore progressivamente seus procedimentos eficazes para a resolução do problema, ela cumpriu sua função emancipadora.

Sendo assim, podemos entender que a situação-problema como estratégia de ensino desperta o interesse na aprendizagem, permite que o saber trabalhado seja melhor apresentado ao estudante e permite que o conhecimento seja aplicado a diversas situações plausíveis de resposta por parte do estudante – desta maneira, consolidando a aprendizagem.

Neste trabalho de pesquisa, a criação, aplicação e avaliação das situações-problema seguirão as idéias de Meirieu. As sugestões deste autor, bem como o seu entendimento acerca do que é e como utilizar uma situação-problema são as mais próximas do que entendem os autores deste trabalho.

A situação-problema difere dos exercícios comuns que encontramos nos livros didáticos atuais, tanto de ensino médio quanto de ensino superior. Enquanto o exercício é simples, direto, repetitivo e, dependendo da sua construção, fácil ou difícil, a situação-problema é complexa, pois deve incluir uma situação cotidiana e/ou de interesse por parte do público alvo (estudantes), com objetivo de atrair ou despertar a atenção do mesmo para a sua resolução. Para isso, não deve ser nem fácil, nem difícil. Devendo ser de tal nível de dificuldade e ter organização tal que, para que sua resolução ocorra se, e somente se, houver a construção de conhecimento por parte do indivíduo envolvido no processo. Portanto, a resolução da situação-problema garante que a aprendizagem ocorreu e que foi válida.

2.1. Abordagem Metodológica

A pesquisa se apresenta dentro do paradigma qualitativo, uma vez que os dados foram, obtidos mediante contato direto com os participantes da investigação, gerando dados descritivos, a partir da análise de como se dá o processo de ensino-aprendizagem dos alunos de licenciatura em química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), alguns deles, futuros professores de química. De acordo com André (1998), a participação efetiva do investigador no processo de pesquisa é indício forte de uma abordagem qualitativa do problema de pesquisa, o que de fato ocorreu durante este trabalho de pesquisa.

Liebscher (1998, apud DIAS, 2000) afirma que os métodos qualitativos são apropriados quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social e não tende a quantificação. Assim, fica claro que para pesquisas sociais, como a pesquisa em educação, esse paradigma é o mais indicado.

Lüdke e André (1986) e Godoy (1995), em trabalhos distintos, dão algumas características que podem ajudar a reconhecer uma pesquisa como utilizando a abordagem qualitativa na análise dos dados e processo investigativo. Dentre elas, as que podem ser colocadas e reconhecidas com facilidade na seguinte pesquisa são:

1. O ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como personagem participante e indispensável no processo investigativo.
2. Caráter descritivo, preocupado não só com o resultado final, mas com todo o processo de investigação, obtenção dos dados e resolução do problema.

3. Contato direto e de duração intermediária do pesquisador com os sujeitos da pesquisa, além da constante preocupação em entender o que se processa no ambiente da pesquisa.

Dentre os diversos tipos de pesquisa dentro do paradigma qualitativo, esta pesquisa mostra um percurso metodológico que apresenta elementos inerentes a uma pesquisa educacional do tipo etnográfico. André (1995), afirma que a etnografia é uma perspectiva de pesquisa usada em antropologia, visando colher informações culturais sobre um grupo social. Como o foco dos trabalhos de pesquisa em educação não busca dados culturais, e sim processos educacionais, dizemos que a pesquisa é do tipo etnográfico, e não etnográfica. Essa particularidade evita que alguns requisitos das pesquisas etnográficas clássicas possam ser abandonados, tais como analogia entre as culturas e o longo convívio com o grupo de amostragem.

Apesar de a pesquisa ser considerada de natureza qualitativa, em alguns momentos foram utilizados dados quantitativos, visando facilitar e otimizar a análise.

2.2. Perfil do Grupo de Amostragem

A intervenção ocorreu em duas etapas, com estudantes da Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), instituição de ensino superior pública federal. A primeira etapa foi realizada durante disciplina de Química Inorgânica, ofertada regulamente no terceiro período do curso, com os estudantes do turno vespertino, no primeiro semestre do ano de 2008. Já a segunda, contou com a participação dos estudantes do turno noturno, na mesma disciplina e no segundo semestre do mesmo ano..

Por ser um curso de licenciatura na área de ciências exatas e da natureza, a busca por uma vaga em licenciatura em química na UFRPE é reduzida, apresentando concorrências no vestibular que oscila muito pouco, estando sempre entre quatro e seis candidatos para cada vaga, dados observados mediante consulta ao manual do candidato da Covest (comissão que elabora as provas do vestibular para as universidades federais do estado de Pernambuco), entre os anos de 2002 e 2008.

Os dados obtidos nas duas etapas da intervenção (curso vespertino, primeiro semestre de 2008 e curso noturno, segundo semestre de 2008) foram discutidos separadamente, visando a possibilidade de, em alguns momentos, realizar um proto-estudo comparativo entre os resultados obtidos.

Desta forma, chamaremos de **turma A** o grupo estudado na primeira etapa da intervenção e de **turma B** o grupo estudado durante a segunda etapa da intervenção.

O número de alunos que responderam ao questionário na **turma A** foi de vinte e cinco estudantes, sendo este o nosso universo para essa turma. Na **turma B**, responderam a esta etapa do processo de obtenção dos dados 41 estudantes – sendo esta uma turma bem mais numerosa.

As respostas dadas durante a entrevista que integra o procedimento desta pesquisa mostra que a maior parte dos estudantes envolvidos, nas duas turmas, já ministram aulas, sejam estas em colégios, cursos ou em aulas particulares.

2.3. Metodologia – Etapas de Preparação

2.3.1. Elaboração do Questionário Inicial

A primeira etapa do processo metodológico consistiu na elaboração de um questionário visando reconhecer os conhecimentos prévios dos estudantes sobre isomeria, numa abordagem única, trabalhando com a química orgânica e a química inorgânica simultaneamente.

A utilização do questionário se faz importante para um reconhecimento da realidade sobre o grupo de amostragem da pesquisa, deixando o pesquisador a par da forma e conteúdo do pensar individual e do grupo. Machado (2007) lista alguns pontos favoráveis da utilização de questionários em pesquisas científicas:

- Ele pode proporcionar dados atualizados sobre o tema investigado.
- Em um espaço de tempo relativamente curto, poderá apresentar um volume significativo de dados.
- Não requer pessoal treinado e atinge um vasto número de pessoas, simultaneamente.
- Pode estimular a cooperação, pois respeita o anonimato e não exige a presença do investigador durante toda a aplicação.
- O custo operacional é relativamente pequeno.

O questionário aplicado nesta pesquisa apresenta cinco perguntas, cada uma com um objetivo pré-determinado:

1. O que você entende por isomeria? Comente.

Esta questão teve como objetivo levantar quais são as concepções dos estudantes acerca do conceito norteador das situações-problema, a isomeria.

2. A isomeria é um fenômeno exclusivo de compostos orgânicos? Justifique.

Na elaboração do currículo do ensino médio, o estudo da isomeria em compostos inorgânicos foi vítima de supressão. Desta forma, é comum que os estudantes pensem que se trata de um fenômeno puramente orgânico. O objetivo desta pergunta foi verificar até que ponto essa limitação afeta o entendimento do conceito.

3. Você conhece algum caso de isomeria aplicada a compostos inorgânicos? Se sim, fale um pouco sobre ele.

Aqui, a intenção é obter informações sobre o conhecimento dos estudantes sobre a isomeria de compostos inorgânicos. Trata-se de uma pergunta de resposta simples, caso seja negativa.

4. O surgimento da isomeria data do século XIX, onde a química experimental teve bastante importância. Como você acha que a descoberta desse fenômeno modificou a forma de pensar dos químicos?

Pergunta relacionada à primeira situação-problema. Introduce o pensamento histórico-crítico, tendo como tema a história da descoberta da isomeria.

5. Alguns compostos inorgânicos podem ser usados como medicamentos, no tratamento de doenças, tais como o câncer. O conhecimento químico sobre isomeria é importante para esse tipo de desenvolvimento? Comente.

Pergunta relacionada à segunda situação-problema. Introduce as aplicações medicinais de compostos isoméricos inorgânicos.

2.3.2. Elaboração do Material Didático (Texto)

A segunda etapa do procedimento metodológico foi à elaboração de um texto abordando os conceitos de isomeria de maneira unificada, procurando transpor a fragmentação existente em química orgânica e inorgânica, na tentativa de garantir um melhor entendimento do conteúdo por parte dos estudantes.

Este material foi produzido pelo próprio pesquisador, tendo a preocupação de romper com a fragmentação existente dentro da química (compostos orgânicos e compostos inorgânicos) e se encontra entre os apêndices do trabalho.

O cuidado em trazer ilustrações, contextualização e informações de história das ciências faz do material uma importante ferramenta para as aulas de isomeria em qualquer curso de química em nível superior.

2.3.3. Escolha do Modelo Molecular Utilizado na Intervenção

Por ser um conteúdo fortemente relacionado às ligações químicas, devido à diferença de conexão entre os átomos em cada isômero, e geometria molecular, para o seu ensino-aprendizagem, faz-se necessário certo grau de abstração e representação microscópica no estudo da isomeria. Para facilitar tal processo neste conteúdo, pensamos em enriquecer a intervenção com a utilização de modelos moleculares, por acreditar que estes contribuirão para que o estudante possa resolver as situações-problema neste trabalho.

Martinez-Huitle et al. (1998, p. 341) comentam que “a química como ciência nitidamente molecular, requer a explicação em escala macroscópica de fenômenos microscópicos” (tradução nossa). Sendo assim, como eles sugerem, a utilização de modelos moleculares – entendendo modelo molecular como uma representação macroscópica de uma entidade microscópica - que pode ser uma molécula, ou um composto iônico – tem um importante papel no processo de ensino-aprendizagem desta ciência, principalmente em conteúdos onde é grande a necessidade de abstração – como é o caso da isomeria.

Giordan e colaboradores (2004) afirmam que:

Os objetos moleculares, enquanto representações das partículas submicroscópicas, cujo meio de veiculação pode variar desde papel, conjuntos de plástico, isopor e madeira, tela de computador ou projeção holográfica, podem contribuir decisivamente para a construção de significados sobre fenômenos de transformação da matéria e para elaborar modelos explicativos das propriedades e estrutura dos materiais. (GIORDAN et. al. 2004, p. 2)

Foram utilizados três modelos moleculares comerciais, que foram: **Orbit Molecular Models Kit**, da empresa americana Orbit; **HGS Molecular Structure Model Kit**, da empresa americana W. H. Freeman and Company; e o **atomlig77 educação**, da atomlig do

Brasil comercio de brinquedos ltda. Esses três modelos foram escolhidos pois estavam disponíveis para a aplicação no estudo.

Orbit Molecular Models Kit

O modelo molecular da Orbit é bastante interessante. Trata-se de um conjunto de pedaços de canudos plásticos, semelhantes aos usados para beber refrigerantes e outras bebidas, que funcionam como ligação química, unindo estruturas plásticas que funcionam como átomo central (e possuem braços visando o encaixe dos canudos), a outras estruturas plásticas mais simples, que funcionam como os ligantes, ou átomos de hidrogênio e/ou halogênios, podendo ser construídos tanto compostos orgânicos como compostos inorgânicos – principalmente os compostos de coordenação.

A figura 11 mostra o modelo orbit sendo usado para a construção de um composto de coordenação de geometria octaédrica, do tipo $[MX_3Y_3]$.

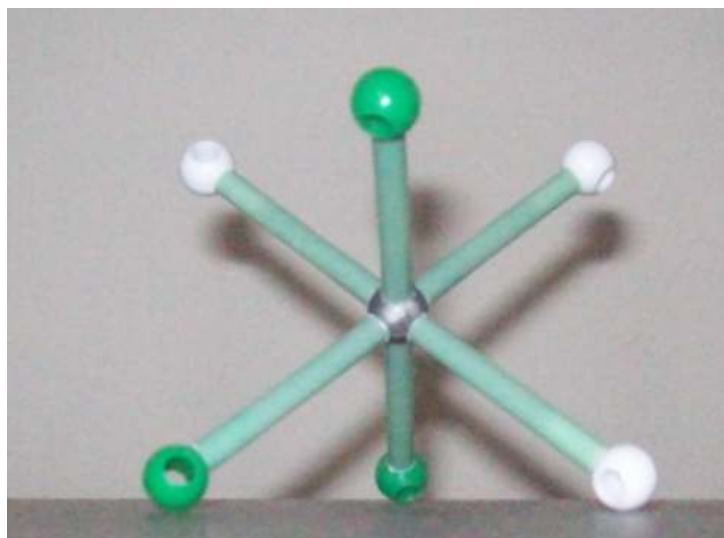


Figura 11: Composto de Coordenação do tipo $[MX_3Y_3]$ usando o Orbit Molecular Models Kit.

O modelo Orbit Molecular Models Kit foi utilizado para construção de estruturas inorgânicas octaédricas, onde se mostrou mais eficiente que os demais, devido a maior

possibilidade de ângulos oferecida pelo material para a representação das ligações químicas nos compostos.

H.G.S. Molecular Structure Model Kit.

O modelo molecular da W. H. Freeman and Company é, sem dúvida, o mais bonito e elegante, além de ser o mais compacto deles. A apresentação comercial inclui uma caixinha, pequena e bem dividida, o que facilita o transporte para a sala de aula.

O modelo apresenta um conjunto de varetas plásticas, de diferentes cores, que servirão como ligações químicas. As diferenças na coloração sugerem diferenças no tamanho da ligação, sendo o único modelo onde o comprimento da ligação é considerado. Existem peças plásticas simples, que representam o hidrogênio, e outras peças plásticas mais complexas, podendo representar os átomos centrais, tanto orgânicos (carbono, principalmente) como inorgânicos (metais, em compostos de coordenação).

Este modelo foi usado na pesquisa para a construção das estruturas quadrado-planares, bem como na construção de algumas moléculas orgânicas utilizadas durante a intervenção.

O maior problema deste kit de modelo molecular é o tamanho, ainda menor que o Orbit, exige um contato visual muito próximo.

A figura 12 mostra a montagem de um álcool (etanol) e de um composto de coordenação de geometria octaédrica, utilizando o Molecular Structure Model Kit.

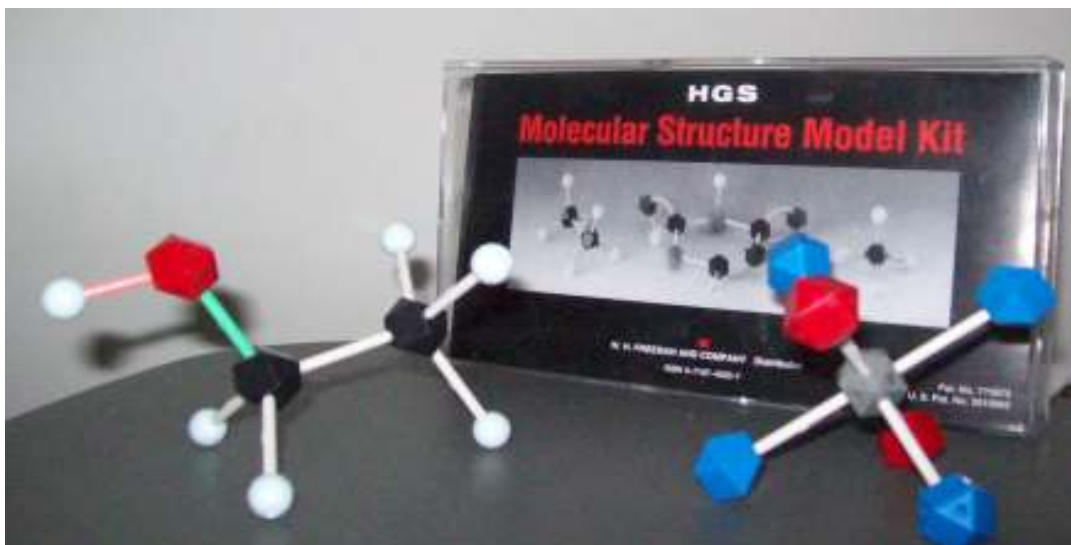


Figura 12: Molécula Orgânica (à esquerda) e Composto de Coordenação (à direita) construídos com o H.G.S. Molecular Structure Model Kit.

atomlig77 educação

O mais simples e rústico dos modelos utilizados, o atomlig77 educação apresenta esferas plásticas grandes e coloridas, que representam os átomos, e pequenas hastes plásticas, retas ou curvas, que unem essas esferas, representando as ligações químicas. Cada uma das esferas apresenta quatro furos, com exceção da branca, de tamanho menor, e de furo único, exclusiva para representação do hidrogênio.

Os aspectos positivos do atomlig77 são, principalmente, o preço e o tamanho. O principal aspecto negativo é a limitação do próprio material – por só apresentar quatro furos por esfera, termina por ser praticamente exclusivo para utilização em representação de compostos orgânicos.

A figura 14 mostra uma molécula de uma cetona, a propanona (dimetilcetona, a acetona comercial), construída no atomlig77.



Figura 13: Molécula da propanona construída usando o atomlig77 educação.

Esse modelo foi usado para construção dos exemplos de estereoisomeria na química orgânica (isômeros cis-trans, E-Z e um composto opticamente ativo).

2.3.4. Elaboração das Situações-Problema

Para este trabalho foram elaboradas duas situações-problema, ambas focadas no conceito de isomeria, sendo a primeira usando um contexto de história das ciências – especificamente a história do estabelecimento do conceito de isomeria – e a segunda trazendo uma situação de aplicação, onde o estudante é apresentado à utilização dos isômeros de compostos de coordenação para fins medicinais.

As situações-problema, como já citamos previamente, foram elaboradas seguindo as orientações propostas por Merieu (1998), expressas na página 46, na fundamentação teórica deste trabalho.

Buscamos, com bastante cuidado, responder as perguntas propostas por este pensador, e direcionar as respostas obtidas para a construção das duas situações-problema:

1. Qual o meu objetivo? O que quero fazer com que o aluno adquira e que para ele representa um patamar de progresso importante?

Nosso principal objetivo na elaboração das duas situações-problema, foi de desenvolver nos estudantes a capacidade de pensar criticamente mediante uma situação de conflito cognitivo – aonde vai se deparar com algo que seu conhecimento no estado inicial não é suficiente para resolver um problema sugerido – etapa de desequilíbrio, segundo a teoria de Piaget.

Na primeira situação-problema, a qual o tema é a história da ciência, temos como objetivo criar uma ligação histórica entre o indivíduo e o conceito a ser aprendido. Barros et. al. (2003) afirmam:

O uso da História e filosofia da ciência permite ao professor trabalhar com muito mais facilidade o problema das mudanças políticas, econômicas e sociais que interferem nas descobertas científicas, e quais as resistências e favorecimentos que esses setores tiveram para tais descobertas. (BARROS et. al., 2003, p. 1)

Assim sendo, tanto pelo que significa o contexto histórico para os estudantes, quanto o que vai significar este contexto para eles em sua prática docente, a temática da primeira situação-problema objetiva estimular o trabalho utilizando a história da ciência.

A segunda situação-problema idealizada trás como tema a utilização de diferentes isômeros de compostos de coordenação de geometria quadrado planar (isômeros cis-trans). O objetivo aqui é apresentar um pouco mais sobre a isomeria em compostos inorgânicos, não tratada no ensino médio, e de colocar o estudante em posição de explicar um acontecimento cotidiano, aplicando os conhecimentos teóricos a situações reais, o que também pode ser considerado como um patamar de progresso importante.

2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizado o acesso a este objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução etc.)?

Na primeira situação-problema, a tarefa requerida foi a explicação, a nível estrutural, da diferença entre os dois compostos de mesma fórmula “molecular” (AgCNO) submetidos a J. J. Berzelius, no ano de 1830, que originaram o conceito de isomeria.

Na segunda situação-problema, a tarefa requerida foi a identificação dos motivos para o comportamento discrepante entre duas amostras de um composto químico de propriedades anti-tumorais.

3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade mental permita, na realização de tarefa, o acesso ao objetivo?

-Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir?

O material didático textual produzido para este trabalho, além dos modelos moleculares e da socialização do conhecimento durante a intervenção, nos momentos reservados para debates e interrogações.

- Que instruções-alvo devo dar para que os alunos tratem os materiais para cumprir a tarefa?

A escolha do trabalho em grupo para a resolução das situações-problema, bem como a liberdade de interação com o pesquisador durante o processo de resolução dos problemas serão as principais instruções fornecidas, visando garantir a superação do obstáculo.

- Que exigências devem ser introduzidas para impedir que os sujeitos evitem a aprendizagem?

Nenhum dos estudantes foi forçado a responder a situação-problema, mas todos foram encorajados e incentivados a buscar a superação do problema, utilizando os novos recursos para atingir a aprendizagem, e não se utilizar atalhos e desvios que possam evitar a construção do conhecimento e a formulação de um novo equilíbrio.

4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento?

A primeira atividade proposta está no questionário para recolhimento de concepções (que está nos apêndices do trabalho). As questões quatro e cinco trabalham com as temáticas das situações-problema. A visualização das respostas destas questões pode dar um esboço da situação inicial do grupo acerca dos problemas que enfrentarão nas etapas posteriores.

A segunda atividade visando à resolução das situações-problema foi a leitura comentada do material didático textual produzido para este trabalho de pesquisa. Em seguida, tivemos a apresentação das estruturas moleculares utilizando os modelos moleculares comerciais já listados neste capítulo.

Após reflexão acerca das respostas dada as questões aqui apresentadas, foram elaboradas as seguintes situações-problema:

Situação-problema I → História da Isomeria

As origens do estudo químico da isomeria remetem ao século XVIII, quando dois grandes cientistas da época, os alemães Liebig e Wöhler enviam, independentemente, artigos relatando a descoberta de determinado composto de prata ($AgCNO$) para publicação. Porém, o editor nota que apesar da mesma fórmula proposta nos dois artigos, as propriedades citadas eram bem diferentes. Pensando na estrutura dos compostos, qual explicação você daria?

Situação-problema II → Química Inorgânica Medicinal

Para o tratamento anti-tumoral em pacientes em estado inicial, o diretor-médico de um importante hospital da Região Metropolitana do Recife faz um pedido de determinada substância a um laboratório químico da região, expressando no fax enviado apenas a fórmula “molecular” do composto: $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$. O envio do produto químico foi feito, mas apenas algumas amostras se mostraram eficientes no tratamento da doença. O que pode ter ocorrido?

É importante lembrar que, apesar da segunda situação-problema abranger possibilidades infinitas, como por exemplo, o envio de uma substância errada, como o cloreto de sódio (NaCl), sem ação anti-tumoral, deve ser colocado aos estudantes a necessidade de trabalhar com o conceito em uso, a isomeria.

2.3.5. A Entrevista Semi-estruturada

Como última etapa da coleta de informações, será realizada uma entrevista semi-estruturada com alguns alunos selecionados pelo pesquisador. O objetivo das entrevistas foi o de tentar obter dados que não foram captados na observação e não surgiram na etapa do questionário.

A seleção dos estudantes que participaram desta etapa da metodologia foi feita baseada na disponibilidade e interesse dos estudantes.

Machado (2007) comenta que vários autores da área de pesquisa social consideram a entrevista como um dos principais meios de obtenção de informações e dados em uma pesquisa, pois é mais eficiente que o questionário, visto que as relações pessoais são mais visíveis.

Segundo a mesma autora, existem três tipos de entrevista: estruturada, não-estruturada e semi-estruturada, sendo a última a mais comum em pesquisas educacionais. Trata-se de

uma sequência de perguntas a serem realizadas, que pode sofrer modificações durante o processo, dando liberdade ao entrevistador e ao entrevistado, proporcionando mais eficiência no processo de pesquisa.

Eis as etapas diretivas do encontro e as perguntas norteadoras da entrevista:

Etapa 1: Mostrar a ficha com suas respostas aos problemas, dando um tempo para ele ler as questões e suas respostas.

Etapa 2: Sondagem, dando nota de 0 até 10 em relação ao nível de dificuldade do conteúdo isomeria. Solicitou-se por parte do entrevistado uma justificativa..

Pergunta 1: Sobre isomeria em compostos orgânicos, o que foi apresentado de novo? E com relação aos compostos inorgânicos?

Etapa 3: Trazer a questão espacial da isomeria, bem como o entendimento do fenômeno por parte desse aluno e dos colegas.

Pergunta 2: De que maneira os materiais utilizados (texto e modelos moleculares) o ajudaram no entendimento de isomeria dos compostos de coordenação?

Etapa 4: Retomar as situações-problema utilizadas

Pergunta 3: De que forma a resolução dos problemas contribuiu para a compreensão da isomeria dos compostos de coordenação?

Pergunta 4: Baseado na sua resposta na situação-problema 02, é possível para você propor uma forma de explicar porque só um dos isômeros se mostrou eficiente?

Pergunta 5: O trabalho de resolução de problemas que usamos foi em grupo. Você acha uma boa metodologia ou seria melhor o trabalho individual? Por quê?

2.4. Metodologia – Etapas de Aplicação

A intervenção para obtenção dos dados deste trabalho foi bastante semelhante na primeira etapa (turno vespertino, primeiro semestre de 2008) quanto para a segunda etapa de aplicação (turno noturno, segundo semestre de 2008). Porém, uma diferença foi crucial: ao final da primeira etapa de processo (que serviu como um piloto para a pesquisa), e uma reflexão acerca dos aportes teóricos que permeiam a noção de situação-problema – especificamente, a idéia de que o professor que propõe a atividade conheça seu aluno para que ele elabore as situações levando em consideração o desenvolvimento cognitivo de seus alunos – decidimos, na segunda etapa da pesquisa, introduzir um período de adaptação do professor à turma, onde foram ministradas as aulas teóricas sobre ligações iônicas e introdução ao estudo dos compostos de coordenação, além da aula experimental introdutória sobre essa classe de compostos inorgânicos.

A aplicação da intervenção foi organizada em dois momentos iniciais, em dias sequenciados, sendo o primeiro momento menor (duas horas de encontro, em média, por turma) e o segundo momento maior (em média, três horas e meia por turma), e um terceiro momento posterior, onde foi realizada a entrevista semi-estruturada com os estudantes selecionados.

Primeiro Momento

Iniciado com a aplicação do questionário de levantamento dos conhecimentos prévios, o primeiro momento da intervenção trouxe ainda os estágios de utilização do material didático e dos modelos moleculares, bem como a discussão acerca da temática isomeria, numa abordagem holística – mais total, não fragmentada – trazendo compostos orgânicos e inorgânicos, apesar do caráter fragmentado da própria disciplina (química inorgânica).

A entrega e tempo para resposta dos questionários foram estimados em cerca de trinta minutos, ou seja, um quarto do tempo total deste primeiro momento.

Segundo Momento

Após o recolhimento dos questionários, foi feita a divisão dos estudantes em grupos menores, e a entrega do material didático textual, que guiou este momento de discussão e socialização dos conhecimentos acerca do conceito de isomeria e durou o restante do tempo destinado a este primeiro encontro, noventa minutos. Durante este tempo, foi apresentado também os modelos moleculares, na tentativa de reforçar a visão microscópica acerca dos fenômenos discutidos usando o texto elaborado para a disciplina. O final do primeiro encontro foi marcado pela entrega das situações-problemas para cada grupo.

Terceiro Momento

Tem início com a retomada da discussão acerca dos tópicos abordados na discussão ocorrida no encontro anterior, é o momento onde a resolução das situações-problemas irá ocorrer.

Os mesmos grupos do primeiro momento foram recompostos, e dentro do grupo, onde o debate foi livre apenas internamente e com o professor-pesquisador, os estudantes responderam as duas situações-problema, tendo para isso, a disposição dos mesmos, todo o material utilizado e pensado para a abordagem do conceito de isomeria, mas sem possibilidade de consulta a outros estudantes, integrantes de outros grupos.

Ao final do processo, alguns estudantes foram escolhidos, mediante diversos critérios (interesse no processo, interesse no conceito de isomeria, interesse nas temáticas das situações-problema, entre outros), para participarem do terceiro momento.

Quarto Momento

Consistiu no momento onde ocorreu a entrevista semi-estruturada. Essa etapa, embora não reúna todos os participantes das duas etapas iniciais, foi um momento de retorno, onde podemos obter opiniões acerca do processo como um todo, validando a utilização das

situações-problemas elaboradas como estratégia didática no ensino superior, um dos objetivos do nosso trabalho.

2.5. Metodologia – Análise dos Dados Obtidos

A análise dos dados se concentrou nas informações obtidas nos quatro momentos da intervenção: **resolução do questionário de levantamento de concepções prévias, discussão usando o material didático, resolução das situações-problema e entrevista semi-estruturada.**

2.5.1. Análise do Questionário de Concepções Prévias

Da mesma forma que Lacerda (2008), no nosso trabalho procuraremos agrupar as respostas dadas a cada uma das perguntas do questionário de levantamento das concepções prévias, em um dos quatro grupos a seguir: **Resposta Satisfatória (RS), Resposta Pouco Satisfatória (RPS), Resposta Insatisfatória (RI) e Sem Resposta (SR)** – tipologia semelhante a criada por Lacerda, no trabalho acima citado. A tabela 3 mostra os critérios usados para cada uma das perguntas do questionário:

Tabela 3
Análise do Questionário de Concepções Prévias

QUESTÃO	CLASSIFICAÇÃO
Questão 1 – Busca saber o que o estudante entende por isomeria.	A resposta foi considerada satisfatória (RS) quando abordar as questões relativas à conexão diferenciada entre mesmos átomos, incluindo o aspecto espacial. Sem a inclusão da análise espacial, a resposta foi classificada como pouco satisfatória (RPS). Respostas fora destas duas classificações foram insatisfatórias (RI).
Questão 2 – Tem como objetivo	A resposta “Não” foi considerada insatisfatória

saber se o estudante tem conhecimento da existência do fenômeno da isomeria em compostos inorgânicos.	(RI), visto que, no ensino superior de química, a isomeria de compostos inorgânicos não é nenhum mistério. Se a resposta foi “Sim,”, mas a justificativa não foi convincente, a resposta foi considerada pouco satisfatória (RPS). Mas se a justificativa for convincente, foi então uma resposta satisfatória (RS).
Questão 3 – Busca saber se o estudante conhece algum caso de isomeria em compostos inorgânicos de importância significativa.	A resposta Não será considerada insatisfatória (RI). Se a resposta for Sim, mas usando um exemplo não convincente, a resposta será pouco satisfatória (RPS), mas se o exemplo for convincente e coerente, será então uma resposta satisfatória (RS).
Questão 4 – Questão onde se encontra a temática da situação-problema nº. 1, que versa sobre a mudança na forma de pensar dos cientistas mediante a descoberta do fenômeno da isomeria.	Responder que a descoberta não modificou a forma de pensar dos químicos é insatisfatório (RI). Responder que modificou a forma de pensar, mas sem justificar é uma resposta pouco satisfatória (RPS). A resposta será satisfatória (RS) se o estudante acreditar que a isomeria modificou a forma de pensar dos cientistas, e explicar de forma coerente o que alicerça sua observação.
Questão 5 – Tema da situação-problema nº. 2, discute a importância do conhecimento de isomeria para a utilização medicinal de compostos inorgânicos.	Responder que este conhecimento não é importante é insatisfatório (RI). Responder que é importante, mas sem justificar, é pouco satisfatório (RPS). A resposta satisfatória (RS) é afirmativa, com uma coerente justificativa acerca da situação.

Além destes critérios, algumas respostas foram selecionadas para uma discussão pontual, por serem consideradas pertinentes para esse tipo de abordagem.

2.5.2. Análise do Momento de Discussão Usando o Material Didático

A análise do momento onde o material didático textual criado para a pesquisa foi utilizado foi puramente descritiva, observando o comportamento, o interesse e a motivação dos estudantes na discussão. Os efeitos da utilização dos modelos moleculares comerciais também foi observados e analisados neste momento.

2.5.3. Análise das Respostas às situações-problema

A análise das respostas das situações-problemas foi feita observando, sobretudo, dois aspectos, sem se prender a unicamente a uma pura observação da ocorrência dos mesmos, que são:

Aspecto Motivacional – Como os estudantes encararam o trabalho em grupo de resolução das situações-problema.

Aspecto de aprendizagem – Visa avaliar de que maneira os estudantes conseguiram (e se conseguiram) superar o obstáculo apresentado em cada situação-problema, enfocando o processo de construção do conhecimento a partir do conflito cognitivo causado por cada situação.

A análise das respostas as duas situações-problema foram feitas baseadas na coerência entre o que foi perguntado e o que foi respondido e no aparecimento de algum fator que comprove que existiu (ou que não existiu) aprendizagem de novos conhecimentos mediante conflito com o obstáculo.

O comportamento do grupo, com relação a barulho, disciplina e interesse também foram observados, servindo como elemento complementar na análise das respostas as situações-problema.

Não existiu uma categorização dos dados neste momento da análise, apenas consideramos respostas como satisfatórias ou não mediante o cumprimento do objetivo de superação do obstáculo, mediante resolução das situações-problema.

2.5.4. Análise das Respostas durante a Entrevista Semi-estruturada

A entrevista semi-estruturada foi realizada com alguns alunos selecionados durante o período de aplicação do processo de intervenção.

As respostas apresentadas nas entrevistas foram analisadas qualitativamente, caso a caso, visando construir uma idéia geral acerca do pensamento das turmas envolvidas no processo sobre a forma da intervenção, e, principalmente, sobre a utilização das situações-problema como estratégia didática no ensino de química em nível superior, um dos nossos objetivos de trabalho e informação indispensável para responder o problema de pesquisa que guia esta dissertação.

CAPÍTULO III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise do Questionário de Concepções Prévias

A finalidade da aplicação de um questionário no início da intervenção didática foi levantar as concepções prévias dos estudantes acerca do conceito de isomeria, com ênfase (questões específicas) nas temáticas das duas situações-problema idealizadas e utilizadas neste trabalho.

Os resultados estão apresentados em forma de tabelas, apenas com a quantificação de alguns dados, para uma discussão qualitativa a posteriori.

Os dados obtidos nas duas etapas da intervenção (curso vespertino, primeiro semestre de 2008 e curso noturno, segundo semestre de 2008) encontram-se discutidos separadamente, visando a possibilidade de, em alguns momentos, realizar um proto-estudo comparativo entre os resultados obtidos.

Desta forma, chamaremos de **turma A** o grupo estudado na primeira etapa da intervenção e de **turma B** o grupo estudado durante a segunda etapa da intervenção.

Os estudantes participantes da pesquisa estão locados no terceiro período do curso de Licenciatura em química, e, como podemos ver na matriz curricular do curso (anexo), passaram por três disciplinas de química antes de cursarem química inorgânica. São Elas: Química I, Química Experimental (as duas oferecidas regularmente no primeiro período) e Química II (oferecida regularmente para o segundo período). A maioria estava cursando também a disciplina Química III.

É importante mencionar a natureza geral das turmas: Enquanto os alunos do turno vespertino, em geral, não trabalham ou estagiam como professores, os alunos do turno da noite são mais atuantes no mercado de trabalho, algumas vezes, não atuando na área de

ensino e aprendizagem. Isso mostra uma diferença no perfil dos dados obtidos em cada momento.

Outros fatores também podem ter influenciado no rendimento das turmas, como por exemplo, o número de matriculados – a turma B era bem maior.

1ª QUESTÃO: O que você entende por isomeria? Comente.

Para referência, utilizaremos a definição de isomeria utilizada neste trabalho e escrita na introdução (página 4):

Quando dois compostos químicos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular, mas são diferentes entre si, apresentando propriedades distintas, são chamados isômeros e caracteriza o fenômeno chamado isomeria.

A tabela 4 mostra um resumo das tipologias de respostas dadas pelos estudantes:

Tabela 4
Respostas a 1ª Questão

TIPOLOGIA DA RESPOSTA	TURMA A	TURMA B
Respostas Satisfatórias (RS)	44%	21,95%
Respostas Pouco Satisfatórias (RPS)	28%	46,35%
Respostas Insatisfatórias (RI)	24%	31,7%
Não Respondeu (NR)	4%	0%

TURMA A

Notamos que a maioria dos alunos (44%) apresentou respostas satisfatórias acerca do que pensam sobre o conceito de isomeria, usando como referência a definição usada neste trabalho.

Estes resultados mostram que a grande maioria tinha uma boa noção do conceito de isomeria antes da atividade.

Das respostas pouco satisfatórias (**RPS**), a grande maioria definia isomeria de acordo com as conexões entre os átomos ocorrerem de formas distintas, o que mostra um reducionismo ao conceito de isomeria constitucional, conforme é exemplificado na resposta apresentada abaixo, de um estudante dessa turma:

*“São compostos **orgânicos** bem parecidos, que se diferenciam por **posição de algumas moléculas**”.* (grifos nossos).

Algumas respostas insatisfatórias foram locadas nesta classificação por conter erros conceituais ou falta de coerência, como os exemplos a seguir:

*“A isomeria ocorre quando ligações do composto X têm algo em comum com o composto Y. Pode ser o tipo de cadeia (heterogênea, ramificada, cíclica) ou de função **orgânica** (álcool, fenol...)”.*(grifo nosso).

Neste caso, observamos um outro caso de reducionismo, relativos à fragmentação da química, em orgânica e inorgânica – eles definiram isomeria pensando apenas na química orgânica.

TURMA B

Na turma B a maioria das respostas foi classificada na tipologia **respostas pouco satisfatórias**. Cerca de 47% dos estudantes deram respostas que mostravam um conhecimento básico, mas pouco “científico” acerca do conceito em questão.

Nesta turma, ninguém deixou de tentar definir o conceito de isomeria, muito embora as respostas aqui assumam um caráter mais relativo ao senso comum.

Nesta turma, o reducionismo do conceito de isomeria a noção de isomeria plana foi maior, sendo essas respostas majoritárias entre as classificadas como pouco satisfatórias (**RPS**).

Duas das respostas classificadas como insatisfatórias (**RI**) chamam a atenção por usar os conceitos de massa molecular/molar:

“São compostos que tem a mesma massa molecular e estruturas diferentes”.

“Compostos químicos que apresentam a mesma massa molar”.

Um outro estudante definiu isomeria como as diferentes formas de manifestação de uma molécula no espaço, e deu exemplos que remetem a teoria de grupos de simetria.

2ª QUESTÃO: A isomeria é um fenômeno exclusivo de compostos orgânicos?

Justifique.

A tabela 5 resume o quantitativo de cada tipo de respostas nesta questão:

Tabela 5
Respostas a 2ª Questão

TIPOLOGIA DA RESPOSTA	TURMA A	TURMA B
Respostas Satisfatórias (RS)	20%	21,95%
Respostas Pouco Satisfatórias (RPS)	36%	53,65%
Respostas Insatisfatórias (RI)	16%	19,5%
Não Respondeu (NR)	28%	4,9%

TURMA A

A grande maioria dos estudantes respondeu que não, mas foram poucos os que justificaram a resposta de forma coerente (20%).

O exemplo predominante nas respostas satisfatórias (RS) foram os compostos de coordenação.

Uma das respostas insatisfatórias (RI) se mostra incoerente na escrita, mas parece defender a existência da isomeria apenas em compostos orgânicos.

“Exclusivo sim, mas se utiliza também em compostos inorgânicos”.

Outra resposta aceita que exista isomeria em compostos inorgânicos, mas apenas os **compostos de transição (compostos inorgânicos que apresentam o carbono)**, mostrando certa associação entre o fenômeno da isomeria e o átomo de carbono em específico:

“Não só nos orgânicos, mas também em compostos de transição, temos a isomeria existindo, pois tem carbonos”.

Importante mencionar que esses compostos de transição citados não são complexos de metais de transição, e sim a definição usual no ensino médio de compostos inorgânicos que apresentam o elemento químico carbono (CO, HCN, por exemplo).

TURMA B

Na turma B a maioria das respostas foi classificada na tipologia **respostas pouco satisfatórias**. Cerca de 47% dos estudantes deram respostas que mostravam um conhecimento básico, mas pouco “científico” acerca do conceito em questão. A tabela 07 resume, baseado na tipologia proposta na metodologia, as respostas dadas a esta questão:

Das respostas satisfatórias (RS), a maioria utilizou como exemplo o caso de isomeria para o composto ZnS (Sulfeto de Zinco), que, mediante modificação na estrutura do cristal, pode ser chamada de blenda ou wurtzita. Alguns outros estudantes exemplificaram a resposta com compostos de coordenação.

Uma resposta satisfatória (**RS**) que merece destaque, pois mostra um rompimento com a fragmentação da química em sub-áreas, foi a seguinte:

“Não. Porque a isomeria se refere ao arranjo dos átomos no espaço, independente da sua classificação funcional”.

Outros preferiram justificar baseado na quantidade de compostos inorgânicos existentes na natureza:

*“Eu acho que não. Existem muitos compostos inorgânicos e seria uma **injustiça** nenhum deles apresentarem o fenômeno da isomeria”.* (grifo nosso).

“Não, devido à variedade de compostos inorgânicos”.

3ª QUESTÃO: Você conhece algum caso de isomeria aplicada a compostos inorgânicos? Se sim, fale um pouco sobre ele.

A tabela 6 resume o quantitativo das respostas nessa questão:

Tabela 6
Respostas a 3ª Questão

TIPOLOGIA DA RESPOSTA	TURMA A	TURMA B
Respostas Satisfatórias (RS)	12%	19,5%
Respostas Pouco Satisfatórias (RPS)	4%	7,2%
Respostas Insatisfatórias (RI)	44%	41,5%
Não Respondeu (NR)	16%	26,8%

TURMA A

A turma A apresentou um alto índice de respostas insatisfatórias (RI), ou seja, os estudantes mostraram não conhecer casos nenhum de isomeria em compostos inorgânicos, mesmo que

seja majoritário o número dos que afirmam existir o fenômeno dentro da química inorgânica.

A única classificação como resposta pouco satisfatória (**RPS**) apresentou apenas a afirmativa, sendo ignorado completamente o pedido do comentário.

Nas respostas consideradas satisfatórias (**RS**) os casos mais comentados foram: isomeria de polimerização, ionização e coordenação, todos casos específicos da isomeria constitucional em compostos de coordenação.

TURMA B

Muitas respostas insatisfatórias (**RI**) na turma B. A dificuldade para encontrar um exemplo de isomeria em compostos orgânicos foi maior nesta etapa (cerca de 42%).

Existiram duas respostas afirmativas sem justificativas, que foram classificadas como respostas pouco satisfatórias (**RPS**). Uma outra resposta nesta tipologia mostra novamente uma confusão de conceitos entre isomeria e simetria:

“O caso do NH_3 , que apresenta isomeria do tipo C_3 ”.

Nas respostas consideradas satisfatórias (**RS**) os casos mais comentados foram relativos a isomeria cis-trans em compostos de coordenação quadrado planar, em específico, o exemplo da cisplatina.

4ª QUESTÃO: O surgimento da isomeria data do século XIX, onde a química experimental teve bastante importância. Como você acha que a descoberta desse fenômeno modificou a forma de pensar dos químicos?

A tabela 7 mostra o quantitativo resumido das respostas para essa questão:

Tabela 7
Respostas a 4ª Questão

TIPOLOGIA DA RESPOSTA	TURMA A	TURMA B
Respostas Satisfatórias (RS)	4%	14,7%
Respostas Pouco Satisfatórias (RPS)	36%	51,2%
Respostas Insatisfatórias (RI)	0%	7,3%
Não Respondeu (NR)	64%	26,8%

TURMA A

Apenas uma resposta foi classificada como satisfatória (**RS**), pois foi a única que apresentou alguma justificativa acerca da mudança de pensamento dos cientistas depois da descoberta da isomeria:

“Essa descoberta só não modificou a forma de pensar dos químicos como também modificou a medicina, a partir da ciência”.

Nenhuma resposta afirmava que não houve mudança (respostas insatisfatórias – **RI**), mas poucas e preocuparam em explicar o que teria mudado (respostas pouco satisfatórias – **RPS**).

O número de estudantes que não respondeu (**NR**) foi significativo.

TURMA B

O número de respostas satisfatórias (**RS**) foi mais significativo em comparação com a turma A, mas ainda menor do que o número de estudantes que não responderam (**NR**).

Uma resposta satisfatória (**RS**) interessante:

“Mudou (a forma de pensar dos cientistas). Assim possibilitou aos químicos buscarem mais estabilidade na formação dos compostos, o melhor estudo do mecanismo dessas reações e a diferenciação também desses compostos”.

A maioria das respostas a esta questão evidenciam o pouco interesse pelo assunto ou a pequena oportunidade em estudar a história da ciência, e a inabilidade de desenvolver um pensamento crítico acerca dos fatos históricos da ciência, o que fundamenta a escolha dessa temática em uma das situações-problema.

Surgem nesse momento evidências das dificuldades e falhas existentes na formação inicial dos professores. O pouco interesse nos temas, principalmente dos que não são ligados ao conteúdo básico para o exercício das funções no ensino médio (como são história e filosofia da ciência), resulta, senão no pouco tempo disponível para estudo, na falta de correspondência com a função erótica (MEIRIEU, 1998), que é fundamental no exercício de ensinar.

5ª QUESTÃO: Alguns compostos inorgânicos podem ser usados como medicamentos, no tratamento de doenças, tais como o câncer. O conhecimento químico sobre isomeria é importante para esse tipo de desenvolvimento? Comente.

A tabela 8 mostra o quantitativo resumido das respostas para essa questão:

Tabela 8
Respostas a 5ª Questão

TIPOLOGIA DA RESPOSTA	TURMA A	TURMA B
Respostas Satisfatórias (RS)	8%	14,7%
Respostas Pouco Satisfatórias (RPS)	32%	40,2%
Respostas Insatisfatórias (RI)	0%	7,3%
Não Respondeu (NR)	60%	37,8%

TURMA A

O que mais chama atenção na análise dos dados para a quinta questão na turma b é o número de estudantes que não responderam (**NR**), cerca de 60%.

Duas respostas foram classificadas como satisfatórias (**RS**), uma delas destacada abaixo:

“Sim. Porque pode-se analisar a isomeria de vários compostos e em um desses pode está a descoberta da cura de doenças como o câncer, que contém células mutantes, a partir da análise destas células pode-se descobrir um isômero com propriedades adequadas a cura da doença (...)”.

TURMA B

O número de estudantes que não respondeu (**NR**) foi bem menor, mas ainda bastante significativo, um pouco menos que 40% dos estudantes se omitiram nesta questão.

Uma resposta insatisfatória (**RI**) que chamou a atenção, mostra a dificuldade em relacionar os conceitos científicos a aplicações do dia-a-dia de nossa sociedade:

“A isomeria dos compostos inorgânicos vai combinar com a isomeria dos compostos orgânicos e facilitar o tratamento do câncer”.

O maior percentual de respostas insatisfatórias, para as duas turmas, estão nas duas últimas questões, que são diretamente relacionadas com as temáticas das situações-problema. Diante do que observamos neste resultado, é de se esperar que na apresentação das situações-problema aos estudantes, o obstáculo estará presente e se constituirá em uma realidade para os mesmos, necessitando que estes partam para outros investimentos que dêem condições de uma resolução satisfatória das situações-problema.

Além disso, as respostas as outras perguntas presentes no questionário deixam mais claro a necessidade de buscar uma nova estratégia didática diferenciada e mais eficiente, que possa ser suficiente boa para um melhor estudo (aprofundamento) do conceito de isomeria.

3.2. Análise do Momento de Discussão Usando o Material Didático

TURMA A

O primeiro encontro do professor-pesquisador com a turma A ocorreu na primeira etapa da intervenção.

A turma foi dividida em quatro grupos, e as situações-problema foram entregues ao mesmo tempo do material didático textual, sem despertar muito interesse nos estudantes. Após aproximadamente meia hora de leitura individual, iniciou-se a leitura coletiva, seguida de debate e alguns momentos puramente expositivos de aula, onde o material didático textual foi o norteador do processo de ensino-aprendizagem.

Ainda neste primeiro momento da intervenção, os modelos moleculares comerciais foram utilizados, despertando muita atenção, e assumindo um importante papel no debate – o de facilitar a visualização de entidades microscópica, a partir de representação.

O modelo da **Orbit (Orbit Molecular Models Kit)** foi o que chamou mais atenção, pela praticidade, ampla possibilidade de utilização e pelo visual simples – canudinhos e estruturas plásticas apenas. Ao final da discussão, muitos estudantes foram até a mesa e procuraram saber acerca da utilização, do valor de mercado e do local de venda de cada um dos modelos.

A princípio, a turma não pareceu muito interessada no trabalho a ser realizado. Muitos estudantes, após a apresentação do pesquisador e da metodologia empregada na investigação se retiraram da sala e não mais voltaram.

Durante o momento de entrega e resolução dos questionários, pouco interesse, muito barulho, e mais algumas pessoas saindo da sala. Muitos buscaram o professor na hora de responder as questões, sempre com medo das respostas não corresponderem ao esperado. O medo de errar é presente também no ensino superior.

Algumas razões que podem explicar esse comportamento estão listadas abaixo:

1. O pesquisador não era o professor titular da disciplina. Desta forma, alguns estudantes podem ter se sentido um pouco desconfortáveis com a presença de um professor estranho na classe.
2. As aulas do conteúdo de isomeria correspondem, pelo calendário da disciplina, às duas semanas que antecedem a segunda verificação de aprendizagem. Neste ponto do semestre, muitos estudantes já estão desmotivados com algumas disciplinas, mediante o resultado negativo na primeira verificação, ou por não estarem conseguindo acompanhar o conteúdo programático devido a outras atividades. Essa falta de interesse na disciplina resulta também numa falta de interesse na intervenção.

Sendo assim, houve a necessidade de se realizar uma outra intervenção, de tal maneira que pudessemos ter um maior contato com os alunos (trabalhar a afetividade), para depois apenas apresentar as situações-problema.

Na segunda etapa da intervenção, ocorreu a resolução das situações-problema. O público foi um pouco diferente, com dois alunos que não estiveram presentes no dia anterior e um estudante que faltou este segundo momento. Os grupos foram refeitos e após uma pequena introdução, foi solicitado a todos a resolução da situação-problema.

Durante a resolução das situações-problema, a turma apresentou um bom comportamento, todos os participantes se mostraram preocupados com a resolução dos problemas. A consulta intergrupos não foi permitida, embora em determinado momento um estudante de

um grupo se sentou próximo a um outro, mas o assunto em questão não era relativo à atividade.

O primeiro grupo entregou as situações-problema resolvidas em 22 minutos, enquanto que o último grupo a sair demorou 112 minutos para entregar os problemas resolvidos.

TURMA B

O primeiro encontro do professor-pesquisador com a turma ocorreu duas semanas antes da intervenção para obtenção dos dados deste trabalho de pesquisa. Pensando em evitar o pouco interesse pela falta de relação entre professor e alunos, o trabalho começou um pouco mais cedo, visando o estabelecimento de uma relação entre o pesquisador e os estudantes participantes da pesquisa. Desta maneira, procuramos estabelecer uma relação afetiva entre o professor-pesquisador e os estudantes, visando um funcionamento mais condizente com a teoria por trás das situações-problema.

Sendo assim, antes de abordar o conceito de isomeria utilizando a metodologia criada para este trabalho, por três vezes houve o encontro entre o pesquisador e o grupo de estudantes investigados – sendo duas aulas teóricas (ligação iônica e compostos de coordenação) e uma aula experimental (compostos de coordenação).

Durante o primeiro momento da intervenção, diferente do que ocorreu na turma A, os estudantes se mostraram deveras interessados no processo, com um índice de participação muito bom. A resolução do questionário foi bastante tranqüila, com alguns estudantes perguntando bastante ao professor-pesquisador, novamente temendo o erro, mas se sentindo bem mais a vontade com a presença do pesquisador em classe.

As situações-problema foram entregues junto com o material didático textual e mais uma vez não causaram forte impacto junto aos estudantes. Após a leitura individual, que durou cerca de meia hora, iniciamos a leitura coletiva, abordando, neste momento, a isomeria

constitucional. A proximidade com o horário final da aula finalizou a aula, uma vez que muitos estudantes precisavam ir embora devido ao horário do transporte coletivo.

No segundo e último momento da intervenção, concluímos a leitura coletiva do material e iniciamos o debate, seguido de alguns momentos de exposição e também a utilização dos modelos moleculares.

Desta vez o modelo que chamou mais atenção dos estudantes foi o **H.G.S. Molecular Structure Model Kit**. Os modelos moleculares chamaram menos atenção nesta segunda etapa da intervenção.

Durante a resolução das situações-problema, a turma apresentou um bom comportamento, mas devido ao elevado número de participantes, o barulho foi intenso. O primeiro grupo a terminar a resolução demorou 45 minutos para a resolução das mesmas, e o último grupo a terminar, o fez em 110 minutos.

3.3. Análise das Respostas às Situações-Problema

As duas situações-problema elaboradas (presentes na metodologia deste trabalho) foram entregues simultaneamente para os grupos, e estes respondiam as duas sem distinção de momentos.

Analisaremos os dados das duas turmas em separado, observando se conseguiram superar os obstáculos, e de que maneira lidaram com as situações-problema.

TURMA A

A turma A foi dividida em quatro grupos para a atividade de resolução das situações-problema:

→ Grupo 01

Durante a resolução da situação-problema, o grupo 01 mostrou bastante interesse na atividade, discutindo intensamente entre si, buscando as soluções para os problemas lançados, no entanto, sem consultar nenhuma vez o professor-pesquisador. O material didático foi, durante todo o tempo, o único guia das ações do grupo, que após algum tempo, apresentou uma convergência para seguinte respostas:

Situação-Problema I: *“Embora os compostos apresentem a mesma fórmula molecular, suas conexões ao se arranjam são diferentes. Isso caracteriza a isomeria, mesma fórmula, mas o arranjo diferente. Isto é o que acontece no etanol e no metoximetano, ambos com C_2H_6O , mas um é um álcool e o outro é um éter. Uma isomeria constitucional”.*

Situação-Problema II: *“Além da fórmula molecular, o médico deveria ter fornecido o nome do composto. Pois poderá existir dois isômeros deste composto, fazendo com que o produto tenha características diferentes. Conclui-se o que ocorreu foi um outro composto com propriedades químicas diferentes, porém ele tem a mesma fórmula pois é um isômero”.*

As duas respostas apresentadas pelo grupo 01 se mostram coerentes. Os resultados esperados foram atingidos, com as situações-problema sendo respondidas de maneira a demonstrar que o conhecimento foi devidamente bem construído. O reconhecimento da isomeria constitucional na primeira situação-problema como a causa da diferença de propriedades entre os dois compostos veio de forma clara, apesar do texto um pouco confuso. Na segunda situação-problema, a existência de um possível isômero sem atividades anti-tumorais foi o motivo dado para a ineficiência de algumas amostras. O grupo apresentou uma solução para o erro, informando que o médico, além da fórmula molecular, o nome do composto, podendo então, com essa especificidade, não ocorrer erro relativo a qual composto deveria ser enviado.

→ Grupo 02

O grupo 02 se caracterizou por duas observações, uma feita durante a resolução das situações-problema – foi o grupo mais barulhento, mais enérgico nas discussões – e outra feita a posteriori, no momento de análise das respostas fornecidas – foi o único grupo desta etapa de intervenção a arriscar explicitar as conexões existentes entre os átomos no composto da primeira situação-problema. As respostas dadas pelo grupo convergiram para os seguintes textos:

Situação-Problema I: *“A única explicação viável é o fenômeno da isomeria, descoberto um pouco mais tarde. As substâncias descobertas são iguais nas formulas químicas, contudo esses compostos iônicos se arranjam de formas diferentes”.*

A figura 15 mostra o desenho feito pelo grupo visando elucidar as conexões presentes na estrutura dos compostos isoméricos de fórmula molecular AgCNO.



Figura 14: Estruturas para o AgCNO sugeridas pelos estudantes do grupo 02.

Situação-Problema II: *“O médico designou no fax a substância como sendo [Pt(NH₃)₂Cl₂], dicloreto de aminoplatina, porém, composto apresenta um isômero (...). Então, partindo do pressuposto que o médico pediu apenas amostra do cis-dicloro aminoplatina, logo, as amostras do trans-dicloroaminoplatina não são eficientes no tratamento de doença”*

A figura 15 mostra o desenho feito pelos estudantes deste grupo acerca da isomeria apresentada no composto Pt(NH₃)₂Cl₂:

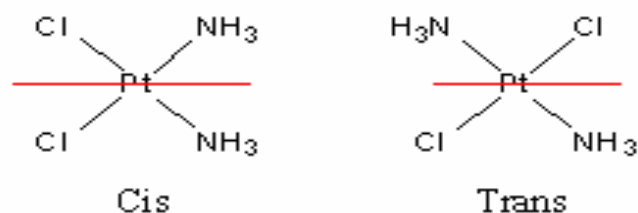


Figura 15: Estruturas para o $Pt(NH_3)_2Cl_2$ sugeridas pelos estudantes do grupo 02.

As respostas apresentadas pelo grupo 02 também foram bastante coerentes e bem satisfatórias, visto que, usando desenhos, conseguiram até mostrar as diferenças entre os isômeros envolvidos nos problemas, com preocupação até na questão espacial (as linhas da figura 15, sobre a representação do átomo de platina). Na primeira situação-problema, embora as estruturas sugeridas não estejam corretas, mostram a existência do grupo cianato em um dos compostos, e do grupo isocianato em outro.

→ Grupo 03

O grupo 03 apresentou pouca interação entre seus componentes, e por muitas vezes, tentou recorrer ao professor. Aparentemente, foi o grupo que menos se mostrou motivado a resolução das situações-problema. Houve convergência em direção as seguintes respostas:

Situação-Problema I: “A fórmula molecular dos compostos é a mesma, o que diferencia é a seqüência em que os átomos se ligam, esses compostos são chamados de isômeros constitucionais (fórmulas iguais em estruturas diferentes)”.

Situação-Problema II: “Para o composto de fórmula molecular $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ existe mais de uma estrutura, possuindo assim isômeros, com isso as propriedades das substâncias formadas se diferenciaram, já que os átomos estavam dispostos de forma diferentes Para não haver o erro, o hospital devia ter enviado em anexo a fórmula molecular do composto o nome do composto pedido”.

Na resposta da segunda situação-problema, surge novamente a sugestão de envio do nome do composto, além da fórmula molecular, na tentativa de evitar o erro. Mostra-se bastante claro para os estudantes deste grupo que as amostras sem propriedades anti-tumorais são, na verdade, isômero da molécula indicada para este tratamento. Na primeira situação-problema, os grupo mostra entender, quando duas substâncias apresentarem fórmula (molecular) iguais, mas estruturas diferentes, apresentam o fenômeno chamado de isomeria constitucional – ou seja, considera constitucional qualquer tipo de isomeria, pela definição do conceito.

Grupo 04

Talvez o grupo que encarou com mais seriedade a resolução das situações-problema. Sempre sérios e compenetrados, buscaram por algumas vezes o auxílio do professor-pesquisador, que interagiu de maneira a incentivar a pesquisa acerca das perguntas no material didático e no que foi discutido no momento de debate. Eis as respostas que representam este grupo:

Situação-Problema I: *“São dois compostos que tem a mesma estrutura e forma e propriedades químicas e físicas diferentes, sendo este composto isômeros tendo um arranjo molecular diferente. Chegando a uma conclusão que para mesma fórmula molecular existem vários compostos diferentes”.*

Situação-Problema II: *“Um pode ter uma eficácia no combate ao tumor e o outro não combate, mesmo tendo a mesma fórmula molecular, porém, suas propriedades físicas e químicas são distintas”.*

Apesar da dificuldade de interpretar os textos, as situações-problema foram respondidas de forma bem coerente, com os pontos buscados sendo contemplados. Na resolução da situação-problema número 02, esboçaram um desenho semelhante a figura 16, visando elucidar as diferentes estruturas do composto usado nesta situação.

Em síntese, todos os grupos nesta primeira etapa da intervenção forneceram respostas válidas e coerentes acerca das situações-problema. Esses resultados ajudam a fortalecer a metodologia deste trabalho.

Todos os grupos da turma A conseguiram realizar as operações mentais necessárias para garantir o sucesso na superação do obstáculo. O bom relacionamento dos grupos e as respostas coerentes entre os integrantes dos grupos mostram que as operações mentais principais tratadas por Meirieu surgiram durante o processo de resolução das tarefas.

TURMA B

A turma B foi dividida em nove grupos para a atividade de resolução das situações-problema. Por ser uma turma bem mais numerosa e aspectos disciplinares mais complicados, a análise individual do comportamento de cada grupo durante a aplicação não foi possível, visto a quantidade de perdas observadas no processo, por isso, faremos apenas um resumo do comportamento geral da turma durante a resolução das situações-problema.

Os estudantes da turma B procuraram mais a ajuda do professor-pesquisador, que teve postura semelhante à postura anterior, agindo apenas como mediador do processo e, por vezes, motivador da turma. O barulho na sala era grande, mas não existiram reclamações. A grande maioria dos estudantes se mostrou interessados na atividade, mas, diferente do que ocorreu na outra turma, alguns estudantes compareceram ao momento de resolução das situações-problema e nada fizeram, apenas observavam outros estudantes trabalharem na resolução das situações.

Grupo 05

Situação-Problema I: *“Ambos os compostos apresentam os mesmos elementos químicos, as mesmas quantidades, mas eles são diferentes em propriedades, isso se dá porque as posições dos átomos são diferentes. Compostos desse tipo são chamados de isômeros. O*

composto descoberto por Liebig e por Wöhler, apresentavam nomes diferentes isocianato de prata e cianato de prata respectivamente.”.

Situação-Problema II: *“O que ocorreu foi que a estrutura do composto $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ é diferente, logo ele apresenta propriedades diferente ”.*

A primeira situação-problema foi respondida de maneira pouco satisfatória, uma vez que, além de confuso, o texto não comenta sobre o tipo de isomeria existente, como vários outros grupos fizeram. Com relação a situação-problema II, o texto parece incompleto, não contemplando o que se esperava – a elucidação do problema usando o conceito de isomeria para explicar a diferença de atividade entre os compostos enviados.

Grupo 06

Situação-Problema I: *“Bom, eu diria que os compostos (de prata que Liebig e Wohler enviaram para posterior publicação), são isômeros, pois apresentam mesma fórmula molecular, porém apresentam estruturas e conseqüentemente propriedades diferentes”.*

Situação-Problema II: *“A isomeria é um fenômeno que está relacionado diretamente a fórmula molecular de seus compostos. No entanto esse fenômeno ocorre quando dois compostos químicos tem a mesma fórmula molecular. Em se tratando principalmente de medicamento a fórmula molecular para identificar um composto não é suficiente, pois os átomos podem conectar-se de maneira diferente, como no caso do etanol e metoximetano”.*

A primeira situação-problema, mais uma vez, apresentou uma resposta pouco satisfatória, pelos motivos já descritos – pouco detalhamento acerca do que faz os dois compostos serem tão diferentes, tendo os mesmos tipos de átomo, em mesmas quantidades. A resposta dada a situação-problema II não contempla o objetivo da situação-problema, que é a aprendizagem a partir da superação do obstáculo – pois trata-se apenas de uma enfeitada definição de isomeria.

Grupo 07

Situação-Problema I: *“Os compostos obtidos por Liebig e Wöhler são isômeros constitucionais, ou seja, apresentam mesma fórmula molecular, mas por seus átomos estarem ligados entre si de modo diferente, eles tem propriedades químicas e físicas diferentes”.*

Situação-Problema II: *“O Composto deve apresentar isomeria cis-trans. Sendo um deles eficiente no tratamento da doença. Um caso semelhante podemos observar com a talidomida usada por mulheres grávidas para combater o enjôo, mas que uma das suas formas provoca deformação no feto. Hoje a talidomida está proibida”.*

O grupo mostrou uma ilustração semelhante a figura 15 na resolução da situação-problema II. As respostas às duas situações-problema foram bastante interessantes, tendo este grupo se destacado entre os demais pela organização das idéias e por ter conseguido, embora que com alguns problemas, contemplar o esperado nas duas situações.

Destaque para a analogia do problema enfrentado pelo diretor-médico do hospital em questão com a grave tragédia da talidomida – uma relação entre as diferenças entre isômeros cis e trans na química inorgânica (na situação-problema) e química orgânica (talidomida).

Grupo 08

Situação-Problema I: *“Como os compostos possuem a mesma fórmula molecular, porem os arranjos dos átomos são diferentes, logos os compostos são diferentes e apresentam estabilidades diferentes e funções diferentes”.*

Situação-Problema II: *“Como não foi citado o nome da substância, o composto assumiu isomeria diferente, das quais uma reagiu e outra não”.*

Apesar do texto confuso, as respostas mostram que um pouco do objetivo foi alcançado – o grupo soube identificar a isomeria entre os compostos, mas não citou o tipo de isomeria e colocou outras informações não-reais, tais como: estabilidade e grupos funcionais. A segunda situação-problema apresentou uma resposta também pouco satisfatória – frases como “assumi isomeria diferente” e “uma reagiu e outra não” mostram que o entendimento acerca do conceito de isomeria ainda está um pouco distante do ideal.

Grupo 09

Situação-Problema I: *“Os compostos, tanto de Liebig quanto de Wöhler, tinha a mesma fórmula, porém os átomos não estavam ligados diferentemente um dos outros, diferenciando-se assim as propriedades de ambos”.*

Situação-Problema II: *“Pode ter ocorrido o envio de isômeros de polimerização, isto é, compostos com mesma fórmula mínima, mas diferente na proporção atômica, já que nem todas as amostras se mostraram eficientes”.*

A resposta a primeira situação-problema deste grupo é contraditória, pois ao afirmar que eles tinham a mesma fórmula e que não estavam ligados diferentemente, afirmam que se tratava do mesmo composto. Na segunda situação-problema o grupo conseguiu identificar a isomeria como fenômeno que causara o problema, mas caíram com suas suspeitas sobre a isomeria de polimerização, uns casos particulares da isomeria constitucional de compostos de coordenação. As respostas deste grupo não caracterizam aprendizagem dos conceitos de isomeria.

Grupo 10

Situação-Problema I: *“Como o AgCNO gera um composto chamado cianato de prata e outro de isocianato de prata, é percebido a existência de isômeros. Essa diferença é explicada estruturalmente pela diferente disposição dos seus elementos no espaço”.*

Situação-Problema II: *“O complexo de Platina apresenta isômeros, podendo estar na forma cis ou na forma trans. Como não houve a informação de qual tipo de isômero era necessário, ocorreu essa ineficiência do medicamento em algumas amostras do tratamento. Como o complexo de platina na forma cis é que se encontra em medicamentos anti-tumorais para a terapia, como o “vancel”, devem ter enviado amostras na forma trans deste complexo, o que causou sua ineficiência”.*

Existe falha nos conceitos na primeira resposta (como: AgCNO gera um composto...), mas o grupo reconheceu a isomeria como explicação as situação, ainda revelando as diferenças em relação a disposição dos seus elementos no espaço. A resposta da segunda situação-problema foi bastante completa, sugerindo inclusive qual dos dois isômeros da cisplatina apresenta atividade anti-tumoral e informando até o nome comercial de medicamentos quimioterápicos. O grupo atingiu o objetivo.

Grupo 11

Situação-Problema I: *“Pensando na estrutura dos compostos, tentaria explicar tal “isomeria” de acordo com a posição das ligações, entre meus elementos. De posse das formulas estruturais, perceberia as diferentes posições dos meus elementos em ambas as moléculas, que conferiria a cada uma delas propriedades físicas e químicas diferentes”.*

Situação-Problema II: *“A fórmula molecular, apenas ela, não é uma informação precisa e completa para os fins do médico. O fato de algumas terem dado certa e outras não está relacionado a maneira como meus átomos estão dispostos na minha molécula. Devido a esse arranjo, quando em contato com as células tumorais, atuam de forma mais ou menos eficiente”.*

As respostas desse grupo foram bastante interessantes e cumprem o objetivo da superação do obstáculo, visto que resolvem com coerência a situação problematizada. A única observação a ser feita é a falta de tentativa em nomear os casos de isomeria, supressão que pode ter surgido por temeridade ao erro.

Grupo 12

Situação-Problema I: *“Essas diferentes estruturas eram naquele momento o foco de todas as respostas. Pois com estruturas diferentes, obviamente teriam propriedades totalmente diferentes apesar de possuírem os mesmos elementos químicos. Outro fator importante a serem observados nessa estrutura são suas ligações químicas que iam ter uma forte influencia nesta caracterização”.*

Situação-Problema II: *“Na verdade faltou especificidade por parte do médico, pois o composto apresenta uma forma cis e outra forma trans, uma delas teve a eficiência maior provavelmente a que se identificava com uma atração com a água (pelo fato do tumor ser rico em água)”.*

A primeira resposta se mostra interessante pelo levantamento da influência das ligações, ou seja, das formas de conexão entre os átomos, que estão relacionadas às propriedades químicas dos compostos. Não foi usada em nenhum momento a palavra isomeria, embora o conceito de isomeria esteja claro na resposta. A segunda situação-problema foi devidamente bem resolvida, mencionando a falta de especificidade em determinar qual dos isômeros do composto seria o solicitado. Como adendo, buscou uma explicação para a ação medicinal de apenas um dos isômeros.

Grupo 13

Situação-Problema I: *“Se tratando de estrutura, pode-se dizer que o composto é isômero constitucional porque pode diferir na posição de um dos heteroátomos contidos no composto ressaltando uma grande diferença no arranjo das moléculas que apresentam propriedades diferentes”.*

Situação-Problema II: *“O composto enviado pelo laboratório tem uma estrutura isômera do tipo cis e trans, o que pode ter ocorrido é que uma dos isômeros, por exemplo, o cis*

apresenta atividade compatível com o da doença, fazendo com que essa estrutura expressasse algumas propriedades físico-químicas”.

Apesar da dificuldade de interpretar os textos, bastante confusos e usando algumas definições da química de modo equivocado, o grupo 13 atingiu o objetivo, pois reconheceu o problema da isomeria na primeira situação-problema, inclusive sugerindo que tipo de isomeria ocorreria e também soube como evitar o problema no envio dos medicamentos na segunda situação-problema. Pela análise, o obstáculo a aprendizagem foi superado por este grupo.

A análise geral das respostas das situações-problema mostra certa equivalência na maneira de pensar e na forma de agir buscando a superação do obstáculo e possibilitando a aprendizagem.

Algo notório em quase todas as respostas é a má aplicação de várias das definições e conceitos químicos. Se por um lado o problema parece grave, o fato de serem estudantes ainda no início da graduação sugere que o crescimento da estrutura cognitiva e desenvolvimento deles durante o curso possivelmente cuidarão de sanar esses problemas.

A turma B apresentou um caráter mais heterogêneo, com alguns grupos não conseguindo transpor o obstáculo de maneira satisfatória. Conforme mencionou Meirieu (1998), é natural a tentativa de resolver o problema sem transpor o obstáculo de maneira adequada, evitando a aprendizagem. Alguns grupos, como o grupo 05 e o grupo 06 não conseguiram bons resultados na resolução das tarefas, embora tenham desenvolvido bem operações mentais (MEIRIEU, 1998) como, por exemplo, a dedução – uma vez que existiu um trabalho em grupo de qualidade, com diversos pontos de vista convergindo para uma única resposta – e dialética – evidenciada pela utilização de algumas leis e teorias existentes para fundamentar suas respostas.

3.4. Análise das Respostas à Entrevista Semi-estruturada

Foram escolhidos, de acordo com a disponibilidade e interesse em participar da pesquisa, seis dos estudantes que participaram da intervenção, sendo três da turma A e três da turma B, para a etapa final da obtenção dos dados, a entrevista semi-estruturada.

Os estudantes são aqui chamados de **Blondie, Orange, White, Pink, Blue e Brown**. Desses, Blondie, Blue e Brown pertenciam a turma A, enquanto Orange, White e Pink pertenciam a turma B.

Os dados obtidos nessa etapa do processo metodológico visavam reconhecer o nível de dificuldade dos estudantes selecionados no entendimento do conceito de isomeria, levantar a opinião dos mesmos sobre a metodologia de trabalho em grupo e entender de que maneira os materiais didáticos (texto criado e modelos moleculares) ajudaram no entendimento do conceito.

No entanto, o principal objetivo dessa entrevista é garantir, embora que para apenas uma pequena amostra dos estudantes envolvidos, um momento de retorno à situação-problema.

Etapa 1: Mostrar a ficha com suas respostas aos problemas, dando um tempo para ele ler as questões e suas respostas.

Todos os entrevistados passaram bastante tempo observando suas respostas. Alguns fizeram comentários, como: “Eu escrevi isso? Nossa!” e “Eita, nem lembrava disso”.

Etapa 2: Sondagem, dando nota de 0 até 10 em relação ao nível de dificuldade do conteúdo isomeria. Justifique.

De maneira geral, os seis entrevistados classificaram isomeria como um conteúdo fácil, que só se torna complicado, certas vezes, quando envolvem os compostos de coordenação.

A tabela 9 resume as respostas nesta etapa:

Tabela 9
O Nível de dificuldade do conteúdo de Isomeria

ENTREVISTADO	NOTA (0 – 10)	JUSTIFICATIVAS
Blondie	2 ou 3	“Eu acho fácil, não tenho dificuldades, porque isomeria é uma coisa decorativa, não dá trabalho”.
Brown	Entre 3 e 4	“A pouca dificuldade que tive foi nas novidades, na isomeria em compostos inorgânicos, principalmente em isomeria fac-mer”.
Blue	1	“Simples, dificuldade quase nenhuma. Acho simples porque não exige conhecimento matemático”.
White	5 (depois sobe pra 8)	“Do que eu lembro, sinto dificuldade naquela parte de tautomeria. Quando envolve a parte inorgânica, ai complica”.
Orange	7	“O assunto cria uma bola de neve, vai dificultando, dificultando, e cria toda a complexidade do assunto”.
Pink	4	“Porque, assim, eu dei quatro porque eu não domino o assunto ainda em nível de terceiro grau. E também tenho dificuldade em visualizar em 3D quando está no plano”.

**Pergunta 1: Sobre isomeria em compostos orgânicos, o que foi apresentado de novo?
E com relação aos compostos Inorgânicos?**

Blondie afirmou que na parte da isomeria de compostos orgânicos não houve grandes novidades, mas que no estudo da isomeria em compostos inorgânicos a novidade foi grande, pois ele não fazia idéia de que existia isomeria nessa classe de compostos.

Brown disse que todo o conhecimento discutido acerca da isomeria aplicada a compostos de coordenação foi novidade. Com relação ao discutido sobre isomeria dos compostos orgânicos, mencionou uma nomenclatura nova pra ele, mas que não conseguiu recordar de forma alguma.

Blue afirma que a única novidade apresentada na parte de química orgânica foi a questão histórica, pois o surgimento do conceito de isomeria era um mistério para ele. Na parte inorgânica, as novidades, segundo ele, ficaram por conta da isomeria fac e mer, ao qual ele não tinha conhecimento.

White parece não lembrar de muita coisa da intervenção no início da discussão. Depois de um tempo, apenas lembrou da menção ao composto cisplatina na aula.

Orange disse que a parte orgânica foi usada como introdução. Com relação a química inorgânica, tudo foi novo.

Pink disse que apenas a parte inorgânica do conteúdo abordado houve novidades. A parte orgânica, desde o ensino médio não é mistério para ele.

Etapa 3: Trazer a questão espacial da isomeria, bem como o entendimento do fenômeno por parte desse aluno e dos colegas.

O momento parece ter chamado a atenção de quase todos, que comentaram a dificuldade em visualizar em três dimensões as figuras representadas no plano.

Pergunta 2: Da que maneira os materiais utilizados (material escrito e modelos moleculares) o ajudaram no entendimento de isomeria dos compostos de coordenação?

A análise da utilização dos materiais didáticos está resumida na tabela 10, mostrada abaixo:

Tabela 10
Importância e Utilização dos Materiais Didáticos

ENTREVISTADO	MATERIAL DIDÁTICO TEXTUAL	MODELOS MOLECULARES
Blondie	O material foi bem elaborado e ajudou bastante na resolução dos problemas.	A visualização é complicada, o material 3D ajudou bastante a ver a estrutura dos compostos. Foi adequado.
Brown	O material foi interessante, pois trazia, além de todos os detalhes, o contexto histórico e aplicações do conteúdo.	Os modelos foram essenciais para a visualização dos compostos e três dimensões.
Blue	O material tinha uma linguagem palpável, acessível, uma comunicação mais interessante que a dos livros. Estudei por ele para as provas.	Os modelos espaciais facilitam mais você ver isomeria. Quanto mais formas de se ver o composto, melhor.
White	Serviu pra lembrar a parte de química orgânica.	Eu tenho problemas em visualização 3D, então os modelos me ajudaram bastante para ver as estruturas.
Orange	Pra mim, é muito importante um material para acompanhar a aula, pois alguns professores	Para falar de isomeria espacial, a gente tem que ter uma visão 3D, e sem essa visão, não conseguimos

	não dão nem a ementa da disciplina.	entender muito do assunto.
Pink	Bom, cumpriu o objetivo e foi um bom resumo para estudar.	Muito importante, devido a dificuldade de visualização de estruturas 3D.

Etapa 4: Retomar as situações-problema utilizadas

A impressão que tive durante a retomada das situações-problema é que estas causam algum medo nos entrevistados. Apesar de muitos terem superado o obstáculo, as situações assustam por exigirem o pensamento na resolução do problema.

Pergunta 3: De que forma a resolução dos problemas contribuiu para a compreensão da isomeria dos compostos de coordenação?

White e Orange afirmam que qualquer matéria fica mais fácil quando se usa uma situação-problema. Orange cita a matemática, onde você desde novo utiliza frutas para contextualizar as operações de adição e subtração.

Pink comenta que o mundo microscópico e a visualização em três dimensões são muito viajadas, e a contextualização, como na situação-problema 02, trás pra realidade, para o cotidiano, a aplicação do conteúdo.

Pergunta 4: Baseado na sua resposta na situação-problema 02, terias como propor uma forma de explicar porque só um dos isômeros se mostrou eficiente?

Alguns dos entrevistados afirmam não estar em condições de tentar explicar (Pink, White e Blondie).

Blue tentou explicar usando conceitos como massa molecular, nuvem eletrônica e “peso do elétron”.

Brown afirma que a diferença é estrutural. “Deve ser pela proximidade do cloro com o outro cloro no cis, talvez isso, mas eu não consigo explicar porque”.

A resposta mais interessante foi dada por Orange:

“Por causa da formação molecular. Por que você vai explicar, um é o cis e o outro é o trans, então estão em posições diferentes, um funcionaria por estar nessa posição e o outro faria uma ligação diferente dos outros elementos da molécula, porque ele é um medicamento. Porque ele sendo um medicamento, ele pode se ligar ao corpo, e se tivesse outra ligação, não teria o efeito”.

Pergunta 5: O trabalho de resolução de problemas que usamos foi em grupo. Você acha uma boa metodologia ou seria melhor o trabalho individual? Por quê?

Todos os entrevistados destacaram a metodologia de trabalho em grupo como a ideal, e que a resolução das situações-problema foi muito mais tranquila e proveitosa do que se o trabalho fosse individual.

Os principais motivos para a predileção do trabalho em grupo em detrimento ao trabalho individual, eles citaram: facilidade de comunicação e ajuda mútua, convergência de pensamentos, interações sociais maximizadas.

Um pensamento bastante citado, sendo lembrado por quase todos os entrevistados, foi o de que duas cabeças pensam melhor que uma.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da estratégia didática de resolução de situações-problema mostrou-se bastante eficaz quando aplicada em nossa pesquisa no ensino superior de química, pois além de colocar o aluno como construtor do seu próprio conhecimento, através da mediação, o conflito com o obstáculo da aprendizagem estimula o raciocínio aplicado e a contextualização transfere o foco do conhecimento do meio científico, onde tudo é ideal, para a realidade.

As respostas ao questionário mostraram uma visão limitada do conhecimento do conceito de isomeria. Muitos relacionam a isomeria apenas a química orgânica, fruto da fragmentação e das supressões existentes no ensino de química em nível médio. A dificuldade em responder as questões que nortearam a produção das situações-problemas sugere um problema de contextualização dos conteúdos, que pode ser resolvido por uma modificação nas estratégias de ensino – uma atenção maior na parte histórico-filosófica ou educacional pode ser de grande ajuda nesse momento..

A escolha do tema isomeria parece ter sido bastante acertada. Com a dificuldade quase comum a todos os estudantes participantes da pesquisa em visualização em três dimensões das moléculas, o material didático textual desenvolvido durante o procedimento metodológico deste trabalho, assim como os modelos moleculares comerciais usados durante a intervenção se mostraram importantes complementos para que fosse possibilitado ao estudante investigado a resolução da situação-problema. Fica então como sugestão a continuidade na utilização destes materiais nas aulas de isomeria da disciplina Química Inorgânica, oferecido na licenciatura em química da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Os estudantes da turma A, pelas características gerais da turma, se mostraram mais homogêneos dentro da classe, fornecendo respostas mais coerentes e semelhantes. A turma B era bastante heterogênea.

As situações-problema criadas se mostraram bastante úteis. As temáticas escolhidas – história da isomeria e aplicações anti-tumorais de compostos inorgânicos – causaram algum impacto nos estudantes, acostumados apenas com problemas envolvendo desenho de estruturas e cálculo de isômeros.

As sugestões de Meirieu (1998) para a construção de situações-problema foram utilizadas para a criação das mesmas neste trabalho e foram bastante eficientes, ajudando na criação e desenvolvimento das situações, que corresponderam bem ao que delas eram esperados.

Para o professor, a situação-problema pode ser uma potente estratégia didática, pois além de ser desenvolvido para fazer surgir o conflito cognitivo nos estudantes, o cuidado em sua formulação impede a transposição do obstáculo sem que ocorra a aprendizagem. No entanto, o trabalho com esse tipo de estratégia exige muito do profissional, visto que, tanto o processo de elaboração das situações-problema, como o momento da aplicação da mesma para resolução são bastante complicados, difíceis e cansativos.

A produção das situações-problema foi apenas uma entre várias etapas metodológicas de construção dos materiais utilizados na pesquisa.

Apesar de não ter sido tarefa simples a escolha dos modelos moleculares comerciais a serem utilizados na intervenção, nem a elaboração do questionário inicial e da entrevista semi-estruturada aplicada no momento final da obtenção dos dados, as etapas mais complexas no processo de construção dos materiais foram à elaboração do material didático e a construção das situações-problema. Essas etapas exigiram do professor-autor calma, dedicação, uma vasta gama de materiais conceituais e didáticos e ainda um bom poder de síntese e formulação de problemas.

Para a obtenção dos resultados coerentes com os objetivos, o questionário inicial e a entrevista semi-estruturada, primeira e última etapa da metodologia de trabalho cumpriram com suas funções. Apesar de limitações, esses dados podem contribuir para a construção de

novos conhecimentos relativos ao ensino e aprendizagem, bem como foram eficientes na ajuda pela elucidação e resposta ao meu problema de pesquisa.

Conforme Meirieu (1998), o desafio de ensinar é vencido se a estratégia utilizada apresentar as funções erótica, didática e emancipadora – o que corresponde com as observações, o que pode ser observado pelo desenvolvimento dos estudantes em transpor o obstáculo e realizar a tarefa, estando sempre interessados no processo e em busca do conhecimento a ser produzido.

A utilização de situação-problema como estratégia didática no ensino superior se mostrou bastante eficiente. Meirieu (1998) afirma que não é a utilização de situações-problema a única forma de aprender, mas que utilizando essa estratégia a aprendizagem pode ocorrer. E os resultados da nossa pesquisa mostram essa realidade.

Por fim, os bons resultados obtidos na superação dos obstáculos e solução das situações-problema mostram que metodologias alternativas, usando estratégias interessantes como situações-problema, projetos interdisciplinares, tecnologias da informação e comunicação, entre outras, modificam um pouco o ambiente clássico das salas de aula – que mesmo no ensino superior se resumem a quadro-negro e giz.

Alguns resultados merecem uma atenção especial. A confusão feita por um dos grupos entre os conceitos de isomeria e simetria parece ser bastante interessante e carrega uma potencialidade de continuidade desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. M. V. **Condições de Trabalho e de Formação do Magistério: Problemas e Alternativas da Licenciatura**. In: ALMEIDA, M. D. **Licenciatura – Coleção Pedagógica**, n. 4. Natal: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – EDUFRN, 2002.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia na prática escolar**. 2. ed. São Paulo: Editora Papirus, 1998.

ASTOLFI, J.P.; DEVELAY, M. **A didática das Ciências**. 10. ed. São Paulo: Papirus Editora, 2006.

BARBOSA, Luiz Cláudio de Almeida. **Introdução à Química Orgânica**. São Paulo: Editora da Universidade Federal de Viçosa (UFV)/Pearson Prentice Hall, 2004.

BARROS, M. A. M.; DIAS, M. C. L.; CONSTANTINO, E. S. C. L.; PEREIRA, I. C. B. **A visão dos Alunos de 8ª Série sobre a importância da história e filosofia da ciência (HFC) no processo Educacional**. In: XVI Encontro de Pesquisa Educacional do Norte Nordeste, 2003, São Cristóvão. Anais do XVI Encontro de Pesquisa Educacional do Norte Nordeste, 2003.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais par os Cursos de Química**. Brasília: Ministério da Educação – MEC, 2001

BRASIL. **Orientações curriculares Nacionais - OCN**. Brasília: Ministério da Educação – MEC, 2006.

CÂMARA DOS SANTOS, M. Algumas concepções sobre o ensino-aprendizagem em Matemática. **Educação Matemática em Revista**, São Paulo, . 12, São Paulo, 2002.

COLOSSI, N.; CONSENTINO, A.; QUEIROZ, E. G. Mudanças no Contexto do Ensino Superior no Brasil: Uma tendência ao Ensino Colaborativo. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 49-58, janeiro/junho de 2001.

CARVALHO, A. M. P. Reformas nas Licenciaturas: A Necessidade de uma Mudança de Paradigma mais do que de Mudança Curricular. **Em Aberto**, Brasília, v.12, n.54, pq. 51-63, abril/junho de 1992.

CARVALHO, A. M. P. A Influência das Mudanças da Legislação na Formação dos Professores: As 300 horas de Estágio Supervisionado. **Ciência e Educação**, São Paulo, v.7, n. 1, p. 113-122, 2001.

DIAS, C. **Pesquisa Qualitativa – Características Gerais e Referencias**. Artigo disponibilizado em meio eletrônico, maio, 2000.

FARIAS, R. F. **Para Gostar de Ler a História da Química III**. 1. ed. Campinas: Editora Átomo e Línea, 2005.

GIORDAN, M.; GÓIS, J.; TORI, R.; BIANCHINI, R.; MONTES, T.; CORREA, Y.; BERNARDES, J. Visualização de Objetos Moleculares: Interfaces de Ensino, Pesquisa e Extensão entre a Educação em Química e a Engenharia de Software. . In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMATICA NA EDUCAÇÃO, 2004: Manaus. **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Manaus, 2004.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração**, v. 35, n. 12, março de 1995.

LACERDA, C. C. **A Contribuição de uma Situação-problema na Construção dos Conceitos de Misturas e Substâncias**. Recife, 2008. 137 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

LEE, J. D. **Química Inorgânica não tão Concisa**. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 1999.

LOURENÇO, R. S.; PALMA, A. P. T. V. O Conflito cognitivo como princípio pedagógico no processo ensino-aprendizagem nas aulas de educação física. **Revista de Educação do Congeime**, v. 14, n. 27, p. 43 – 54, dezembro de 2005.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MAAR, J. H. Aspectos Históricos do Ensino Superior de Química. **Scientiae Studia**, São Paulo. v. 2, n 1, p. 33-84, 2004.

MACEDO, L. **Situação-problema: forma e recurso de avaliação, desenvolvimento de competências e aprendizagem escolar**. In: PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MACHADO, L. M.; MAIA, G. Z. A.; LABEGALINI, A. C. F. B. (Org.). **Pesquisa em Educação: Passo a Passo**. Marília-SP: Edições M₃T, 2007.

MAGALHÃES, F. O.; ALMEIDA, A. V. **Basilus Valentinus – A Carruagem Triunfal do Antimônio**. Recife: Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1999.

MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. et al. Geometria, simetria y química – un modelo de icosaedro hecho con popotes de plástico. **Educación Química**, México. v. 9, n.6, p. 341-345, novembro de 1998.

MERIEU, Philippe. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de minas gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**. v. 23, n.2, p. 273-283, março de 2000.

NUÑEZ, I. B.; MARUJO, M. P.; MARUJO, L. E. L.; DIAS, M. A. S. **O Uso de Situações-problema no Ensino de Ciências**. In: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: O Novo Ensino Médio**. Porto Alegre: Editora Sulina, 2004.

PEREIRA, J. E. D. **Formação de Professores – Pesquisas, representações e poder**. Belo Horizonte: Autentica Editora, 2000.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MARTINS, T. L. C. A Evolução da Química Computacional e sua Contribuição para a Educação em Química. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 9, n. 12. p. 13-22, julho/dezembro de 2008.

SANTOS, V. T. **Uma Abordagem sobre o Desenvolvimento de Competências com Professores(as) de Química do Ensino Médio**. Recife, 2003. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2003.

SANTOS, V. T.; ALMEIDAS, M. A. V.; CAMPOS, A. F. Concepções de professores de Química do Ensino Médio sobre a Resolução de Situações-problema. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 3. p. 25 – 37, setembro/dezembro de 2005.

SANTOS, D. M. **O Desenvolvimento de Competências dos(as) Professores(as) de Química no Trabalho com Situações-problema.** Recife, 2005. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.

SCHMITZ, C.; ALVES FILHO, J. P. Ilha de racionalidade e a situação-problema: O desafio inicial. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2005, Jaboticatubas: **Anais do IX Encontro nacional de Pesquisa em Ensino de Física.** Jaboticatubas, 2005.

SENISE, P. **Origem do Instituto de Química da USP – reminiscências e comentários.** 1. ed. São Paulo: Instituto de Química da USP, 2006.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

SILVA, F. R.; LIMA, A.A.; COSTA, R.Q.F.; GALHARDO, E. O Role Playing Game (RPG) como estimulador pedagógico e ferramenta de ensino. In: XIX ENCONTRO DE PSICOLOGIA DE ASSIS, 8, 2006, Assis. **Anais do XIX Encontro de Psicologia de Assis.** Assis, 2006.

SILVA, V. C. **Uma Reflexão sobre os Cursos de Licenciatura.** In: ALMEIDA, M. D. **Licenciatura – Coleção Pedagógica,** n. 4. Natal: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – EDUFRRN, 2002.

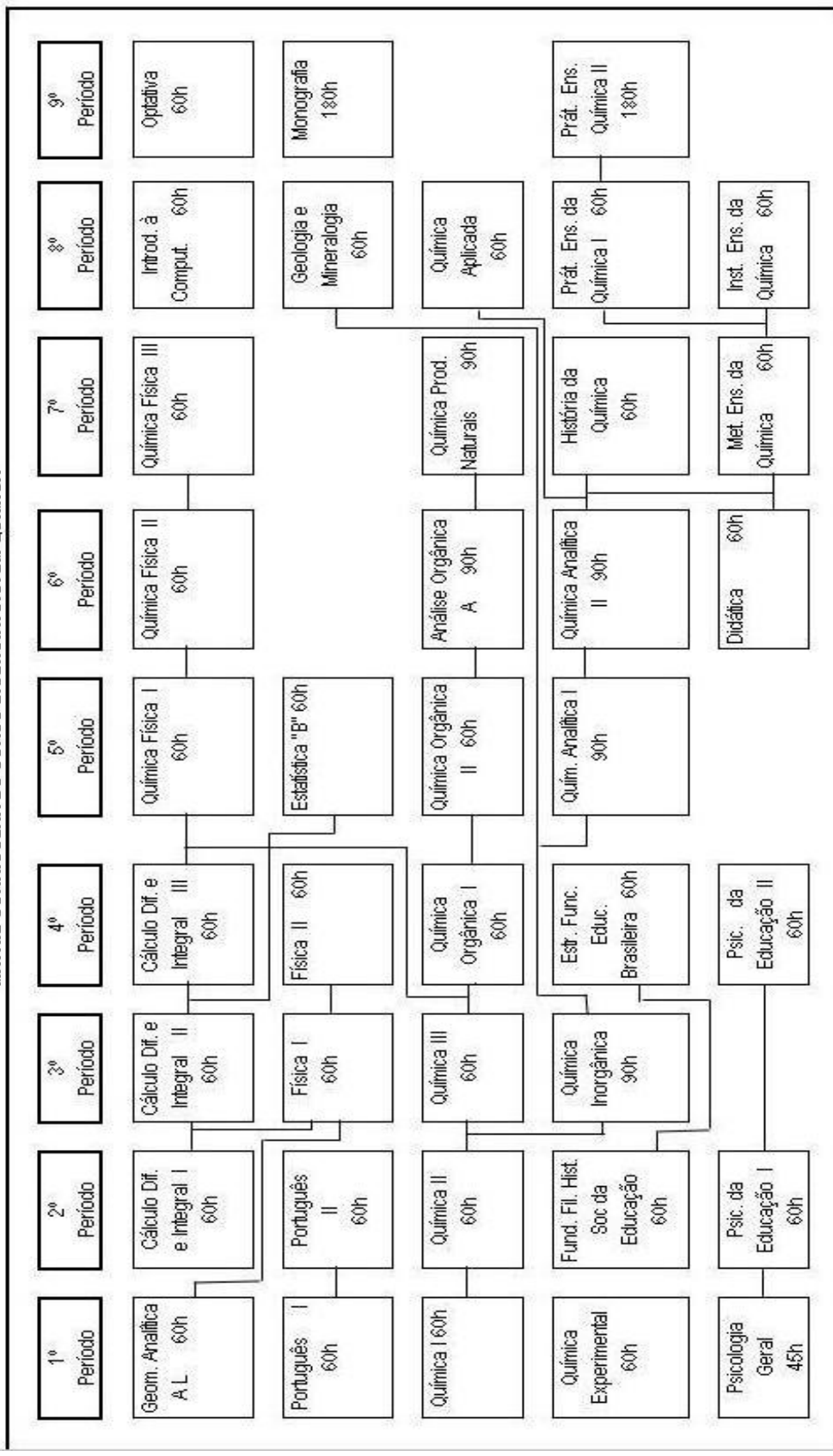
SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. **Química Orgânica.** Volume 1. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos – LTC, 2000.

VERAS, U. M. C. M.; LEÃO, M. B. C. O modelo Webquest Modificado. **Revista Iberoamericana de Educación,** v. 43, n. 3, p. 1 – 15, junho de 2007.

ANEXO

Matriz Curricular do Curso de Licenciatura em Química da UFRPE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
MATRIZ CURRICULAR DO CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA



APÊNDICES

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO – ISOMERIA

- 1. O que você entende por isomeria? Comente.**
- 2. A isomeria é um fenômeno exclusivo de compostos orgânicos? Justifique.**
- 3. Você conhece algum caso de isomeria aplicada a compostos inorgânicos? Se sim, fale um pouco sobre ele.**
- 4. O surgimento da isomeria data do século XIX, onde a química experimental teve bastante importância. Como você acha que a descoberta desse fenômeno modificou a forma de pensar dos químicos?**
- 5. Alguns compostos inorgânicos podem ser usados como medicamentos, no tratamento de doenças, tais como o câncer. O conhecimento químico sobre isomeria é importante para esse tipo de desenvolvimento? Comente.**

APÊNDICE II

ISOMERIA

QUESTÃO 01: HISTÓRIA DA ISOMERIA

As origens do estudo químico da isomeria remetem ao século XVIII, quando dois grandes cientistas da época, os alemães Liebig e Wöhler enviam, independentemente, artigos relatando a descoberta de determinado composto de prata (AgCNO) para publicação. Porém, o editor nota que apesar da mesma fórmula proposta nos dois artigos, as propriedades citadas eram bem diferentes. Pensando na estrutura dos compostos, qual explicação você daria?

QUESTÃO 02: QUÍMICA INORGÂNICA MEDICINAL

Para o tratamento anti-tumoral em pacientes em estado inicial, o diretor-médico de um importante hospital da região metropolitana do Recife faz um pedido de determinada substância a um laboratório químico da região, expressando no fax enviado apenas a fórmula “molecular” do composto: $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$. O envio do produto químico foi feito, mas apenas algumas amostras se mostraram eficientes no tratamento da doença. O que pode ter ocorrido?

APÊNDICE III

ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA SITUAÇÕES-PROBLEMA

1. Mostrar a ficha com suas respostas aos problemas, dando um tempo para ele ler as questões e suas respostas.
2. Sondagem, dando nota de 0 até 10 em relação ao nível de dificuldade do conteúdo isomeria. Justifique.

Pergunta 1: Sobre isomeria em compostos orgânicos, o que foi apresentado de novo? E com relação aos compostos Inorgânicos?

3. Trazer a questão espacial da isomeria, bem como o entendimento do fenômeno por parte desse aluno e dos colegas.

Pergunta 2: Da que maneira os materiais utilizados (material escrito e modelos moleculares) o ajudaram no entendimento de isomeria dos compostos de coordenação?

4. Retomar as situações-problema utilizadas

Pergunta 3: De que forma a resolução dos problemas contribuiu para a compreensão da isomeria dos compostos de coordenação?

Pergunta 4: Baseado na sua resposta na situação-problema 02, terias como propor uma forma de explicar porque só um dos isômeros se mostrou eficiente?

Pergunta 5: O trabalho de resolução de problemas que usamos foi em grupo. Você acha uma boa metodologia ou seria melhor o trabalho individual? Por que?

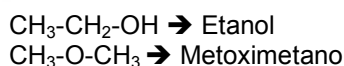
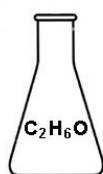
APÊNDICE IV

MATERIA DIDÁTICO TEXTUAL

ISOMERIA

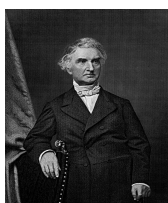
José Euzébio Simões Neto

Quando dois compostos químicos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular, mas são diferentes entre si, apresentando propriedades químicas distintas, são chamados isômeros. É o caso dos compostos orgânicos **etanol** e **metoximetano**. Os dois compostos apresentam a mesma fórmula molecular (C_2H_6O), porém, a forma de conexão entre os átomos é diferente, caracterizando o fenômeno chamado isomeria.



No recipiente acima, por exemplo, o conteúdo não é devidamente rotulado. Podemos ter tanto o etanol, um álcool, quanto o metoximetano ou éter metílico, um éter – ou seja, compostos bem diferentes.

Os estudos relativos à isomeria são bem mais comuns, principalmente nas etapas iniciais do ensino da química, relacionando compostos orgânicos. Porém, isomeria começa quando o químico alemão Justus Von Liebig (1803-1873) envia para publicação em uma revista especializada cujo editor era J. J. Berzelius (1779-1848), um artigo tratando da descoberta de um composto explosivo de fórmula $AgCNO$ – um sal inorgânico.



Liebig



Wöhler



Berzelius

O atento Berzelius, instantaneamente lembra de já ter visto essa fórmula e, olhando nos arquivos, encontra um artigo enviado por Friederich Wöhler (1800-1882), informando

sobre a descoberta de um composto novo, de fórmula molecular... **$AgCNO$** .

Após investigações detalhadas e algumas cartas trocadas, Berzelius teve certeza da veracidade das duas descobertas, e pela primeira vez observou que, para a mesma fórmula molecular, poderiam existir mais de um composto, com propriedades diferentes. O composto descoberto por Liebig é hoje conhecido como isocianato de prata. O composto de Wöhler é chamado cianato de prata. São diferentes em propriedades e estrutura, no entanto, apresentam os mesmos elementos químicos, em mesmas quantidades.

VIDA DE CIENTISTA

JÖNS JAKOB BERZELIUS

Nasceu em Linköping, Suécia, em agosto de 1779 e morreu em 07 de Agosto de 1848, em Estocolmo, Suécia. É considerado um dos fundadores da Química Moderna.

Berzelius determinou a composição elementar de diversos compostos, assim como a massa de 43 elementos (com valores próximos dos atualmente aceitos). Desenvolveu também trabalhos em catálise e a idéia básica de íons e compostos iônicos.



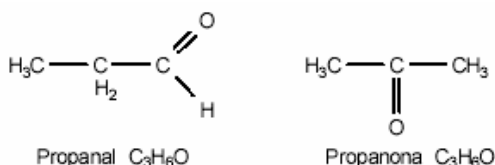
Berzelius

Um dos maiores trabalhos de Berzelius foi o tradicional sistema de símbolos dos elementos químicos. Os elementos foram representados por radicais latinos.

Temos dois grandes grupos de isômeros, de acordo com a necessidade de uma visão espacial ou não para observar o fenômeno: **Constitucional** e **Estereoisomeria**. Abordaremos isomeria de forma não fragmentada, abrangendo compostos orgânicos e inorgânicos.

ISOMERIA CONSTITUCIONAL

Isômeros constitucionais são compostos que tem a mesma fórmula molecular, mas, por suas formulas estruturais, fica evidente que as seqüências em que os átomos estão ligados entre si são diferentes.



O Propanal é um aldeído, enquanto a propanona é uma cetona. São compostos de funções orgânicas diferentes, apresentando propriedades diferentes, mas possuem a mesma fórmula molecular, C₃H₆O, sendo, portanto, isômeros constitucionais.

Na química orgânica existe uma subdivisão da isomeria constitucional em: isomeria de função, de cadeia e de posição. No entanto, esta tipologia não deve ser utilizada, pois não é recomendada pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada).

Na química inorgânica, existe uma tipologia para isômeros constitucionais, proposta por Alfred Werner (1866-1919).

VIDA DE CIENTISTA

ALFRED WERNER

Químico Suíço nascido em Mulhouse em 12 de Dezembro de 1866 e falecido em Zurique, no dia 15 de novembro de 1919.

Estudou em Karlsruhe, Zurique e Paris, e ensinou química orgânica em Zurique, a partir de 1895. Uma de suas obras mais valiosas refere-se a estereoquímica dos compostos de nitrogênio, ou seja, a disposição espacial dessa classe de compostos.

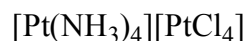
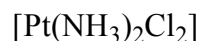


Werner

Em 1893 enunciou a teoria da coordenação ou das valências residuais, graças à qual vieram a descobrir-se os isômeros de muitas combinações metálicas. Recebeu o prêmio Nobel da Química em 1913.

1. Isomeria de Polimerização

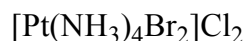
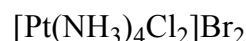
Apresentam a mesma fórmula empírica, mais diferem nas fórmulas estruturais, não sendo, a rigor, isômeros.



Note que os dois compostos apresentam a mesma composição mínima – Pt(NH)Cl, sendo diferente apenas as atomicidades de cada elemento químico.

2. Isomeria de Ionização

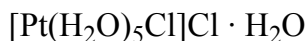
Relacionada à troca de posição entre os íons da primeira esfera de coordenação com os da segunda esfera.



Nos primeiro exemplo o cloro está na primeira esfera (complexado) e o bromo está na segunda esfera de coordenação. O segundo exemplo mostra o caso contrário.

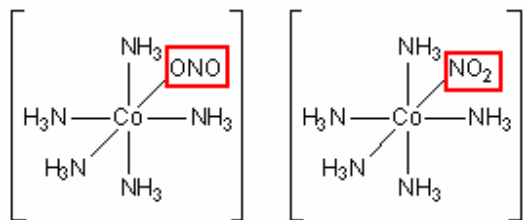
3. Isomeria de Hidratação

Como o nome já diz, está relacionada com a água. Troca de um íon da segunda esfera de coordenação por molécula de água na primeira esfera, que passa a ser uma molécula de hidratação.



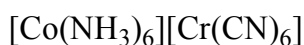
4. Isomeria de Ligação

Alguns ligantes possuem mais de um átomo em condições de coordenação. No exemplo dado abaixo – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2]^{2+}$ – O ligante NO_2^- pode ser complexado a partir de dois átomos: nitrogênio ou oxigênio. Observe na figura:



5. Isomeria de Coordenação

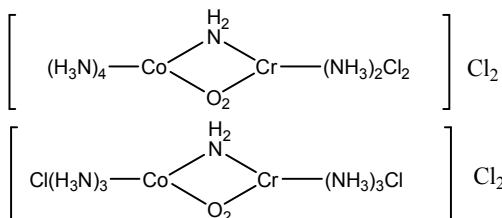
Quando tanto o cátion quanto o ânion são íons complexos, pode existir troca de ligantes entre eles.



É fácil observar que no primeiro composto os ligantes houve uma troca de ligantes entre os íons dos íons complexos.

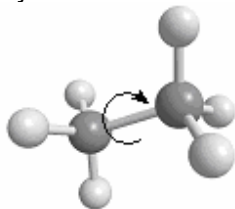
6. Isomeria de Posição

Para complexos polinucleares, uma troca de ligantes entre os diferentes núcleos metálicos origina isômeros de posição.



ESTEREOISOMERIA

Quando dois átomos estão unidos por uma ligação simples, estão livres para girar, realizando um movimento de rotação, em relação à ligação.

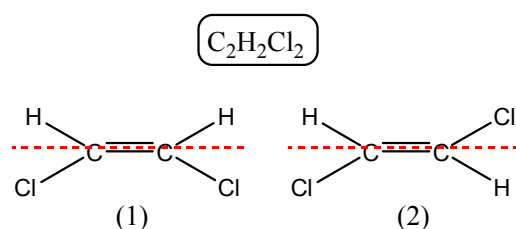


Porém quando existem ligações múltiplas a rotação fica impedida, dando origem a dois

planos distintos, acima e abaixo desta ligação.



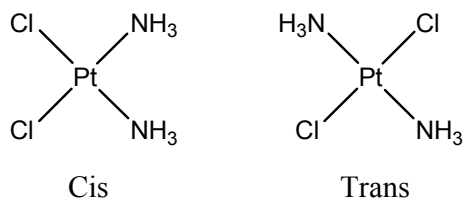
Se por acaso dois hidrogênios do eteno, um em cada carbono, fossem substituídos átomos de cloro, por exemplo, poderíamos ter duas possibilidades de compostos:



O composto (1) apresenta os dois átomos de cloro e os dois átomos de hidrogênio estão no mesmo plano. Esse isômero é denominado **CIS**.

O Composto (2) apresenta um átomo de hidrogênio e um átomo de cloro em cada um dos planos. Esse isômero é denominado **TRANS**.

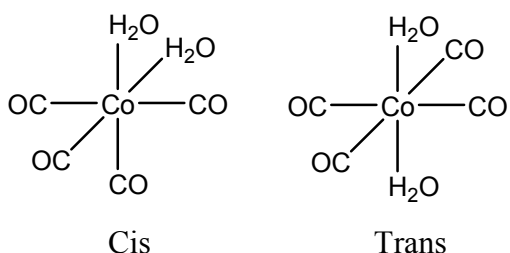
Compostos de coordenação de geometria quadrado-planar, em química inorgânica, também apresentam isomeria cis-trans, seguindo as mesmas definições usadas na química orgânica.



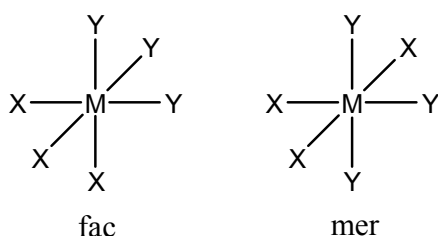
Se o plano for dividido no eixo do metal, o composto **CIS** apresenta dois ligantes iguais no mesmo plano. Já o composto **TRANS** apresenta ligantes diferentes em um mesmo plano.

Compostos de coordenação de geometria octaédrica também apresentam isomeria cis-trans, quando são do tipo $[\text{MX}_4\text{Y}_2]$, ou seja, apresentam quatro ligantes iguais entre si e

dois também iguais entre si, mas diferente dos demais.

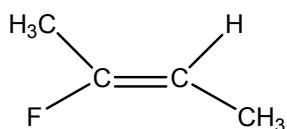


Ainda em compostos de coordenação com geometria octaédrica, para a configuração [MX₃Y₃], temos isômeros do tipo fac (facial) e mer (meridional).

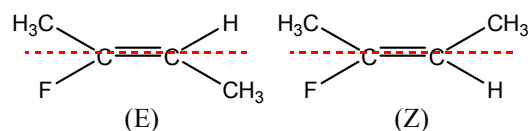


Em um isômero, três ligantes X encontram-se em um plano e três ligantes Y encontram-se em um plano perpendicular. Esse complexo é denominado isômero mer (meridional) porque cada série de ligante pode ser considerada alinhada ao meridiano de uma esfera. No segundo isômero, os três ligantes (X ou Y) são adjacentes e ocupam os vértices de uma face triangular do octaedro: esse complexo é chamado de isômero fac (facial).

Para compostos orgânicos com três ou quatro substituintes nos carbonos da dupla ligação, o sistema de nomenclatura cis-trans é falho. Observe o composto:



Neste caso, mesmo sendo visível a presença de isomeria geométrica, não temos a presença de hidrogênio nos dois carbonos da dupla. A IUPAC recomenda, para esses casos, a utilização dos prefixos E e Z.



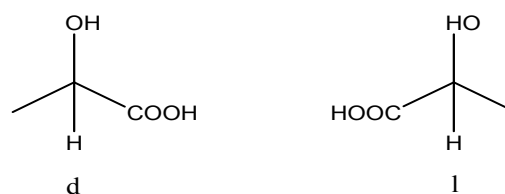
Quando o composto apresenta, do mesmo lado do plano imaginário de corte, os ligantes de maior número atômico (Z), será denominado **Z**. Caso contrário, teremos o isômero **E**. Essa nomenclatura vem do alemão **Zusammen** (juntos) e **Entgegen** (opostos).

Outra manifestação da estereoisomeria é na atividade óptica dos compostos. Isto é, no poder de desviar a luz polarizada (luz que se propaga por um único plano). Esta atividade óptica está diretamente relacionada à assimetria das moléculas. Toda molécula assimétrica tem um estereocentro, ou seja, um centro de assimetria.

ISOMERIA ÓPTICA

Para uma molécula orgânica ser assimétrica deve apresentar um **carbono assimétrico** (ou quiral), ou seja, um átomo de carbono saturado onde os seus quatro ligantes são diferentes entre si. Os centros assimétricos podem desviar a luz polarizada para a direita (isômero d) ou para a esquerda (isômero l). Os isômeros d e l são imagem especular um do outro, sendo chamados de enantiômeros.

Ácido Láctico (Ácido 2-hidroxiopropanóico)



Só podemos identificar os isômeros d e l utilizando um polarímetro e realizando procedimento experimental. Para resolver os enantiômeros, Cahn, Ingold e Prelog propuseram em 1966 um sistema de nomenclatura de estereocentros alternativo.

O sistema é baseado em definições de prioridades, visando classificar os estereocentros existentes numa molécula.

Regras:

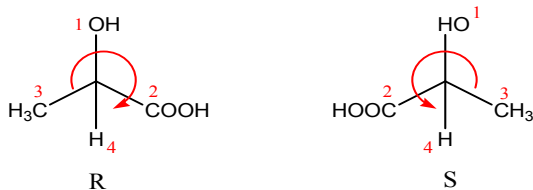
1. Analisa-se primeiro os átomos diretamente ligados ao centro quiral. O átomo que tem o maior número atômico (Z) tem prioridade sobre outro que tenha um menor.
2. Se dois ou mais substituintes tiverem o mesmo tipo de átomo ligado ao centro quiral, use sucessivamente os grupos de átomos mais afastados até encontrar a primeira diferença.

As ligações duplas e triplas são tratadas como se fossem ligações simples, mas os átomos nelas envolvidos são duplicados ou triplicados nos dois átomos das insaturações.

Para aplicar a nomenclatura R-S para um composto:

1. A cada um dos grupos ligados ao centro estereogênico é atribuída uma prioridade (1, 2, 3 ou 4).
2. Gira-se a molécula de modo que o grupo de prioridade mais baixa fique entrando no plano.
3. Então se traça um caminho de 1 para 2 para 3.
- 4.

Ácido Láctico
(Ácido 2-hidroxipropanóico)



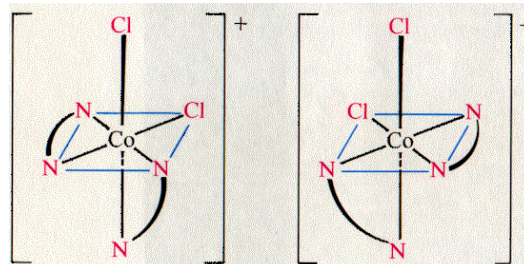
Se a direção é no sentido horário, o enantiômero é chamado de (*R*).

Se a direção é no sentido anti-horário, o enantiômero é chamado de (*S*).

Na química dos compostos de coordenação também existe isomeria óptica, também resultante de assimetria estrutural no composto. Geralmente, os isômeros cis de complexos com ligantes bi-dentados apresentam atividade óptica, existindo um

par de enantiômeros *d* e *l*. O isômero *trans* não é opticamente ativo.

Por exemplo, o complexo $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]^+$, em sua forma *cis* é opticamente ativo, apresentando-se em dois isômeros: o dextrogero e o levogiro. Na figura abaixo, estão representados tais isômeros.



REFERÊNCIAS

BARBOSA, Luiz Cláudio de Almeida. **Introdução à Química Orgânica**. São Paulo: Editora da Universidade Federal de Viçosa (UFV)/Pearson Prentice Hall, 2004.

LEE, J. D. **Química Inorgânica não tão Concisa**. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 1999.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. **Química Orgânica**. Volume 1. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos – LTC, 2000.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química Orgânica**. Volume 3. 8ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.