

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:  
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Ana Cristina Sulzbach

**O ENSINO DE ISOMERIA ÓPTICA POR MEIO DE ATIVIDADES  
EXPERIMENTAIS**

Santa Maria, RS,  
2017

**Ana Cristina Sulzbach**

**O ENSINO DE ISOMERIA ÓPTICA POR MEIO DE ATIVIDADES  
EXPERIMENTAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências**.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Everton Lüdke

Santa Maria, RS,  
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sulzbach, Ana Cristina  
O ensino de isomeria óptica por meio de atividades  
experimentais / Ana Cristina Sulzbach.- 2017.  
95 p. ; 30 cm

Orientador: Everton Lüdke  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e  
Saúde, RS, 2017

1. Atividade óptica 2. Polarímetro 3.  
Multidisciplinaridade 4. Materiais didáticos 5.  
Construtivismo I. Lüdke, Everton II. Título.

**Ana Cristina Sulzbach**

**O ENSINO DE ISOMERIA ÓPTICA POR MEIO DE ATIVIDADES  
EXPERIMENTAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências**.

**Aprovada em 22 de fevereiro de 2017:**

---

**Everton Lüdke, Dr. (UFSM)**  
(Presidente / Orientador)

---

**Virgínia Cielo Rech, Dra. (UNIFRA)**

---

**Martha Bohrer Adaime, Dra. (UFSM)**

Santa Maria, RS,  
2017

Dedico este trabalho aos meus pais,  
meu irmão e amigos, que acompanharam  
minha trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela graça concedida para finalizar este trabalho; aos meus pais, Roque e Delci, e ao meu irmão, pelo carinho e auxílio, que sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos. Também agradeço a todos os familiares, que sempre me motivaram a seguir com os estudos.

Ao professor Everton por todos os momentos de discussão, pela paciência, pelo espaço para a aplicação desta pesquisa e por todo o auxílio prestado nestes dois anos de trabalho.

Aos colegas de caminhada e laboratório, Larissa, Rodrigo, Rosana, Andrielle, Bárbara e Daniela, pela amizade, companheirismo, cafés e tantos momentos compartilhados nestes dois anos de convívio.

Aos meus amigos, especialmente às Divas (Ângela, Alejandra, Greyce, Sabrina, Michele, Valesca, Carline, Pâmela, Jucieli), e os amigos de fé do Emaús e Magnificat, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando, incentivando, que em diversos momentos tiveram que agir como terapeutas, pois as dificuldades abalam até mesmo alguém muito otimista, e eles estiveram sempre ao meu lado.

Aos professores e colegas do PPGECQVS, pelas inúmeras discussões em aulas.

Meus agradecimentos também a banca examinadora, Professora Virginia Cielo Rech, Professora Martha Bohrer Adaime, pela disponibilidade e contribuições a este trabalho. À UFSM, agradeço por ser o espaço da minha formação e por todas as oportunidades que me foram proporcionadas aqui.

À CAPES, pelo auxílio financeiro.

## RESUMO

### O ENSINO DE ISOMERIA ÓPTICA POR MEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

AUTORA: Ana Cristina Sulzbach

ORIENTADOR: Everton Lüdke

A fim de contribuir para o ensino e aprendizagem de química, desenvolveu-se esta pesquisa que propõe uma metodologia diferenciada para o estudo dos conceitos de isomeria óptica. A escolha por este assunto deve-se a sua grande importância na indústria farmacêutica, devido a muitos medicamentos utilizarem como princípios ativos alguns enantiômeros, e tendo em vista a tragédia acontecida com a talidomida por volta de 1960, julgamos o ensino destes conceitos de fundamental importância. Sabendo que o conteúdo apresentado é considerado muito abstrato e teórico, inicialmente na pesquisa foram identificadas as dificuldades vinculadas ao ensino e aprendizagem de conceitos de isomeria óptica, e baseando-se nisso, foram estudados os conceitos necessários para a aprendizagem destes. Foram abordados os seguintes conceitos: luz, dicroísmo/polaroides, birrefringência e polarização, vinculados a física, e posteriormente a introdução dos conceitos de atividade óptica, quiralidade/assimetria molecular referentes a química. Estes conceitos foram trabalhados por meio de atividades experimentais, numa perspectiva construtivista de ensino, na qual os estudantes construíram seu conhecimento a partir da interação com os materiais didáticos e outros estudantes. Os materiais didáticos utilizados na pesquisa foram planejados e desenvolvidos pela pesquisadora. A aplicação das atividades se deu em uma turma de ingressantes do curso superior de farmácia, e o ensino foi vinculado a sua aplicação nos medicamentos de maneira a tornar o ensino relevante para os estudantes, e assim motivá-los. Tais atividades foram avaliadas por meio de questionários abertos e fechados, os quais foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva, os resultados obtidos nos permitiram concluir que as atividades desenvolvidas bem como os materiais didáticos, cumpriram com os objetivos esperados da pesquisa e favoreceram o ensino e aprendizagem dos conceitos de isomeria óptica.

Palavras-chave: Atividade óptica, polarímetro, multidisciplinaridade, materiais didáticos, construtivismo.

## **ABSTRACT**

### **THE TEACHING OF OPTICAL ISOMERY THROUGH EXPERIMENTAL ACTIVITIES**

AUTHOR: Ana Cristina Sulzbach  
THESIS ADVISOR: Everton Lüdke

In order to contribute to the teaching and learning of chemistry, this research is presented and it proposes an alternative methodology to the study of scientific concepts in optical isomerism. The choice of this subject is due to its great importance in pharmacology due to the fact that many prescribed drugs employ enantiomers of active compounds, bearing in mind the tragedy due to talidomida around the sixties, hence we judge the learning of this concepts, a matter of prime importance for the chemistry student. By knowing that the content is considered too abstract and theoretical, the main difficulties presented in the teaching and learning of optical isomerisms are identified in order to propose a study of the following concepts: light, dichroism, polarizers, birefringence, light polarization from physics and the insertion of these concepts to derive relevant chemical concepts like optical activity, chirality, molecular asymmetry. These issues were worked on by students through experimental activities under a constructivist learning environment in which students acquired their own knowledge through interaction with lab instruments and group discussion. The didactic materials used in this work were all constructed by the author. The series of activities were done in a classroom of first year pharmacy students and they were made towards the application of concepts of isomerism to selected issues on modern pharmacological research, expecting to motivate the students for their professional formation. The activities were evaluated through textual discursive analysis. The results allowed us to conclude that the activities involved as well as the didactic materials were suitable in satisfying the expected aims of this research and, therefore, we concluded that this proposal allowed a better teaching and learning of concepts of optical isomerism for introductory university general chemistry courses.

Keywords: Optical activity, polarimeter, multidisciplinary, didactic materials, constructivism.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Montagem do experimento 3. ....	35
Figura 2 - Polarímetro confeccionado. ....	36
Figura 3 - Par de moléculas enantioméricas construídas com modelos do tipo palito e bola. .	38
Figura 4 - Imagem da mão esquerda é igual a mão direita, entretanto não sobreponíveis.....	39
Figura 5 - Categorias emergentes para a questão 1.1. ....	42
Figura 6 – Categorias emergentes para a questão 1.2.....	44
Figura 7 – Gráfico das categorias emergentes para a questão 2.1.....	46
Figura 8 – Gráfico das categorias emergentes referentes a questão 2.2.....	47
Figura 9 – Gráfico resultante da análise de respostas a questão 2.3.....	49
Figura 10 – Gráfico com as respostas para a segunda parte da questão 2.3.....	50
Figura 11 – Gráfico com as categorias emergentes para a questão 3.1. ....	51
Figura 12 - Tabelas preenchidas pelos estudantes, com LED's de cores vermelho (A), amarelo/laranja (B) e azul (C), respectivamente. ....	52
Figura 13 - Tabelas preenchidas pelos estudantes, com LED's de cores vermelho (A), amarelo/laranja (B) e azul (C), respectivamente. ....	53
Figura 14 – Gráfico com as categorias emergidas para a questão 6.1.....	54
Figura 15 - Molécula hipotética analisada pelos estudantes.....	55
Figura 16 – Gráfico para a variação do ângulo de rotação em função da variável concentração, para os diferentes lasers usados. ....	57
Figura 17 – Gráfico para a variação do ângulo de rotação em função da variável altura de solução no tubo, para os diferentes lasers usados.....	57
Figura 18 – Gráfico Número de Estudantes com respostas corretas versus Número das Questões. ....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS

ATD	Análise Textual Discursiva
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
LED	Light Emitting Diode – Diodo emissor de luz
OCNEM	Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
QNESC	Química Nova na Escola
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.4 INTRODUÇÃO TEÓRICA.....	15
2. DESENVOLVIMENTO.....	19
2.1 REFERENCIAL DA METODOLOGIA UTILIZADA.....	19
<b>2.1.1 Material didático.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2 Experimentação no ensino de química.....</b>	<b>21</b>
2.1.2.1 <i>Tipos de abordagens experimentais.....</i>	23
<b>2.1.3 Uma abordagem construtivista na construção do conhecimento.....</b>	<b>27</b>
2.2 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS.....	30
<b>2.2.1 Instrumentos para coleta de dados.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.2 Descrição das atividades realizadas.....</b>	<b>31</b>
2.2.2.1 <i>Experimento 1 – Dicroísmo.....</i>	32
2.2.2.2 <i>Experimento 2 – Birrefringência.....</i>	33
2.2.2.3 <i>Experimento 3 - Testando a birrefringência com comprimentos de onda diferentes ..</i>	34
2.2.2.4 <i>Experimento 4 – Testando a rotação da sacarose com a variação de concentração de soluto.....</i>	35
2.2.2.5 <i>Experimento 5 – Testando a rotação da sacarose com a variação da altura do líquido no tubo de vidro.....</i>	37
2.2.2.6 <i>Experimento 6 - Substâncias Opticamente Ativas.....</i>	38
2.2.2.7 <i>Experimento 7 - Testando a fórmula da rotação.....</i>	40
<b>2.2.3 Análise dos Dados.....</b>	<b>41</b>
2.3 RESULTADOS OBTIDOS.....	41
<b>2.3.1 Experimento 1.....</b>	<b>42</b>
<b>2.3.2 Experimento 2.....</b>	<b>45</b>
<b>2.3.3 Experimento 3.....</b>	<b>50</b>
<b>2.3.4 Experimento 4.....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.5 Experimento 5.....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.6 Experimento 6.....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.7 Experimento 7.....</b>	<b>56</b>
<b>2.3.8 Análise de questões referentes à quiralidade.....</b>	<b>58</b>
<b>2.3.9 Análise de questões de opinião referente às atividades experimentais e o material didático.....</b>	<b>59</b>
3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	62
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64

REFERÊNCIAS .....	67
APÊNDICE A – CADERNO DIDÁTICO DE EXPERIMENTOS DE ISOMERIA MOLECULAR.....	72
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) .....	88
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE ISOMERIA ÓPTICA .....	89
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO QUANTO AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	93

## 1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi realizada na linha de Pesquisa Científica: Processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria.

Atkins e Jones (2011) afirmam que “A química é a ciência da matéria e das mudanças que ela sofre”; ou seja, tudo que nos rodeia faz parte do mundo da química: “Nenhum material existe sem a química, seja ele vivo ou morto, vegetal ou mineral, na Terra ou em uma estrela distante”.

A afirmação de que a química está presente em tudo o que nos rodeia é muito comum, contudo, esta ciência é tida como abstrata e desnecessária do ponto de vista de muitas pessoas, especialmente dos estudantes, apesar das milhares de contribuições que a química oferece para a humanidade (POZO e CRESPO, 2009).

A química é uma ciência que funciona em três níveis, macroscópico, microscópico e simbólico (ATKINS e JONES, 2011). O nível macroscópico trata das propriedades de materiais grandes e visíveis; o nível microscópico aprofunda esta análise, em que a química interpreta as mudanças devido ao rearranjo atômico; e o terceiro nível, que mantém os outros dois unidos, é o simbólico, que representa os fenômenos por meio de equações e símbolos (PAULETTI, 2012).

Esses níveis, especialmente o nível microscópico, são vistos como obstáculos para o ensino devido à abstração dos conceitos, como modelos atômicos, reações químicas e arranjos moleculares, que abrangem a ciência a nível microscópico (RAUPP, 2010). A partir disto, sugere-se uma mudança no ensino de química nas escolas a fim de mudar essa concepção, mas, para que isso aconteça, é necessário que os professores estejam atentos e dispostos a buscar novas metodologias de ensino, de modo a apresentar relevância para os estudantes.

Neste sentido, é possível identificar muitas pesquisas em ensino de química, especialmente aquelas que têm por objetivo desconstruir o mito de que esta ciência é desnecessária ou irrelevante na vida dos estudantes. Estas pesquisas buscam amenizar as dificuldades na aprendizagem da disciplina, podendo citar dificuldades relacionadas à abstração dos conceitos e à falta de experimentação, que origina pouca compreensão dos fenômenos. Com o intuito de sanar as dificuldades citadas, as pesquisas buscam promover a contextualização e a utilização de materiais que visem auxiliar na aprendizagem pelo estudante (AIRES e LAMBACH, 2010). Exemplos dessas pesquisas podem ser

acompanhados em revistas, a exemplo da Revista Química Nova na Escola – QNESC, que abrange especificamente pesquisas neste âmbito, a exemplo de Melo e Neto (2013), Siqueira, Silva e Júnior (2011) entre outros.

Nesta perspectiva, a fim de buscar novas estratégias metodológicas para tornar relevante o ensino de química, apresenta-se este trabalho, no qual são elaborados materiais e atividades com o intuito de dar significado ao ensino de isomeria óptica, um assunto tratado muitas vezes como desnecessário e irrelevante, mesmo tendo ampla aplicação nas rotas industriais e farmacêuticas.

O ensino de isomeria óptica ainda apresenta desafios, segundo Raupp (2010), as dificuldades associadas a este assunto devem-se a falta de compreensão dos problemas em nível tridimensional. Na química, isso indica que átomos e moléculas apresentam altura, profundidade e largura, ou seja, três dimensões. Neto, Campos e Júnior (2013) abordam ainda erros conceituais e desvalorização de relações históricas e epistemológicas a respeito dos conceitos, e também citam dificuldades de compreensão molecular em nível tridimensional, que é considerada, então, a principal fonte de dificuldade de aprendizagem deste assunto.

A relevância do estudo da isomeria óptica se dá especialmente no desenvolvimento da indústria farmacêutica, tal relevância se deu graças à descoberta do efeito teratogênico de um enantiômero da talidomida, um importante sedativo usado para combater náuseas em gestantes. Sendo assim, a talidomida foi precursora dos estudos referentes a enantiômeros em medicamentos (ORLANDO et. al., 2007).

Com o intuito de promover uma aprendizagem relevante, e buscando suprir as dificuldades deste tema, toma-se como referência para este trabalho o modelo pedagógico do construtivismo. Segundo Becker (2012), o construtivismo utiliza-se “da interação entre indivíduo e o meio físico e social, o simbolismo humano e o mundo das relações sociais, e que se constitui por força de sua ação”. Uma escola com perspectiva construtivista é aquela em que há insatisfação com um sistema de ensino unicamente tradicional, que consiste em fazer repetir, recitar, aprender, ensinar algo; no construtivismo, ocorre a busca pelo desafio em fazer os estudantes agirem, operarem, criarem, construírem e inventarem a partir da realidade vivenciada (BECKER, 2012).

Em uma perspectiva de ensino construtivista, os estudantes devem construir o seu conhecimento por meio de interações, com o material didático e atividades experimentais, além de confrontar suas próprias reflexões com a de outros estudantes, promovendo mudanças na estrutura do conhecimento de cada um, o que torna a aprendizagem mais satisfatória. Justifica-se a escolha dessa perspectiva de ensino por acreditarmos que esta é beneficiada pela

utilização de atividades experimentais, especialmente aquelas de cunho investigativo, que estimulam a interação referida pela perspectiva construtivista.

Esta dissertação foi dividida em: introdução, desenvolvimento, discussão dos resultados e considerações finais. Na introdução estão apresentados: o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e o referencial teórico introdutório. No desenvolvimento, o referencial teórico utilizado, a elaboração de materiais e atividades, a descrição das atividades, bem como os resultados obtidos. As discussões acerca dos resultados são apresentadas no terceiro capítulo; e nas considerações finais encontram-se discussões a respeito dos objetivos, se estes foram alcançados, e as conclusões a respeito deste trabalho.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Na vida cotidiana é possível identificar muitas substâncias formadas por moléculas que apresentam isomerismo óptico, como exemplo pode-se citar medicamentos, alimentos, fragrâncias, afinal, também estão presentes em nosso organismo, a exemplo dos aminoácidos, que em sua maioria são moléculas quirais.

Os conceitos abstratos de isomerismo óptico acabaram por ser considerados ‘fantasias’ por alguns pesquisadores, pois a falta de visualização dos fenômenos fez com que os pesquisadores fossem desacreditados (RAUPP E DEL PINO, 2013). Atualmente, sabe-se que o desenvolvimento de produtos da indústria química depende de tais conhecimentos, o que tem motivado muitos pesquisadores, a exemplo de Bagatin et. al. (2005), Silva (2014), e Júnior, Barbosa e Júnior (2012), a respeito de estudos para viabilizar o ensino de isomeria óptica.

Bagatin et. al. (2005) sustenta a importância fundamental deste assunto, alegando que substâncias opticamente ativas atuam na constituição e no funcionamento dos seres vivos, por exemplo, nos mecanismos de ação enzimática (teoria do encaixe induzido) (BARREIRO e FRAGA, 2015). Tomando como exemplo os medicamentos e a importância que eles possuem na vida de todo e qualquer ser vivo, sendo que um sistema biológico faz interações satisfatórias com somente uma orientação espacial, julga-se necessário estudos que contemplem a isomeria óptica.

O uso da talidomida na década de 60, sem que houvesse estudos prévios, provocou sérias complicações quando foi utilizado por gestantes. Tais complicações aconteceram em virtude da falta de maiores pesquisas envolvendo a estrutura das moléculas e dos sítios receptores dos sistemas biológicos. O efeito teratogênico observado foi causado em função do

medicamento ser comercializado sob a forma de uma mistura racêmica, a qual é composta por dois enantiômeros da talidomida, que interagem com o sítio receptor de maneiras distintas (COELHO, 2001).

Em muitos medicamentos amplamente comercializados atualmente, a presença de enantiômeros é constante. Alguns são vendidos sob forma racêmica, em casos que não confere riscos a saúde devido a inatividade de um dos enantiômeros, ou ainda na forma de enantiômeros puros, devido a interação prejudicial que a presença de um dos enantiômeros pode ocasionar no organismo. No Quadro 1, são apresentados exemplos de substâncias que apresentam enantiômeros vinculados a sua atividade biológica de acordo com a lateralidade das moléculas.

O trabalho de um farmacêutico na indústria deve considerar estas diferenças estruturais, e por isso considera-se fundamental a inserção deste assunto na formação do profissional. A contextualização por meio dos medicamentos facilita o ensino para os estudantes da área da saúde.

Conforme Marcelino-Jr. et. al. (2010), o tema ainda é pouco investigado no campo de ensino-aprendizagem. Salientando essa carência e entendendo que o tema é de grande relevância, busca-se por meio desta pesquisa o desenvolvimento de materiais e atividades experimentais que auxiliem na aprendizagem destes conceitos.

Quadro 1 – Enantiômeros e sua atividade biológica

NOME DA SUBSTÂNCIA	CONFIGURAÇÃO DEXTRÓGIRA	CONFIGURAÇÃO LEVÓGIRA
Fenilalanina	Doce	Amargo
Ibuprofeno	(S) Anti-inflamatório	(R) Inativo
Talidomida	Sedativo e hipnótico	Extremamente teratogênico
Verapamil	Ação antitumoral	Ação antiarrítmica
Cloranfenicol	(R,R) Antibacteriano	(S,S) Inativo
Propranolol	Contraceptivo	Anti-hipertensivo/antiarrítmico
Etambutol	(R,R) Causa cegueira	(S,S) Tuberculostático
Deltametrina	(R,R,S) Inseticida potente	(S,S,R) Inativo
1-Cloropropano-2,3-diol	Tóxico	Atividade antifétil

Fonte: Adaptado de Bermudez, Barragat (1996).



Dessa forma, a presente pesquisa propõe trabalhar com uma proposta inédita de ensino de isomeria óptica para uma turma do primeiro semestre do curso de Farmácia da Universidade Federal de Santa Maria. Sendo assim, considera-se que o estudo desses conceitos pode ser abordado de modo a oferecer aos estudantes conhecimentos para que eles possam compreender a ciência que os envolve, além de instiga-los a desenvolver competências nesse ramo importante da química.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Buscando abranger o ensino de isomeria óptica, e já tendo mencionado dificuldades que envolvem o ensino do conteúdo, esta pesquisa conta com um problema de pesquisa que direciona seu andamento:

**“Como diminuir as dificuldades que envolvem o ensino de isomeria óptica e tornar o assunto significativo para os estudantes?”.**

## 1.3 OBJETIVOS

Para a resolução do problema acima citado, esta pesquisa tem por objetivo geral **“Promover, de maneira relevante, a construção do conhecimento de isomeria óptica aos estudantes por meio de atividades experimentais em um modelo de ensino construtivista”**. Para atingir o objetivo principal, a pesquisa conta com os seguintes objetivos específicos:

- Identificar dificuldades encontradas no ensino de isomeria óptica por meio da análise de pesquisas;
- Elaborar materiais didáticos para auxiliar no processo de aprendizagem de conceitos vinculados a isomeria óptica, tais como: dicroísmo, birrefringência, atividade óptica e quiralidade;
- Planejar atividades experimentais que promovam a visualização dos fenômenos citados acima;
- Aplicar os materiais e atividades experimentais desenvolvidos para estudantes do curso superior de farmácia;
- Avaliar a validade dos materiais desenvolvidos para a promoção da aprendizagem em um modelo de ensino construtivista.

## 1.4 INTRODUÇÃO TEÓRICA

No ensino médio, o ensino de isomeria óptica é vinculado ao estudo de funções orgânicas, e trabalhado em virtude de uma cultura mundial escolar que o considerava como conteúdo tradicional. Isto também foi incorporado ao planejamento formal curricular em acordo com as Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio – OCNEM (BRASIL, 2006).

Diversos estudos sugerem que o ensino de isomeria óptica encontra dificuldades em diferentes níveis de ensino, por exemplo, pode-se citar Correia et. al. (2010), o qual relata dificuldades no âmbito da educação básica. Raupp e Del Pino (2013) abordam problemas em níveis de educação básica e também ensino superior; e Marcelino-Jr. et. al. (2010) relata em sua pesquisa opiniões de professores da educação básica.

Desde a descoberta das propriedades ópticas de determinadas substâncias, ocorreram críticas quanto a veracidade destes conceitos, pois o nível de abstração fez com que muitos pesquisadores os tratassem como ilusões (RAUPP e DEL PINO, 2013).

Atualmente, segundo as pesquisas acima citadas, o ensino dos conceitos de isomerismo óptico ainda é bastante suprimido devido às barreiras pelas quais os professores não obtiveram êxito ao tentar transpassá-las. Marcelino-Jr. et. al. (2010), por meio de questionários, observações e entrevistas com professores e estudantes, indicou que há dificuldades por parte dos estudantes, além da falta de domínio e desatualização conceitual dos docentes referente a este campo do conhecimento.

Segundo os mesmos autores, ainda que exista uma grande carência em estudos relacionados a isomeria, eles relatam que a primeira pesquisa sobre ensino e aprendizagem em isomeria aconteceu em 1990.

Araújo, Malheiro e Teixeira (2015) relataram exemplos em que professores, durante o estudo de isomeria óptica, fazem uso de modelos moleculares e figuras de linguagem, como analogias e metáforas. Nesta perspectiva, parte-se de um assunto que caracteriza o conceito a ser abordado, fazendo uso de um análogo, geralmente familiar ao contexto dos estudantes. A pesquisa busca relacionar especificamente a utilização das figuras de linguagem, abordando suas vantagens e também problemas que vieram a surgir mesmo com a estratégia adotada.

Raupp e Del Pino (2015), por sua vez, fazem uso da contextualização com uma abordagem histórica para o ensino de conceitos da estereoquímica, pois salientam que a compreensão de conceitos da área de Ciências exige mais do que observação e

experimentação. Os autores relatam, ainda, que essa contextualização histórica é realizada com base em informações presentes em livros didáticos, após uma análise.

O desenvolvimento de estratégias para o ensino dos conceitos de isomeria óptica se dá também com a implementação de TICs (Tecnologia da Informação e Comunicação) no âmbito tecnológico, como pode ser observado com a pesquisa de Júnior, Barbosa e Junior (2012), os quais entendem que o computador pode ser um meio de promoção do ensino e aprendizagem. Dessa forma, durante a pesquisa foi desenvolvido um software educacional que apresenta conceitos da polarimetria, questionamentos na forma de *quiz*, e a criação de uma janela *pop-up* na qual se pode simular a rotação da luz polarizada, além de modificar os compostos, o comprimento da cela e ainda a concentração da solução a ser analisada.

Bagatin et. al. (2005) apresenta uma proposta de ensino de isomeria óptica que reúne uma abordagem histórica, passando pela descoberta da atividade óptica por Biot e Pasteur, dos fenômenos relacionados a luz polarizada, e culminando com uma atividade experimental simples que contempla a visualização do fenômeno de atividade óptica.

Percebe-se que há a necessidade de mudar as estratégias metodológicas no ensino de química, e, por meio das pesquisas acima mencionadas, identifica-se essa preocupação também no ensino dos conceitos de isomeria óptica. Essas pesquisas têm em comum o objetivo de auxiliar na compreensão destes conceitos, de forma a torná-los significativos para os estudantes a fim de que se entenda melhor a sociedade de modo a valorizar a química e sua presença no cotidiano.

O objetivo comum dessas pesquisas justifica-se quando Pauletti (2012, grifo nosso) diz que:

[...]o ensino da química deveria municiar o aluno em relação à compreensão da natureza e suas transformações, inclusive das ações do próprio ser humano na sociedade, mediante a produção de instrumentos culturais e nas interações sociais. Bem como, **propiciar um entendimento das vicissitudes da própria sociedade que implicam na química, como, por exemplo: a ação medicinal das drogas**, questões que contrapõe o uso de energia proveniente de usinas nucleares ou hidrelétricas, a evolução do efeito estufa, a degradação dos poluentes ambientais.

Tal justificativa indica a preocupação dos pesquisadores em fazer com que o ensino de química seja útil para a compreensão da natureza e de suas transformações. Santos e Schnetzler (1996) também apresentam essa preocupação, salientando que o ensino deve servir

para tornar os estudantes futuros cidadãos críticos, e indicam que esse é o propósito do educar para a cidadania, de acordo com os autores.

Baseando-se nessa mesma preocupação, e com o intuito de diminuir as dificuldades já citadas do ensino de isomeria óptica, surge esta pesquisa, que visa a utilização de materiais didáticos e atividades experimentais, preocupando-se com a utilização da metodologia construtivista de ensino de modo mais eficiente. Esta metodologia norteia a aprendizagem por meio da interação entre sujeitos, sujeito e objeto, e também sujeito e o meio social em que se está inserido.

Aliando-se às metodologias citadas, a contextualização com os medicamentos será importante especialmente quando se leva em conta que os estudantes participantes deste estudo são ingressantes no curso superior em farmácia. Entende-se, assim, que o assunto deve ser explorado em função da proximidade ao contexto de trabalho de um farmacêutico. Com a contextualização, busca-se motivar os estudantes, uma vez que os conhecimentos que eles trazem para a sala de aula vêm principalmente da sua leitura do mundo macroscópico (CHASSOT, 1993).

A respeito da justificativa em utilizar os medicamentos, é importante ressaltar que já existem pesquisas no campo da indústria farmacêutica trazendo modificações nas leis de diversos países, o que torna a aprovação de determinados medicamentos muito mais rigorosa. A partir de muitos estudos, o desenvolvimento de alguns fármacos quirais foi abandonado devido a diversos motivos, como os antidepressivos fluoxetina e escitalopram, e o anti-inflamatório diclofenaco; a fluoxetina, por exemplo, já que a utilização do enantiômero puro exigiria uma dosagem maior da medicação, o que inviabilizaria seu uso. Em outros casos, como da histórica talidomida, não há a comercialização do enantiômero puro, pois o mesmo se converte dentro do organismo no outro enantiômero, que apresenta o efeito teratogênico e não anula o efeito trágico do uso da talidomida por gestantes (ORLANDO et. al, 2007).

Muitos fármacos quirais são utilizados pela humanidade sem que se tenha prejuízo, mesmo que a ingestão se dê na forma de uma mistura racêmica. Há registros e pesquisas de medicamentos que, quando utilizados em sua forma enantiomérica pura, causam efeitos colaterais que não são observados ao serem utilizados na forma racêmica, por isso a intensificação nas pesquisas que abrangem a indústria farmacêutica (ORLANDO et. al., 2007).

Além dos fármacos quirais, os açúcares tais como: glicose, frutose e também a sacarose, apresentam atividade óptica, sendo por isso utilizados nas atividades experimentais desta pesquisa. Ainda há o açúcar invertido, muito utilizado na culinária, que é quimicamente

produzido a partir do açúcar comum por meio da enzima invertase. A inversão do açúcar consiste na quebra da sacarose em glicose e frutose, e sua utilização ocorre principalmente na fabricação de balas, doces e sorvetes, evitando que o açúcar cristalize e dê ao produto final uma desagradável consistência arenosa; o açúcar invertido também auxilia na formação de cor e de aroma (ROQUE, 2016).

Além da contextualização por meio dos medicamentos, esta pesquisa se utiliza da metodologia construtivista, e para tal observa-se a necessidade da construção de materiais didáticos de apoio, pois os que estão disponíveis não abrangem conceitos e fatores que, de acordo com esta pesquisa, são essenciais para alcançar uma aprendizagem satisfatória.

A necessidade de elaborar um caderno didático deve-se à proposta de construção do conhecimento desta pesquisa, partindo de conceitos da física que poderão auxiliar na compreensão dos conhecimentos da química. É importante, também, por questões de ordem experimental, as quais necessitavam de uma orientação quanto a condução de cada experimento. Ainda a respeito do caderno didático, os estudantes tiveram espaço para conduzir suas anotações, dados e questionários, fornecendo os instrumentos didáticos pelos quais esta pesquisa é avaliada.

Quanto a elaboração de materiais relacionados às atividades experimentais, estes são extremamente necessários, pois a aquisição de instrumentos não apresenta viabilidade financeira, e julga-se de fundamental a importância a realização das atividades experimentais para a aprendizagem dos conceitos abordados. O desenvolvimento levou em consideração a possibilidade de viabilizar a produção destes materiais em instituições que não o possuem, ou com poucos recursos para aquisição de laboratórios didáticos para o ensino em química.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REFERENCIAL DA METODOLOGIA UTILIZADA**

Com o intuito de propor uma sequência de atividades que resolvam as dificuldades encontradas no ensino de isomeria óptica, foram construídos materiais didáticos a fim de conduzir atividades experimentais, de maneira que os estudantes pudessem construir seus conhecimentos a partir dos materiais a eles entregues.

#### **2.1.1 Material didático**

Atualmente, verifica-se na educação a utilização em grande escala de materiais didáticos que apresentam a função de auxiliar no processo de aprendizagem. Tendo em vista que os materiais didáticos são muito utilizados no contexto educacional, e são de grande importância para o processo de ensino-aprendizagem, busca-se demonstrar quais os papéis e os possíveis significados que se pode ter para auxiliar a aprendizagem frente aos estudantes. Em tempo, vale ressaltar a importância que o material didático apresenta também para os professores, que os veem como ferramentas auxiliares de suas práticas (FISCARELLI, 2007).

Segundo a mesma autora, em sua pesquisa sobre material didático e prática docente, deve-se fazer uso de um material em sala de aula como meio de tornar o processo de ensino aprendizagem mais concreto, menos verbalístico, e mais eficiente. Ao resgatar a história da educação, segundo Fiscarelli (2007), tem-se que:

[...] o uso de materiais diversificados nas salas de aula, alicerçado por um discurso de reforma educacional, passou a ser sinônimo de renovação pedagógica, progresso e mudança, criando uma expectativa quanto à prática docente, já que os professores ganharam o papel de efetivadores da utilização desses materiais, de maneira a conseguir bons resultados na aprendizagem de seus alunos.

Ainda segundo a autora, ao considerarmos importante os saberes dos professores sobre os materiais didáticos abrimos mais espaço para vermos estes profissionais como sujeitos de sua própria prática, e dessa forma capazes de refletir e colaborar com a construção dos saberes que envolvem a utilização dos materiais didáticos na sala de aula.

Graells (2000 apud BOTAS e MOREIRA 2013) organiza as funções que os materiais didáticos podem desempenhar no ensino, salientando as seguintes: fornecer informação; constituir guias das aprendizagens dos estudantes; proporcionar o exercício de capacidades; cativar o interesse e motivar estudantes; avaliar as capacidades e conhecimentos; proporcionar simulações, com o objetivo da experimentação, observação e interação.

Existe uma oferta muito grande de materiais didáticos disponíveis nos mais diversos ambientes, sejam virtuais ou físicos, mas por dificuldade de acesso, falta de instrução ou ainda despreparo de alguns professores, eles não são utilizados, e, quando utilizados, muitas vezes deixam de oferecer todo o seu potencial. Embora a utilização de recursos mais elaborados não seja necessária todos os dias em sala de aula, espera-se que estes recursos estejam presentes no planejamento e execução da maioria das atividades de cada professor, melhorando assim alguns fatores que contribuem para a aprendizagem dos estudantes e facilitem o ensino para os professores, que convivem diariamente com as dificuldades enfrentadas frente aos estudantes.

Segundo Fiscarelli (2007), em acordo com o que dizem os professores, os materiais didáticos podem variar desde os mais tradicionais como o giz, a lousa e o livro didático, até os mais modernos, como os computadores. Ainda podemos citar outros, como a televisão, o jornal, as revistas, os livros paradidáticos, os dicionários, os mapas, os atlas, a música e os jogos.

Há uma grande preocupação quanto a elaboração de materiais didáticos, entretanto, para professores que não possuem disponibilidade de planejá-los e construí-los existe a opção de utilizar os recursos preparados por outros profissionais. A descoberta de materiais pode se dar também por meio do diálogo com outros professores, pois suas experiências podem apresentar recursos utilizados em suas aulas com o intuito de melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

Ao procurar por materiais didáticos desenvolvidos para o ensino de isomeria óptica nos anais do ENEQ de 2010 a 2016, com exceção de um trabalho referente a parte desta pesquisa submetido a esta seção, não se encontram trabalhos vinculados a esse assunto na seção de Material Didático, o que indica escassez de materiais didáticos com a finalidade auxiliar na aprendizagem dos conceitos de isomeria óptica. Houve submissão de trabalhos vinculados ao ensino de isomeria óptica em outras seções, contudo, são poucos: na edição de 2010 – um trabalho; 2012 – um trabalho; 2014 – cinco trabalhos; e 2016 – dois trabalhos, em que um deles é resultado desta pesquisa, submetido a seção de Material Didático.

Em uma busca nas revistas impressas, o resultado não é muito diferente. Avaliando no período de 2010 a 2016, em três revistas (Qnesc, Ensaio, Investigações em ensino de ciências) foram encontrados quatro artigos publicados, mas nenhum deles abordando o desenvolvimento de materiais didáticos para o ensino de isomeria óptica.

Tendo em vista a falta de materiais didáticos para essa área de conhecimento, e compreendendo a sua importância, julga-se necessária a construção de materiais para esta pesquisa.

### **2.1.2 Experimentação no ensino de química**

A experimentação, conforme Durand (2015), apresenta um desenvolvimento no decorrer da história desde os primeiros contatos da humanidade, com as transformações químicas, como por exemplo a queima da madeira, que era transformada em cinzas. Até mesmo em fatos narrados na Bíblia, ainda no Antigo Testamento, podem ser encontradas referências à experimentação.

Segundo a mesma autora, com o passar dos anos outras descobertas foram feitas por meio da experimentação, descobertas essas que, em muitos casos, melhoraram a vida dos seres humanos. No início, essa experimentação se dava de forma puramente mecânica, não havendo criticidade quanto a possíveis consequências que estas poderiam ocasionar.

A utilização de técnicas experimentais em aulas teve início com Justus von Liebig (1803- 1873), na Universidade do Grão-ducado, em Giessen. Justus, ao implementar sua nova metodologia, começou a direcionar seus alunos tendo como objetivo principal torná-los agentes ativos na realização de suas próprias técnicas experimentais (MAAR, 2006). Segundo o mesmo autor, este método foi considerado uma grande evolução para a época, assim como para o futuro das atividades experimentais desenvolvidas no ensino de Química, fazendo surgir inúmeros novos pesquisadores.

De forma semelhante acontece no atual ensino, professores veem que a falta de articulação entre a teoria e a prática não torna os conteúdos relevantes à formação dos estudantes, além de contribuir pouco para o desenvolvimento cognitivo (BUENO et. al., 2003).

A partir disto, compreende-se a importância da experimentação no ensino de química, visto que esta é uma ciência essencialmente experimental. Segundo Guimarães (2009), a experimentação pode ser uma estratégia para a criação de problemas reais, além de permitir a contextualização e o estímulo de questionamentos para investigação.



Em meados do século XXI, os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio – PCN (BRASIL, 2000) passaram a trazer uma alternativa – a experimentação, por meio da qual os professores foram direcionados a demonstrações para ajudar na construção dos conceitos. Alguns anos mais tarde, numa atualização do mesmo documento, a prática experimental passou a ser o centro do processo de Ensino-aprendizagem, contribuindo para o desenvolvimento de algumas habilidades, como a busca por respostas, elaboração de hipóteses e organização dos resultados, oportunizando-os a refletirem sobre seus erros e acertos (BRASIL, 2006).

De acordo com Giordan (1999), a elaboração do conhecimento científico depende de uma abordagem experimental. Para Giordan (1999, p. 44),

Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas.

Oliveira (2010) afirma que as atividades experimentais podem ser utilizadas com diferentes objetivos, e fornecer importantes contribuições no ensino e aprendizagem de ciências. A autora relata as seguintes contribuições: motivação e interesse dos estudantes; desenvolvimento da capacidade de trabalho em grupo, bem como a iniciativa pessoal e tomada de decisão; estímulo da criatividade; aprimoramento da capacidade de observação; melhoria na análise de dados e proposta de hipóteses; compreensão de conceitos científicos, da natureza da ciência e o papel do cientista para percepção e correção de erros conceituais dos estudantes; maior compreensão sobre a relação entre ciência, tecnologia e sociedade; e, por fim, desenvolvimento das habilidades manipulativas.

Por meio de uma única atividade acredita-se que não é possível o desenvolvimento de todas as competências citadas, justamente em função da natureza da atividade experimental, que também pode ser classificada em diferentes níveis. Entretanto, o professor, ao planejar uma atividade, tem objetivos específicos que devem abarcar algumas das contribuições acima citadas.

Nesta pesquisa, temos como objetivo auxiliar os estudantes a compreender conceitos científicos por meio da manipulação e observação dos fenômenos, pela análise de dados e proposição de hipóteses; além de fazê-los compreender aspectos importantes entre o desenvolvimento de ciência e sociedade.

### *2.1.2.1 Tipos de abordagens experimentais*

Quanto à classificação das atividades experimentais, Araújo e Abib (2003) as classificam em três níveis, sendo: demonstrativas, de verificação ou ainda investigativas.

#### *2.1.2.1.1 Atividades de demonstração*

As atividades experimentais de demonstração ocorrem geralmente em conjunto com as aulas expositivas e nas ocasiões em que há poucos recursos para o desenvolvimento das atividades. Neste tipo de atividade, o professor é quem executa o experimento, e cabe aos estudantes observar o fenômeno. As atividades de demonstração necessitam que o professor destaque pontos marcantes do experimento, questione e instigue os estudantes, além de fornecer auxílio para a construção do conhecimento dos estudantes (ARAÚJO e ABIB, 2003; OLIVEIRA, 2010).

Oliveira (2010) destaca ainda algumas estratégias que julga importante para o bom aproveitamento de atividades de demonstração. São elas: explicar o que se pretende fazer na aula e questionar aos estudantes para prever suas expectativas; solicitar explicações prévias para os possíveis eventos; orientar os estudantes, durante a atividade, para que observem atentamente e façam registros em seu material; e, ao final, questionar novamente os estudantes quanto as explicações referentes ao fenômeno observado, apresentando e revisando os conceitos científicos sobre o que foi observado. Recomenda-se, também, que sejam utilizados questionários para serem resolvidos em grupos, a fim de que os estudantes possam, novamente, discutir suas observações durante a realização do experimento.

Esse tipo de atividade experimental geralmente apresenta um roteiro fechado e, por não envolver a participação direta dos estudantes, sofre críticas de alguns pesquisadores, especialmente quando conduzido de forma a não promover discussão e questionamentos entre os estudantes.

#### *2.1.2.1.2 Atividades de verificação*

Quanto às atividades experimentais de verificação, como o nome sugere, são utilizadas a fim de comprovar uma teoria ou lei. Seu resultado é previsível, e normalmente os estudantes já possuem conhecimento sobre as explicações para determinados fenômenos. Este tipo de

atividade permite aos estudantes interpretar parâmetros determinantes para os fenômenos que são observados (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Segundo Oliveira (2010), os professores que utilizam este tipo de atividade destacam sua potencialidade de motivação, pois tornam o ensino mais realista e palpável, fazendo com que o ensino não se restrinja ao livro didático.

A fim de tornar essa modalidade de atividade experimental mais correta pedagogicamente, Oliveira (2010) destaca algumas estratégias, tais como: solicitar relato e explicações científicas aos estudantes referente ao que foi observado, acusando relações da teoria e da prática; questionar e sugerir variações dentro do experimento realizado, suscitando dúvidas quanto às possíveis mudanças ao testar tais variações; comparar dados dos grupos de estudantes; e discutir as possíveis divergências entre os resultados obtidos por cada grupo.

Segundo a mesma autora, as vantagens das atividades de verificação são que:

os estudantes podem aprender técnicas e a manusear equipamentos; aprendem a seguir direções; requer pouco tempo para preparar e executar; mais fácil de supervisionar e avaliar o resultado final obtido pelos alunos; mais fácil de solucionar problemas que possam surgir durante a execução do experimento; maior probabilidade de acerto (OLIVEIRA, 2010).

Dessa forma, entende-se que estas atividades possuem potencialidades desde que se realize um bom planejamento conduzido pelos professores, com o objetivo de suscitar o pensamento crítico nos estudantes.

#### 2.1.2.1.3 Atividades de investigação

Ainda segundo Araújo e Abib (2003), apresenta-se uma última classificação, atividades experimentais investigativas. Estas permitem que os estudantes tenham uma posição mais ativa durante o processo de construção do conhecimento, fazendo com que o professor atue como mediador ou facilitador do processo. Este tipo de atividade tem recebido grande atenção nas pesquisas atualmente.

As atividades de investigação geralmente não possuem roteiros fechados, cabendo aos estudantes uma tomada de decisão sobre os próximos passos e explicação dos fenômenos. De acordo com Oliveira (2010), esse método tem se mostrado eficaz para o desenvolvimento de características fundamentais à educação científica, possibilitando aos estudantes

oportunidades de desenvolvimento de habilidades de observação, formulação, teste, discussão entre outros.

Esta modalidade pode ser utilizada em momentos anteriores à aula expositiva, pois não há uma dependência direta dos conteúdos, inclusive, essas atividades prezam o oposto, em que os conceitos são construídos em meio a dúvidas e explicações referentes à atividade experimental. É por meio desta forma que os estudantes serão realmente instigados a refletir, questionar, argumentar sobre o que por eles está sendo observado durante a realização da atividade (OLIVEIRA, 2010).

O professor, como citado acima, tem o papel de mediador, assumindo dessa forma um papel diferenciado do que foi discutido nas modalidades. Oliveira (2010) destaca o papel do professor:

Sua função é essencialmente auxiliar os alunos na busca das explicações causais, negociar estratégias para busca das soluções para o problema, questionar as ideias dos alunos, incentivar a criatividade epistêmica em todas as etapas da atividade, ou seja, ser um mediador entre o grupo e a tarefa, intervindo nos momentos em que há indecisão, falta de clareza ou consenso.

Assim, compreende-se a importância que a atuação do professor possui nas atividades investigativas. Por seu caráter investigativo, esse tipo de atividade normalmente necessita de mais tempo disponível, sendo muitas vezes não realizado em virtude desse fator, o que resulta em discussões entre professores e especialistas sobre o pouco tempo disponível para a aplicação de atividades em sala de aula. No quadro 2, pode-se verificar basicamente o resumo das competências e habilidades que essas atividades acarretam, tanto dos estudantes quanto professores.

Para Arruda e Laburú (1998), as atividades experimentais devem ser iniciadas por meio de atividades com uma abordagem mais simples e fechada, tais como se apresentam as atividades de demonstração e verificação, para que com o contato entre elas adquiram familiaridade a fim de realizar atividades experimentais de maior complexidade e de roteiros mais abertos, a exemplo das atividades investigativas.

Também vale ressaltar que a escolha pela abordagem muitas vezes necessita ser adequada às condições do ambiente em que elas serão realizadas, seja pela dificuldade em obter materiais e até mesmo o tempo limitado que os professores têm frente a seus estudantes. Na maioria das vezes são essas condições que limitam a utilização de uma atividade mais complexa em sala de aula.

Quadro 2 - Tipos de abordagem de atividades experimentais.

	Tipos de abordagem de atividades experimentais		
	<b>DEMONSTRAÇÃO</b>	<b>VERIFICAÇÃO</b>	<b>INVESTIGAÇÃO</b>
<b>Papel do professor</b>	Executar o experimento e fornecer explicações aos fenômenos.	Fiscalizar a atividade dos estudantes, diagnosticar e corrigir erros.	Orientar as atividades, incentivando e questionando decisões dos estudantes.
<b>Papel do estudante</b>	Observar o experimento, e em alguns casos sugerir explicações.	Executar o experimento e explicar a respeito do fenômeno observado.	Pesquisar, planejar e executar a atividade, discutir explicações.
<b>Roteiro de atividade experimental</b>	Fechado, estruturado e de posse do professor.	Fechado e estruturado.	Ausente ou quando presente aberto ou não estruturado.
<b>Posição ocupada na aula</b>	Central, com o objetivo de ilustrar os conceitos.	Após a abordagem do conteúdo em aula.	A atividade pode ser a aula ou ocorrer previamente à exposição do conteúdo.
<b>Algumas vantagens</b>	Necessitam pouco tempo, pode ser integrada a aula expositiva, úteis quando há poucos recursos materiais ou pouco espaço físico.	Maior facilidade na elaboração de explicações pelos estudantes, verificar por meio das explicações dos estudantes a compreensão dos conceitos abordados.	Posição mais ativa dos estudantes, maior espaço para criatividade e abordagem de temas relevantes, sendo que o erro é mais aceito, acarretando em maior aprendizado.
<b>Algumas desvantagens</b>	A mera observação pode ser um fator de desmotivação, é mais difícil manter a atenção dos estudantes.	Pouca contribuição para a aprendizagem de conceitos, em virtude dos fatos serem previsíveis não é estimulada a criatividade dos estudantes.	Requer mais tempo para sua aplicação, exige certa experiência dos estudantes na prática de atividades experimentais.

Fonte: Adaptação de Oliveira, 2010.

### 2.1.3 Uma abordagem construtivista na construção do conhecimento

O processo de aprendizagem, como se aprende e como se ensina, tem levantado muitos questionamentos no mundo inteiro, nos Estados Unidos a preocupação se dá em virtude do resultado dos estudantes quando comparados em testes com estudantes de outros países, outros ainda se questionam quanto à condição da educação nos países, por diferentes fatores (BROOKS e BROOKS, 1997). Segundo os mesmos autores, muitos educadores veem a importância que as escolas possuem no processo de encorajamento ou repressão na busca pela compreensão, afirmando que esta é mais significativa que o resultado obtido em testes de avaliação.

De acordo com Becker (2012), entende-se que a solução para esse processo envolve o problema da construção de significado para os estudantes, e a partir disto surge uma necessidade de reforma educacional, na qual a construção da aprendizagem torna-se um elemento essencial dentro de um processo altamente complexo.

Brooks e Brooks (1997, p. 18) dizem que a construção do conhecimento parece ser uma proposição simples:

nós construímos nosso próprio conhecimento do mundo em que vivemos. Nós procuramos instrumentos que nos auxiliem a compreender nossas próprias experiências. A natureza humana é assim. Nossas experiências nos levam a concluir que algumas pessoas são generosas e outras são pobres de espírito, que governo representativo pode funcionar ou não, [...]. Estes são alguns das centenas de milhares de conhecimentos [...] que construímos através de reflexões, a partir da nossa interação com objetos e ideias.

Inhelder e Piaget (1958) afirmam que o conhecimento não vem nem do sujeito e nem do objeto com o qual a pessoa interage, mas sim da unidade dos dois, em que a interação da pessoa com o objeto sugere reflexões a cerca desta interação, que levam a mudança estrutural no modo em como a pessoa pensa a respeito deste objeto.

Um exemplo dessa construção do conhecimento é citado a seguir, no qual a complexidade do pensamento se dá de acordo com uma maior interação com o objeto, no exemplo, uma criança tem seu primeiro contato com o mar, e ao engolir algumas gotas de água percebe que o gosto é diferente do gosto que possui a água que ela tinha conhecimento anteriormente a esta experiência,

A criança, neste exemplo, agora sabe que a água do mar é desagradável. À medida que ela crescer, ela poderá entender que ela tem gosto salgado. Como adolescente, ela poderá entender o conceito químico de salinidade. Em algum ponto do seu desenvolvimento, ela poderá examinar como as soluções salgadas conduzem eletricidade ou como o poder das marés pode ser aproveitado com uma fonte utilizável de energia (BROOKS e BROOKS, 1997, p. 19).

Neste relato pode se perceber que as experiências levam a criança a construir seu entendimento sobre o mar, essas interações vão sendo acomodadas em seu pensamento, ou seja, vão sendo adaptadas ao conhecimento preexistente, o que resultará em um aumento na complexidade de seu pensamento.

A abordagem construtivista no ensino busca essa acomodação de novos conhecimentos, que darão origem ao pensamento complexo. Entretanto, para que essa abordagem seja assumida pelo professor, o mesmo deve estar em constante planejamento e análise de metodologias durante o processo de aprendizagem, o que requer práticas reflexivas (BECKER, 2012).

Essa acomodação se dá de maneira mais eficaz quando os conceitos tratados possuem uma relevância para os estudantes. Desta forma muitas vezes o currículo dentro da abordagem construtivista é baseado nos interesses dos estudantes, e este fator constitui uma crítica a esta estrutura pedagógica, assumindo que os estudantes são estimulados a aprenderem somente aqueles conceitos que os mesmos apresentam interesse (BROOKS e BROOKS, 1997).

Os mesmos autores ainda sugerem que, normalmente essa relevância deve partir do estudante, mas não necessariamente, podendo emergir por meio da mediação do professor, que pode estimular os estudantes de forma a considerar determinado tópico relevante ao seu aprendizado.

O construtivismo se dá especialmente no momento em que os estudantes confrontam suas reflexões acerca do conhecimento anteriormente acomodado em suas estruturas cognitivas e também quando é confrontado com alguma reflexão diferente, proveniente de outro indivíduo, Sisto (1993, apud SILVA, SILVA e SILVA, 2015) denomina esse confronto de conflito cognitivo, destacando-o como o responsável pelo processo de aprendizagem.

Silva, Silva e Silva (2015) concordam que, “o desequilíbrio cognitivo é tido, portanto como uma das fontes de construção de conhecimentos e seu surgimento possibilita ao sujeito superar um estado cognitivo inicial e reformá-lo pelo acréscimo de novas informações”. Para promover esse desequilíbrio é importante que durante uma abordagem construtivista sejam promovidos questionamentos, que possibilitem aos estudantes momentos de reflexões bem

como discussões acerca do que foi por eles acomodado, para que assim possam ser sujeitos ativos de seu próprio aprendizado.

A concepção construtivista de ensino, segundo Solé e Coll (2011) preenche requisitos que a tornam uma concepção potencialmente útil para a análise, melhoria e prática do ensino. Essa abordagem toma forma de um referencial útil para a reflexão e tomada de decisão compartilhada, pressupondo o trabalho em equipe. Ainda pode-se afirmar que o construtivismo pode proporcionar critérios que todo professor e corpo docente necessitam para que a educação seja fundamentada e coerente (SOLÉ e COLL, 2011).

Nesta pesquisa, buscou-se associar a prática construtivista à experimentação, de modo que os estudantes pudessem construir os conceitos por meio de atividades experimentais e o apoio de um caderno didático de experimentos (Apêndice A), que continha explicações de conceitos, condução de experimentos, bem como questionamentos que fossem capazes de conduzir os estudantes a reflexão quanto aos fenômenos observados.

Silva, Silva e Silva (2015), afirmam que, “ao sujeitarmos a experiência científica a uma tentativa de questionamento convidamos os estudantes a desenvolverem-se cognitivamente”. Assume-se dessa forma que os estudantes ao confrontarem seus raciocínios com seus pares possam desenvolver seus conhecimentos.

Carvalho et. al. (1998 apud SILVA, SILVA e SILVA, 2015) posicionam-se quanto a experimentação didática assumindo que a realização de atividades experimentais desenvolve a compreensão de conceitos tornando o estudante um agente ativo na construção do processo de aprendizagem.

Com o intuito de que o assunto tratado durante a pesquisa fosse relevante para os estudantes, foram abordados conceitos que norteiam a produção de fármacos, sendo que os estudantes em que a pesquisa foi realizada são do curso superior de farmácia. Por meio deste fator, além da motivação, pode-se aproximar os conceitos da química ao contexto em que muitos destes estudantes podem vir a trabalhar.

O princípio da relevância do assunto a ser trabalhado é amplamente discutido no construtivismo e em estratégias curriculares, assim como na maioria das estratégias de ensino utilizadas na busca da melhoria do ensino. Assim, por meio desta pesquisa, com a utilização de um princípio relevante para estes estudantes, com o auxílio de atividades experimentais especialmente de caráter investigativo e por meio da abordagem construtivista espera-se que a aprendizagem dos conceitos tenha sido construída de forma a atribuir significado aos estudantes, bem como, colaborar na formação destes.



## 2.2 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa é de caráter qualitativo de acordo com Lüdke e André (1986). A presença das seguintes características, predominância de dados descritivos, maior preocupação com o processo da pesquisa do que com o produto, buscando dar significado as situações vivenciadas durante a pesquisa, bem como a análise dos dados se dar de forma indutiva qualificam esta como sendo uma pesquisa qualitativa.

Esta pesquisa, com o intuito de favorecer o aprendizado de conceitos bastante abstratos foi ancorada na utilização de uma abordagem construtivista apoiada por atividades experimentais. Tais atividades necessitaram da preparação de materiais didáticos explicativos, bem como a construção de instrumentos para a realização das atividades experimentais.

Também pode-se citar a *multidisciplinaridade*, em que há integração de disciplinas para dar suporte a um problema de outra disciplina (LAVAQUI e BATISTA, 2007), no caso foram trabalhados conceitos de física que deram significado aos experimentos nos quais são desenvolvidos conceitos da química.

As atividades referentes a esta pesquisa contaram com a participação de 40 estudantes de uma turma de 60 matriculados, destes, um total de 25 estudantes preencheu o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B), permitindo a utilização de suas respostas nesta pesquisa.

Os estudantes foram divididos em dois grupos a fim de viabilizar o trabalho no laboratório, o primeiro grupo foi denominado TURMA A enquanto o segundo grupo, TURMA B. Ambos os grupos apresentaram 20 estudantes cada. Para fins de análise somente foram utilizados os dados dos estudantes que assinaram o TCLE.

### 2.2.1 Instrumentos para coleta de dados

Para fins de análise da pesquisa, foram utilizados durante a coleta de dados, questionários, sendo estes, de questões objetivas e abertas. O caderno de experimentos (Apêndice A) contém questões abertas ao final de cada experimento, além deste, foi desenvolvido ainda um questionário com questões objetivas (Apêndice C) a respeito dos conceitos de isomerismo óptico, e um questionário aberto (Apêndice D), no qual os estudantes puderam expressar suas opiniões frente ao material didático elaborado, bem como referente as atividades experimentais e a metodologia utilizada.

Os questionários utilizados permitiram ao pesquisador compreender limitações e benefícios dos materiais, bem como da metodologia utilizada durante as atividades. Os questionários constituem um importante instrumento para a coleta de dados, pois foi através destes, que os estudantes puderam responder questões acerca do tema proposto, em questões objetivas e abertas, inclusive esta última modalidade permite uma maior abrangência quanto ao tema, assim como também pode se realizar uma análise diferenciada, podendo analisar o discurso dos estudantes pesquisados, de forma a obter resultados mais conclusivos sobre a pesquisa.

### **2.2.2 Descrição das atividades realizadas**

A pesquisa contou com atividades experimentais propostas com o intuito de conduzir a aprendizagem de conceitos referentes à isomeria óptica dentro dos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e primeiras disciplinas de química geral em nível universitário. Estas atividades foram conduzidas pela pesquisadora, utilizando instrumentos construídos durante a pesquisa, além de um caderno de experimentos que continha os encaminhamentos procedimentais bem como, a explicação dos fenômenos. A pesquisa teve como um dos objetivos avaliar a aprendizagem dos estudantes por meio destes instrumentos, sendo que a pesquisadora atuou em algumas dúvidas que tiveram maior recorrência, especialmente na realização dos experimentos.

À medida que as atividades foram sendo realizadas, os estudantes responderam as questões que lhes eram solicitadas, tais respostas serão analisadas e discutidas na sequência deste trabalho. Ao final das atividades experimentais, outros questionários foram aplicados aos estudantes, os mesmos também serão discutidos mais a frente.

Como já citado anteriormente, os estudantes do primeiro semestre do curso de farmácia foram divididos em dois grupos. A “Turma A” realizou as atividades nos dias 20 e 22 de junho de 2016, enquanto a “Turma B” nos dias 27 e 29 de junho de 2016. Ambas as turmas tiveram 2 horas de atividade em cada uma das datas, totalizando 4 horas de atividades.

Os conteúdos foram trabalhados num crescente, objetivando a compreensão do fenômeno de atividade óptica, provocada por substâncias quirais em uma fonte de luz polarizada. Para isso, foram trabalhados experimentalmente os conceitos referentes à luz, polaroides, dicroísmo, birrefringência, polarímetros. Em seguida, os conceitos de quiralidade passaram a ser trabalhados, bem como, divisão de isômeros, classificação de isômeros quanto ao número de carbonos assimétricos, e ainda os fatores necessários para que haja isomeria

óptica em moléculas sem carbono assimétrico. Ainda, foi possível estabelecer relações quanto a fórmula usada para medir a rotação específica da luz e os gráficos produzidos de acordo com as medidas obtidas com a utilização do polarímetro.

A fim de que estas atividades tivessem relevância para os sujeitos desta pesquisa, a maioria das atividades foram vinculadas aos MEDICAMENTOS, seja por meio do caderno de experimentos ou ainda em questionamentos da pesquisadora. Foram trabalhados assuntos como, a importância da preparação e separação de compostos opticamente ativos, tomando como exemplo, medicamentos a base de moléculas isoméricas, como a talidomida e o ibuprofeno.

Inicialmente, os estudantes foram orientados a uma breve leitura do caderno de experimentos, até o Experimento 1, que tratava sobre o Dicroísmo, até este ponto, os conceitos de luz e polaroides estavam descritos no material. No apêndice A encontram-se as orientações para a condução do experimento, e também os conceitos para a compreensão dos fenômenos observados.

#### *2.2.2.1 Experimento 1 – Dicroísmo*

Este experimento foi realizado pela pesquisadora, de forma a caracterizar uma atividade experimental demonstrativa (OLIVEIRA, 2010), por meio do qual os estudantes puderam verificar o fenômeno e responder as questões a respeito da atividade. Optou-se por este tipo de abordagem experimental devido ao curto espaço de tempo disponível, pois como já foi citado esta abordagem é favorável em situações que não disponham de um grande espaço de tempo disponível.

Nesta atividade foram utilizados dois discos polaroides, do tipo filtro de câmera fotográfica, e uma lanterna, que foi empregada como fonte de luz. No laboratório, com as luzes desligadas para melhor visualização do experimento, a lanterna foi ligada e a frente desta colocou-se um dos discos polaroides. Foi possível verificar que a intensidade da luz sofreu diminuição depois da passagem pelo disco polaroide, isso se dá devido à propriedade dicroica que os filtros possuem, causando a polarização da luz da lanterna. Referente a este fenômeno, os estudantes responderam a seguinte questão: **“Questão 1.1 – O que você percebeu sobre a intensidade da luz: Aumentou ou diminuiu?”**.

Em continuidade ao experimento, mantendo o primeiro disco a frente da lanterna, adicionou-se o segundo disco polaroide ao feixe de luz transmitido, e o mesmo foi girado completamente no sentido horário e anti-horário, de modo que foi possível verificar a

descontinuidade da passagem de luz, ou ainda, a mínima passagem de luz, variando de acordo com o ângulo em que o segundo disco é rotacionado. Neste momento, os estudantes responderam a seguinte questão, **“Questão 1.2 – O que você observa a partir da intensidade da luz que passa pelos dois polaroides?”**.

Por meio deste experimento, foi possível mostrar aos estudantes algumas propriedades da luz, bem como, os fenômenos da sua polarização por meio de elementos dicróicos, neste experimento, os polaroides.

#### *2.2.2.2 Experimento 2 – Birrefringência*

Este experimento foi realizado individualmente por cada um dos estudantes participantes da pesquisa, caracterizando uma atividade experimental investigativa (OLIVEIRA, 2010). Neste caso, todos os estudantes tiveram que observar o fenômeno antes de qualquer explicação, o que caracteriza uma abordagem investigativa.

Os estudantes receberam um cristal de calcita juntamente com um disco polaroide, com o qual realizaram suas observações em um trecho de texto impresso. Os estudantes observaram o texto impresso e em seguida colocaram o cristal sobre o texto observado anteriormente, para assim observar o fenômeno da birrefringência, no qual ocorre a decomposição da luz em dois raios distintos, o raio ordinário e o extraordinário, conferindo as letras uma aparência borrada. O caderno de experimentos continha conceitos, figuras e uma afirmação, a qual dizia que o fenômeno observado não é uma refração. Na sequência da visualização deste fenômeno e leitura do material os estudantes responderam as seguintes questões, **“Questão 2.1 – Descreva o que aconteceu com as letras.”** e, **“Questão 2.2 – Saberá explicar o porquê que não é uma refração?”**.

Após a verificação da decomposição dos raios os estudantes giravam o cristal de calcita para verificar a rotação do eixo extraordinário, em seguida, os mesmos colocavam o disco polaroide sobre o cristal e o rotacionaram, sempre observando o aspecto das letras sob o cristal de calcita. Com a rotação do disco polaroide, de acordo com o ângulo foi possível perceber a ausência do eixo extraordinário, que caracterizava que este foi polarizado pelo cristal, e absorvido pelo disco conforme o ângulo de rotação. Os estudantes responderam então a mais um questionamento, **“Questão 2.3 – Descreva as propriedades da polarização dos feixes de luz que saem do cristal. Qual dos raios é polarizado?”**.

Pelo experimento relatado foi possível trabalhar o fenômeno de birrefringência, propriedade característica do mineral de calcita, propriedade esta que permitiu sua utilização

em um prisma de Nicol no polarímetro utilizado por Biot para a descoberta da atividade óptica.

### *2.2.2.3 Experimento 3 - Testando a birrefringência com comprimentos de onda diferentes*

Este experimento foi de caráter demonstrativo, sendo realizado pela pesquisadora, optou-se por essa abordagem em virtude do tempo. Para a realização do mesmo, foram necessários, um mineral de calcita, um apontador laser vermelho (671nm) e um apontador laser azul-violeta (405nm), e um disco polaroide. Além destes itens, foi utilizado um artefato de madeira construído especialmente para este fim, evitando que o laser fosse apontado aleatoriamente no laboratório, podendo expor algum estudante ao feixe de luz de alta periculosidade. Dessa forma, o laser atingia somente o cristal de calcita. Para facilitar a visualização do experimento, o laboratório estava com as luzes desligadas.

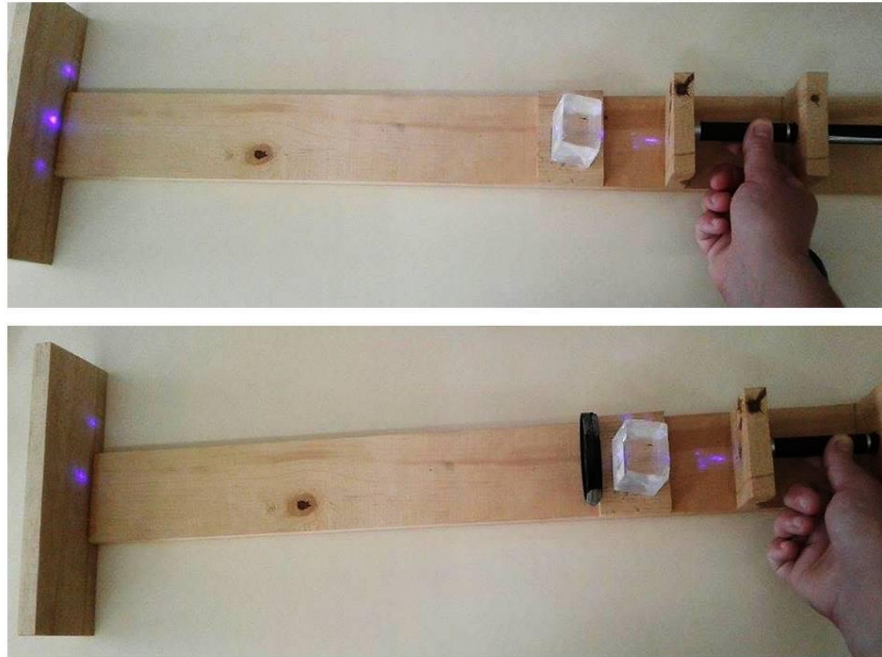
A montagem do experimento pode ser observada na figura 1, em que o cristal de calcita foi colocado em uma posição previamente ajustada no artefato de madeira, e sobre o mesmo incidiu-se o apontador laser vermelho. Depois da passagem do feixe de luz pelo mineral foi possível observar três pontos distintos sendo emitidos, esse fato se deve a propriedade de birrefringência do cristal de calcita. Dentro do cristal é possível observar a passagem de luz do feixe emitido pelo apontador laser.

Dando continuidade ao experimento, o disco polaroide foi colocado a frente do cristal de calcita, e a partir da sua rotação pode-se perceber que um dos pontos deixava de existir, quando o giro acontecia no outro sentido o ponto oposto deixava de existir. Este fato pode ser justificado pela polarização do raio extraordinário.

Em seguida o apontador laser vermelho foi retirado do sistema, e em seu lugar foi colocado o apontador laser azul-violeta, e o experimento foi repetido. Com o apontador laser azul-violeta também foi perceptível a presença de três pontos distintos após a passagem do feixe de luz pelo cristal, entretanto, dentro do cristal foi possível a percepção de que o feixe sofre um espalhamento, o que justifica o desvio que sofre o raio extraordinário na birrefringência.

Logo após essa observação, procedeu-se da mesma forma como o apontador laser vermelho, utilizou-se um disco polaroide a frente do cristal de calcita, e com sua rotação também se percebeu que um dos pontos deixava de existir, e com o giro no sentido oposto novamente o ponto oposto deixava de existir.

Figura 1 - Montagem do experimento 3.



Fonte: Autores.

Ao final deste procedimento, os estudantes responderam a mais uma questão, **“Questão 3.1 – Os feixes são diferentes em que respeito? Explique o porquê.”**. Este experimento mostra a diferença energética entre os feixes de luz de cores/comprimentos de onda diferentes.

#### *2.2.2.4 Experimento 4 – Testando a rotação da sacarose com a variação de concentração de soluto*

A partir deste experimento, os estudantes puderam utilizar os conceitos aprendidos por meio dos experimentos anteriores para compreender o funcionamento do polarímetro usado nos próximos procedimentos. O polarímetro (Figura 2) utilizado para estes experimentos foi confeccionado com materiais simples, apresentando um baixo custo se comparado ao valor de aquisição desse instrumento, imprescindível para o domínio dos conceitos de atividade óptica.

Este polarímetro tem por objetivo fazer com que os estudantes pudessem visualizar a rotação que algumas substâncias provocam a luz polarizada, fato que, raramente pode ser visualizado pelos estudantes seja no ensino básico ou superior, o que confere a este conteúdo um alto grau de abstração. Com a confecção do instrumento, buscou-se diminuir o grau de

abstração destes conceitos, e por meio deste foi possível verificar variáveis que afetam o ângulo de rotação de determinada substância.

Figura 2 - Polarímetro confeccionado.



Fonte: Autores.

Esta atividade, de acordo com Araújo e Abib (2003) é de caráter investigativo, nesta atividade optou-se por este tipo de abordagem por favorecer a investigação, por meio desta os estudantes puderam observar e discutir com os colegas a respeito do que foi observado, ocasionando em reflexões próprias fazendo com que surgissem hipóteses para explicar o que foi observado, diferente do que aconteceria em outra abordagem na qual o professor explicaria anteriormente ao experimento os conceitos norteadores do fenômeno. Nesta, os estudantes realizaram suas observações ao polarímetro em duplas. Cada dupla recebeu um polarímetro, um copo plástico, uma colher de plástico, uma régua de acrílico de 15 cm, e 5 sachês de 5 gramas de açúcar de mesa (D-sacarose).

Com o auxílio da régua os estudantes adicionaram 10 cm de água ao tubo do polarímetro, e fizeram observações quanto a atividade óptica da água pura e, como esperado, não houve nenhuma modificação do plano da luz polarizada, pois a água não é uma

substância opticamente ativa. A cada observação os estudantes completavam uma tabela com os valores dos ângulos de rotação, para posterior construção de um gráfico.

Depois da observação da água pura no polarímetro, os estudantes transferiram os 10 cm de água do tubo para o copo plástico, no qual dissolveram o conteúdo de um sachê de açúcar, e em seguida transferiram essa solução para o tubo do polarímetro para realizar a observação quanto ao plano da luz polarizada. Neste caso, devido à atividade óptica da sacarose, obteve-se um desvio, esse valor variou por diversos fatores entre as duplas, alguns polarímetros continham luzes de diferentes comprimentos de onda, ocasionando em diferentes cores, além de fatores como, açúcar não totalmente dissolvido e diferenças de percepção dos estudantes.

Em seguida, a solução foi novamente transferida para o copo plástico, no qual dissolveu-se o conteúdo de mais um sachê de açúcar, novamente foi realizada a leitura do ângulo de rotação do plano da luz polarizada. E assim foi realizado até a dissolução dos 5 sachês de açúcar, ao acréscimo de um sachê sempre se fez a leitura do ângulo de rotação do plano da luz polarizada, a última leitura foi realizada com um total de 25 gramas de açúcar.

#### *2.2.2.5 Experimento 5 – Testando a rotação da sacarose com a variação da altura do líquido no tubo de vidro*

Este experimento se deu em dias diferentes de acordo com o rendimento das Turmas “A” e “B”. A Turma “A” realizou este experimento no segundo dia de atividades, dia 22 de junho, enquanto a Turma “B” realizou ainda no primeiro dia de atividades, dia 27 de junho. Essa diferença entre as turmas não trouxe modificações para os resultados.

Para a realização do experimento, a Turma “A” recebeu um polarímetro com LED’s de cores vermelho, amarelo e azul, 5 sachês de açúcar de 5 gramas, copo de plástico, uma colher de plástico e uma régua de acrílico de 15 cm.

Assim como o experimento anterior, esta atividade também é considerada investigativa segundo Araújo e Abib (2003). Os estudantes realizaram a primeira observação sem a adição de nenhuma amostra no tubo de vidro, e conforme esperado, não houve alteração no plano da luz polarizada. Em seguida, os estudantes mediram 10 cm de água no tubo de vidro com o auxílio da régua, e transferiram este volume de água para o copo plástico, onde dissolveram os 5 sachês de açúcar, totalizando 25 gramas.

Após a completa dissolução do açúcar, com a régua fez-se a medida e foi transferido para o tubo de vidro o volume necessário para alcançar 2,5 cm de altura no tubo de vidro,



realizou-se a leitura do desvio provocado ao plano da luz polarizada. Posteriormente, realizou-se a adição de solução até a marca de 5 cm de altura, e novamente fez-se a leitura do desvio. E assim seguiu o procedimento, adicionando 2,5 cm e realizando a leitura, até a marca de 12,5 cm de altura no tubo do polarímetro.

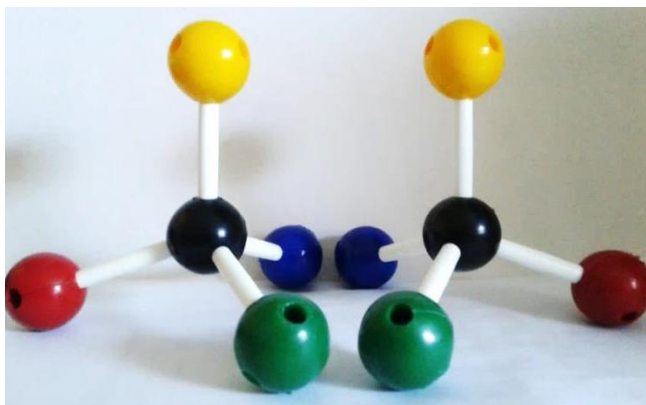
A Turma “B” realizou este experimento na sequência do experimento anterior, utilizando a solução preparada no experimento anterior, que continha também, 25 gramas de açúcar dissolvidos em 10 cm de água. As medições ocorreram de maneira igual à realizada pela Turma “A”, adicionando 2,5 cm de solução a cada nova leitura, totalizando ao final, 12,5 cm de solução no tubo de vidro.

#### 2.2.2.6 Experimento 6 - Substâncias Opticamente Ativas

De acordo com Oliveira (2010), este experimento foi de caráter demonstrativo, neste caso, o objetivo era que os estudantes fossem conduzidos a compreensão do fenômeno, para isso, a pesquisadora demonstrou o experimento, mostrando fatores de simetria e instigando os estudantes. O mesmo teve por objetivo conduzir os estudantes à compreensão do fenômeno observado nos experimentos 4 e 5, a partir deste foi possível compreender aspectos da estrutura molecular de substâncias que provocam alteração no plano da luz polarizada, as chamadas **Substâncias Opticamente Ativas**.

Aqui, os estudantes foram motivados a observar fatores de assimetria. Para isso, utilizaram suas mãos, um par de luvas cirúrgicas e um par de moléculas enantioméricas construídas com modelos do tipo palito e bola (Figura 3).

Figura 3 - Par de moléculas enantioméricas construídas com modelos do tipo palito e bola.



Inicialmente, a pesquisadora deu início a demonstração da ausência de simetria de suas mãos, atuando como se tivesse um espelho entre as mãos, de forma que, a mão direita fosse a imagem especular da mão esquerda, de maneira semelhante a figura 4. Após foi solicitado que os estudantes realizassem o mesmo com suas próprias mãos, a fim de entenderem porque as mãos não se sobrepõem, embora suas imagens especulares sejam semelhantes.

Figura 4 - Imagem da mão esquerda é igual a mão direita, entretanto não sobreponíveis.



Fonte: Alunos online. Disponível em: <<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/carbono-assimetrico-ou-quiral.html>>.

Em seguida, a mesma observação foi realizada com as luvas, entretanto, com as luvas cirúrgicas, que não apresentam lado, foi possível verificar a presença de planos de simetria, o que torna a imagem especular de uma luva sobreponível a outra, diferente das mãos. Nesse momento, as luvas foram enchidas como balões para facilitar a visualização do plano de simetria.

Logo, os estudantes puderam fazer essa mesma observação com um par de moléculas enantioméricas, em que uma representa a imagem especular da outra, mas que não podem ser sobrepostas. A partir destas observações os estudantes responderam a seguinte questão, **“Questão 6.1 - O que você pode concluir ao verificar esses objetos? São imagens especulares? Sobrepõem-se?”**.

Assumindo que os estudantes compreenderam o conceito de assimetria, a partir deste momento, os estudantes realizaram a leitura do caderno de experimentos, e tiveram que classificar três objetos quanto a sua quiralidade, tendo em vista que a quiralidade molecular significa a falta de um plano de simetria, ocasionado na ausência de simetria na molécula,

tornando-a uma molécula assimétrica. Os estudantes classificaram os seguintes objetos, mãos, luvas cirúrgicas e um par de meias.

No caderno de experimentos segue a explicação dos conceitos de quiralidade, quanto a divisão dos isômeros em enantiômeros e diastereoisômeros, diferenças entre isômeros com diferentes números de carbonos quirais, sobre a isomeria óptica sem a presença de carbono quiral, que acontece em compostos cíclicos e alênicos. Ainda, conceitos relacionados a importância da preparação e separação de enantiômeros, especialmente na indústria farmacêutica, tendo em vista que atualmente, essa é uma área em crescimento dentro da indústria farmacêutica, trazendo como exemplos, a talidomida e o ibuprofeno.

#### 2.2.2.7 Experimento 7 - Testando a fórmula da rotação

Neste experimento, os estudantes utilizaram os valores anotados em suas tabelas nos experimentos 4 e 5, sendo que compartilharam dados com os estudantes que utilizaram polarímetros com LED's de cores diferentes. Dessa forma, os estudantes construíram dois gráficos de acordo com os valores encontrados para cada cor, sendo que um gráfico foi construído em função do aumento de concentração de sacarose na solução, referente ao experimento 4, enquanto o outro, em função do aumento da altura de solução contida no tubo, experimento 5.

Anteriormente a esse experimento, os estudantes encontraram no caderno de experimentos, a explicação do cálculo da rotação específica da luz, de acordo com a equação a seguir,

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{c.l} \quad (\text{Equação 1})$$

por meio desta equação é notável distinguir as variáveis que tem influência no valor da rotação específica das substâncias. São elas, Concentração (C), Comprimento do tubo ou altura de solução no tubo (L), comprimento de onda ( $\lambda$ ) e temperatura (T), salientando que esta última variável não foi utilizada nos experimentos.

Em seguida a estas atividades os estudantes responderam a um questionário de 23 questões específicas referentes à Isomeria óptica, estas questões foram previamente selecionadas de provas de seleção de diversas universidades do Brasil, bem como do ENEM –

Exame Nacional do Ensino Médio, entre os anos de 2008 a 2014. Para responder a este questionário os estudantes puderam recorrer ao caderno de experimentos, que trazia explicações sobre o que lhes foi questionado.

Os estudantes também responderam a mais um questionário, sendo este referente ao material proposto para as atividades realizadas, trazendo questões sobre o material didático apresentado bem como as atividades experimentais e a condução das mesmas. Este foi de questões abertas, no qual os estudantes puderam expressar suas opiniões e sugestões a respeito desta pesquisa.

### **2.2.3 Análise dos Dados**

Para a análise dos dados obtidos nesta pesquisa foi utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD) de Roque Moraes e Maria do Carmo Galiazzi. Estes argumentam que a “análise textual discursiva cria espaços para a reconstrução, envolvendo-se nisto diversificados elementos, especialmente a compreensão da produção de significados sobre os fenômenos investigados e a transformação do pesquisador” (MORAES e GALIAZZI, 2006). Dessa forma, tendo em vista estas características, acredita-se que esta metodologia seja adequada para a análise dos dados obtidos.

A ATD, segundo Moraes e Galiazzi (2006), constitui-se de uma metodologia de análise de dados que transita entre a análise de conteúdo e análise de discurso. Este processo é iniciado com a unitarização, em que os dados coletados são separados em unidades de significado. Tais unidades podem gerar outros conjuntos de unidades oriundas da interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador (MORAES, 2003).

Em seguida a unitarização, é necessário que se faça a articulação de significados semelhantes nas unidades em um processo denominado de categorização. Neste processo reúnem-se as unidades de significado semelhantes, podendo gerar vários níveis de categorias de análise. A partir destas categorias tem-se a escrita de meta-textos que irão compor textos interpretativos, sobre os quais o pesquisador deve realizar um intenso movimento de interpretação e produção de argumentos que gera uma nova compreensão que será comunicada e validada (MORAES, 2003; MORAES e GALIAZZI, 2006).

## **2.3 RESULTADOS OBTIDOS**

A emergência das categorias se deu em acordo com a unitarização das respostas dos estudantes, nas quais foram selecionados trechos das respostas que se sobressaíram no todo. Para cada questão as respostas foram categorizadas de acordo com a emergência destas, tais categorias poderão ser conferidas em gráficos, e discutidas no seguimento do texto. As respostas dos estudantes serão identificadas com a letra ‘E’ seguidas por um algarismo arábico.

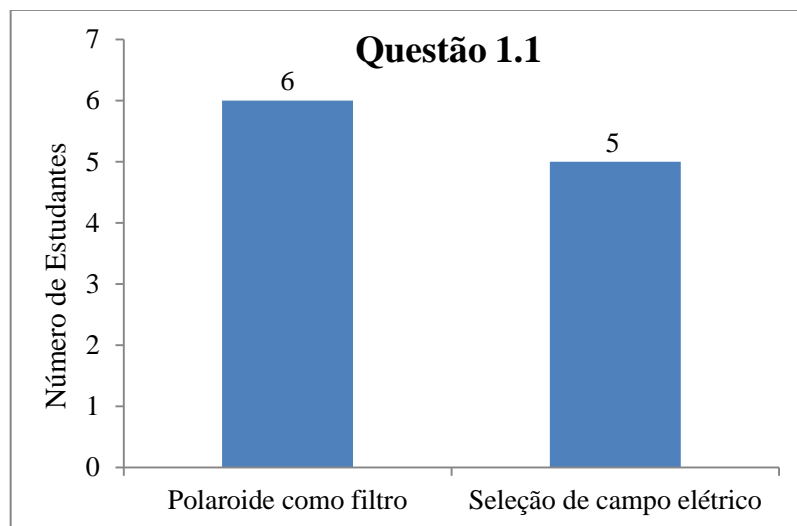
### 2.3.1 Experimento 1

Neste experimento os estudantes foram instigados a responder duas questões:

- **Questão 1.1 - “O que você percebeu sobre a intensidade da luz? Aumentou ou diminuiu?”**

Para esta questão todos os 25 estudantes responderam que após a passagem de luz através do polaroide sua intensidade diminuiu, alguns estudantes justificaram a diminuição da intensidade da luz. Para justificar essa diminuição, emergiram duas categorias, de acordo com a figura 5.

Figura 5 - Categorias emergentes para a questão 1.1.



Fonte: Autores.

Observando o número de respostas que originaram as categorias, o número não alcança o valor total de estudantes, devido a poucas respostas estarem justificadas, justificativas estas que deram origem as categorias neste questionamento.

Ao analisar as respostas, os termos utilizados para justificar a diminuição da intensidade da luz foram, “Polaroide como filtro” e “Seleção de campo elétrico”. Tais termos foram corretamente empregados para a justificativa, embora a maioria das respostas não tivesse um aprofundamento de como ocorre a seleção de campo elétrico, ou ainda, de que maneira o polaroide atua como filtro. Algumas respostas mostram a simples justificativa dos estudantes:

E03: “Diminuiu, porque o polaroide diminuiu a intensidade da luz, **como um filtro**”.

E05: “A luz diminuiu. Isso acontece porque as lentes utilizadas (lentes polaroides) **filtram os campos elétricos que não estão alinhados ao eixo do polaroide**”.

E06: “Diminui quando o polaroide foi colocado sobre a fonte luminosa, pois o polaroide apresenta a propriedade de Dicroísmo, ou seja, possui um eixo óptico **‘selecionador’ de campos elétricos**”.

E16: “Como os polaroides são elementos dicroicos, a intensidade da luz diminui pois o mesmo **seleciona os raios**”.

Por meio de tais respostas verifica-se que as justificativas para a diminuição da luz citam sempre a seleção de campos elétricos e a lente polaroide como um filtro.

Entendendo que, a intensidade da luz diminui ao atravessar o polaroide devido a absorção de ondas que possuem campo elétrico perpendicular ao eixo óptico do polaroide, ocorrendo assim, uma seleção de ondas de acordo com o campo elétrico destas, caracterizando o polaroide como um filtro de ondas eletromagnéticas. Dessa forma, assume-se que a construção dos conceitos por meio deste experimento foi de cunho satisfatório.

- **Questão 1.2 – “O que você observa a partir da intensidade da luz que passa pelos dois polaroides?”**

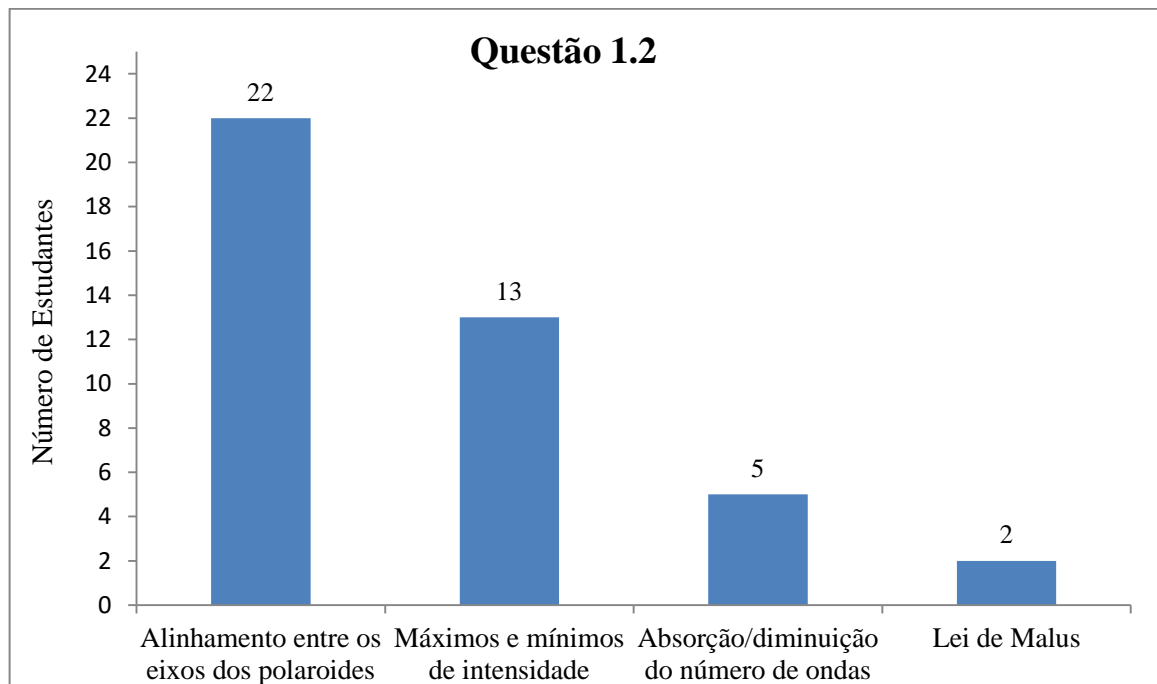
Por meio desta questão, objetivou-se questionar os estudantes qual a variação que ocorre devido a utilização de duas lentes polaroides frente a fonte luminosa. Nesta, houve a emergência de um número maior de categorias, que podem ser visualizadas de acordo com a figura 6.

Nesta pode-se perceber a emergência de quatro categorias, sendo que todas foram utilizadas de maneira satisfatória. Em algumas respostas foi possível identificar mais de uma categoria, dando maior consistência a resposta apresentada.

A expressão mais utilizada para explicar a intensidade da luz após a passagem por dois polaroides deu origem a categoria “Alinhamento entre o eixo dos polaroides”, esta expressão foi encontrada na resposta de 22 estudantes.

A segunda categoria com maior citações foi referente à existência de “Máximos e mínimos de intensidade” observados durante a rotação das lentes polaroides frente a fonte luminosa. 13 estudantes utilizaram expressões relacionadas a esta categoria.

Figura 6 – Categorias emergentes para a questão 1.2.



Fonte: Autores.

Outras duas categorias emergiram também, porém com um número menor de citações. A categoria “Absorção/diminuição do número de ondas” contou com 5 expressões, enquanto apenas dois estudantes citaram a “Lei de Malus” para justificar o fenômeno observado nesta parte do experimento.

Nesta questão foram poucas as respostas nas quais pode-se identificar somente uma categoria, o que conferiu maior complexidade as respostas. Seguem respostas de estudantes, com as categorias identificadas em destaque:

E01: “Diminui ou aumenta conforme o **ângulo em que os polaroides estão alinhados**, os campos eletromagnéticos são **permitidos ou completamente absorvidos** conforme a disposição do material dicróista. Como o eixo óptico é girado até que **não se apresente mais luz encontra-se o ângulo de 90° ou 270°**. **A intensidade é máxima** quando o ângulo de alinhamento dos eixos é 0° ou 180°”.

E06: “... ao colocar o segundo polaroide e efetuar o giro acontece uma modificação da localização do eixo óptico em relação a fonte luminosa, pois formam-se diferentes **ângulos entre os eixos ópticos do primeiro e segundo polaroide**, logo são os ângulos formados que irão definir o **número de ondas que passarão pelo polaroide**”.

E10: “A intensidade da luz diminui ainda mais, **bloqueando totalmente a passagem de luz** quando o ângulo de rotação entre os polaroides foi  $270^\circ$  ou  $90^\circ$ . Se estes estiverem em  $180^\circ$  ou  $0^\circ$ , **teremos a passagem máxima de luz**. Isto se dá pela observância à **Lei de Malus**”.

E15: “Quando a luz passa pelo polaroide, todos os **campos elétricos que não forem alinhados com o eixo óptico do polaroide serão absorvidos** internamente. Somente a **onda cujo vetor campo elétrico for alinhada com esse eixo irá passar** através do polaroide”.

E20: “A intensidade entre os 2 polaroides é 2 vezes menos que a intensidade de luz não polarizada. Quando o **ângulo é de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  a intensidade de luz transmitida será máxima, quando for  $90^\circ$  ou  $270^\circ$  a luz é completamente absorvida.**”

Neste experimento objetivou-se a visualização da seleção de campos elétricos de acordo com o alinhamento entre os eixos ópticos das lentes polaroides, podendo assim medir a direção do campo elétrico da luz polarizada, observando os máximos e mínimos em conformidade com os ângulos entre os polaroides. Além destes conceitos referentes ao dicroísmo, a aplicação da Lei de Malus foi associada aos fenômenos pelos estudantes.

Com estes questionamentos buscou-se instigar quanto aos conceitos que podem ser construídos juntamente com a utilização dos experimentos realizados. O caderno de experimentos também contém conceitos e serviu como um apoio para a aprendizagem dos fenômenos associados ao dicroísmo.

### 2.3.2 Experimento 2

Este experimento contou com duas etapas e três questões respondidas pelos estudantes, as quais serão discutidas a seguir.

- **Questão 2.1 – “Descreva o que aconteceu com as letras”.**

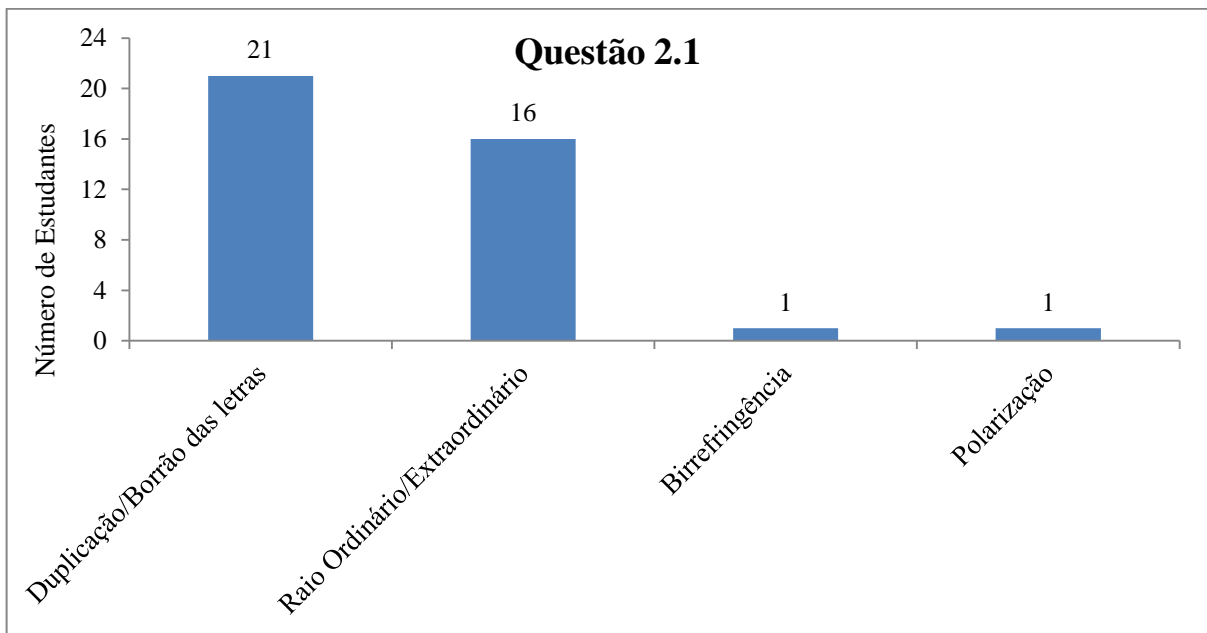
Nesta questão as respostas dividiram-se em 4 categorias (Figura 7), sendo que duas delas foram as mais utilizadas para descrever o que ocorre ao colocar um cristal de calcita sobre um trecho de texto.

Nesta, a maioria dos estudantes, 21 deles, descreveram terem observado um borrão/duplicação das letras ao colocar um cristal de calcita sobre o texto. A segunda



categoria mais citada foi referente a existência de raios ordinários e extraordinários que provocam a duplicação das letras. Um estudante ainda citou a birrefringência do mineral de calcita, e outro citou a polarização da luz devido a característica do cristal.

Figura 7 – Gráfico das categorias emergentes para a questão 2.1.



Fonte: Autores.

A seguir, respostas de alguns estudantes, com destaques para as categorias mencionadas.

E05: “Nesse experimento, quando colocamos o material (calcita) sobre uma linha do texto e a lente polaroide em cima, ao girar a lente podemos ver a escrita de forma mais nítida devido ao fenômeno de **birrefringência**, que é uma propriedade contida no material calcita. Ao passar pelo **eixo ordinário** as letras ficam iguais e legíveis e ao passar pelo **eixo extraordinário** as **letras ficam embaralhadas**”.

E08: “Ao movimentar o cristal de calcita, **as linhas do texto distorcem**, a imagem turva e o polaroide anula o **eixo extraordinário** que foi **polarizado pelo cristal**”.

E16: “Quando colocamos o cristal sobre as palavras ocorre a **duplicação das linhas**, por conta do **raio ordinário e do extraordinário**”.

E22: “As **letras aparecem duplicadas e borradas** por causa de uma **separação da luz em dois feixes**, que são o **ordinário e o extraordinário**, que ocorre no cristal, o primeiro passa sem alteração e o segundo sofre um desvio inicial”.

E24: “As letras ficaram com aspecto de ‘borrado’, pois o cristal tem a propriedade de separar os feixes de luz em **ordinário e extraordinário** dando o aspecto de ‘borrado’”.

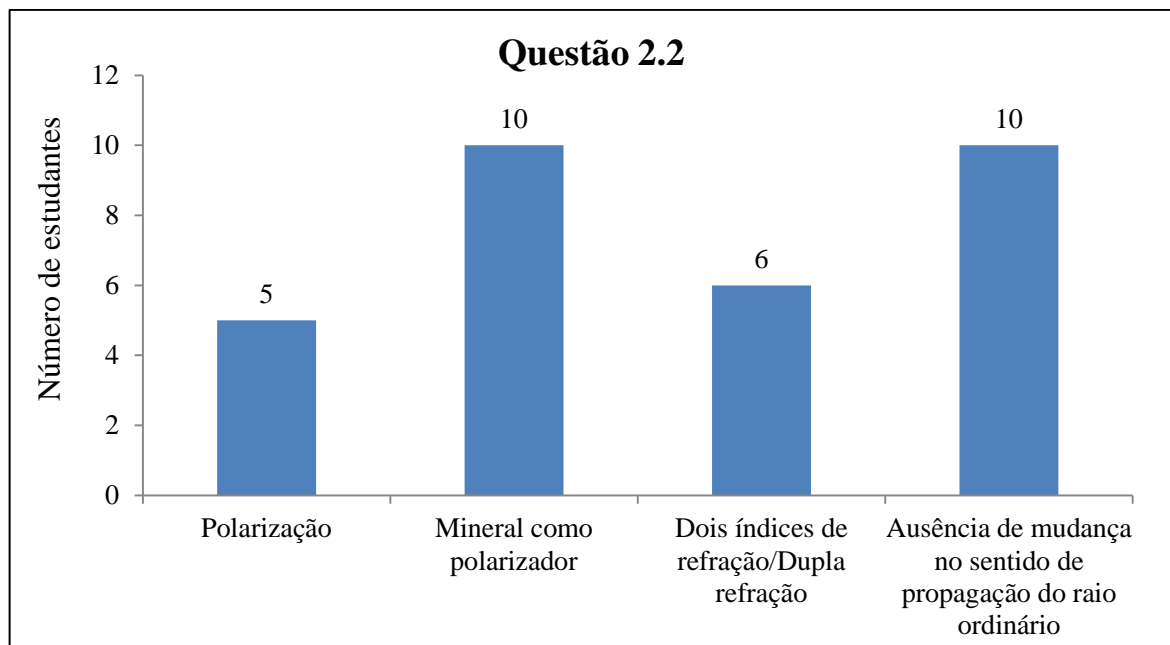
Estas respostas evidenciam a visualização que os estudantes tiveram ao observar o texto através do cristal de calcita, que foi justificado majoritariamente devido a separação do feixe de luz em dois raios, ordinário e extraordinário, essa separação ocorre devido a propriedade do mineral de calcita, sua birrefringência, provocando a polarização de um dos raios.

- **Questão 2.2 – “Saberia explicar o porquê que não é uma refração?”**

Anterior a esta questão vale salientar que no caderno de experimentos consta uma explicação na qual, é explicitado o fenômeno da separação do feixe de luz em raio ordinário e raio extraordinário, além de uma imagem explicativa. Logo após, a afirmação de que este fenômeno é diferente de uma refração como visto na disciplina de física. Então, solicitou-se que os estudantes respondessem a questão 2.2.

As categorias que emergiram estão representadas na figura 8.

Figura 8 – Gráfico das categorias emergentes referentes a questão 2.2.



Fonte: Autores.

Esta questão apresentou maior dificuldade para os estudantes, pois necessitava de conhecimentos da física para auxiliar na explicação, sendo que os mesmos não estavam descritos no material. Dessa forma, percebe-se que não houve uma categoria que pode ser

destacada, mas ainda assim, a maioria das respostas teve trechos que podem ser considerados satisfatórios.

Duas categorias podem ser vinculadas, pois citam a polarização. Dos 25 estudantes, 10 citaram o mineral como polarizador, e 5 disseram que o fenômeno é uma polarização. A categoria “Ausência de mudança no sentido de propagação do raio ordinário” foi utilizada por muitos estudantes para justificar que este fenômeno não é uma refração, alguns estudantes salientaram que em uma refração há mudança de propagação do feixe de luz devido a mudança de meio pelo qual a luz atravessa.

A última categoria a ser discutida “Dois índices de refração/Dupla refração”, refere-se aos índices de refração. 6 estudantes justificaram suas respostas dizendo que o fenômeno visualizado é uma dupla refração, pois apresenta dois índices de refração.

Seguem respostas dos estudantes com as categorias emergentes em destaque.

E05: “Não acontece refração devido **a luz ser polarizada por dois índices de refração**”.

E08: “Porque causa uma **dupla refração**”.

E11: “Não é uma refração como visto na Física, **pois o raio ordinário segue retilíneo e apenas o raio extraordinário sofre desvio**. Sendo os 2 raios paralelos, visto que, na **birrefringência uma luz não polarizada produz feixes de luz polarizados**.”

E15: “Não é refração, **pois na refração há mudança na direção quando muda de meios de propagação**. No experimento ocorre um desvio quando a luz entra no cristal, mas se propaga sempre na mesma direção”.

E24: “Pois a **calcita tem a propriedade principal de polarizador**”.

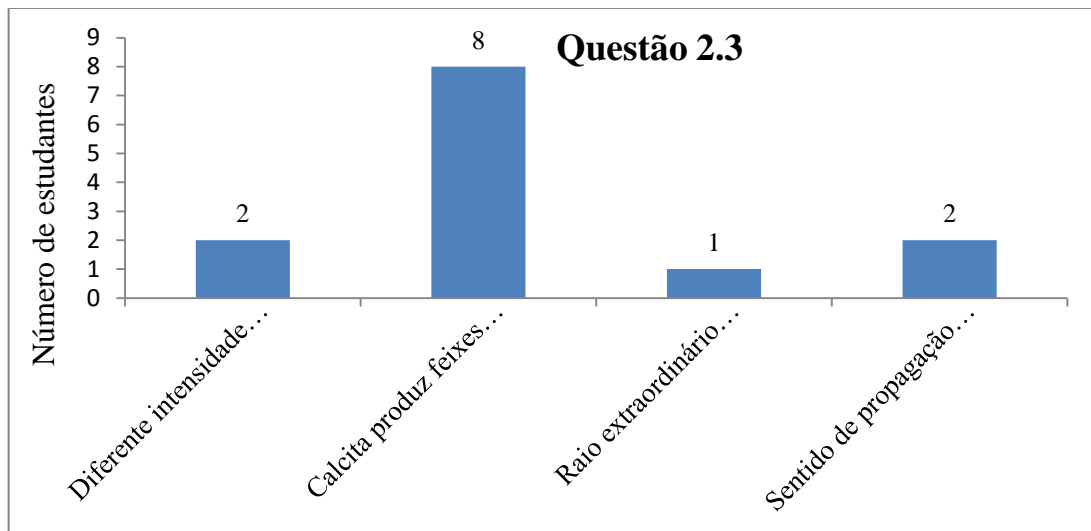
Dessa forma, pode-se assumir que a maioria dos estudantes compreendeu o que aconteceu no fenômeno. A explicação dos estudantes envolveu especialmente a polarização e a existência de dois índices de refração, caracterizando uma dupla refração, nome dado ao tipo de polarização que acontece nesse caso, sendo assim, uma resposta correta.

- **Questão 2.3 – “Descreva as propriedades da polarização dos feixes de luz que saem do cristal. Qual dos raios é polarizado?”**

Esta questão foi dividida em duas para motivos de análise, sendo que na primeira parte objetivou-se analisar os como os estudantes visualizaram as propriedades de polarização dos feixes ao saírem do cristal. Este questionamento não foi respondido por vários estudantes, as respostas foram variadas e evidenciam as dificuldades dos estudantes. Na figura 9, podem ser visualizadas as categorias que se originaram de acordo com as respostas.

Pode-se observar que, 8 estudantes verificaram a separação dos feixes de luz pelo cristal, enquanto 2 estudantes descreveram que há uma diferença na intensidade dos raios emitidos, e 2 também observaram o sentido de propagação dos mesmos que ocorre em sentidos diferentes. Ainda, 1 estudante citou o desvio que sofre o raio extraordinário

Figura 9 – Gráfico resultante da análise de respostas a questão 2.3.



Fonte: Autores.

A segunda parte da questão referiu-se quanto a qual dos raios foi polarizado pelo cristal, o ordinário ou extraordinário. Sendo o raio extraordinário o raio polarizado, 21 estudantes responderam corretamente, enquanto 2 não responderam e 2 responderam de maneira incorreta. As respostas podem ser observadas pela figura 10.

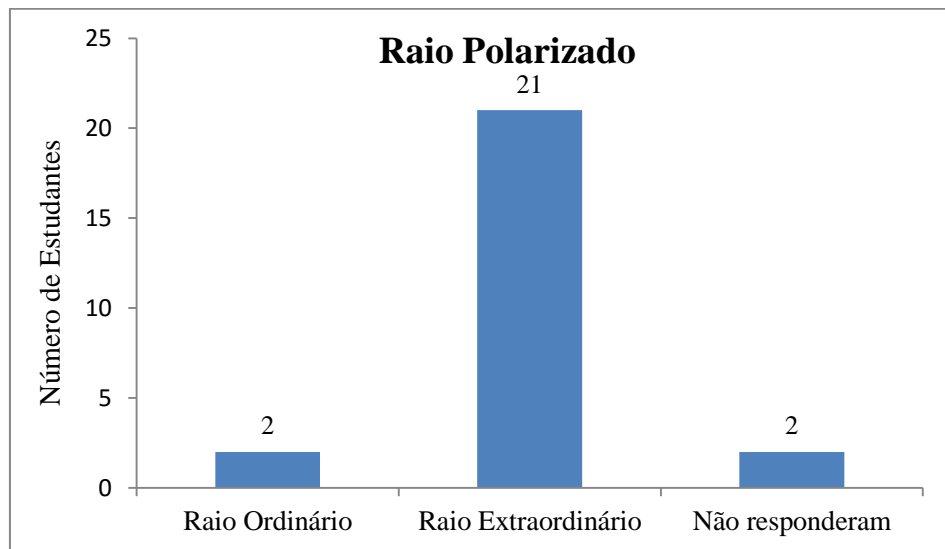
A seguir algumas das respostas dadas pelos estudantes a questão 2.3.

E01: “**A intensidade do desviado é menor. O raio extraordinário apresenta certo ângulo em relação à linha original** (raio ordinário) e desaparece conforme o alinhamento do polaroide ( $90^\circ$  ou  $270^\circ$ )”.

E05: “**O raio extraordinário sofre um desvio inicial e por esse motivo é polarizado.** Já o raio ordinário passa pelo cristal sem sofrer alteração”.

E06: “Um apresenta polarização e o outro não, com isso ocorre **uma seleção dos raios** de acordo com a sobreposição dos materiais, por exemplo, o raio ordinário é não polarizado permanecendo apenas ele quando tem-se a calcita e o filtro. E quando tem-se só a calcita (que é um polaroide natural) **temos os 2 raios** (ordinário – não polarizado e **extraordinário – polarizado**)”.

Figura 10 – Gráfico com as respostas para a segunda parte da questão 2.3.



Fonte: Autores.

E15: “Quando o polaroide foi colocado em cima das letras ocorreu duplicação das letras devido a **separação da luz em dois feixes**. Quando o polaroide é girado as letras não ficam borradas O **raio polarizado é o raio extraordinário**”.

E25: “O **raio extraordinário é polarizado**”.

Quanto a questão 2.3 evidencia-se que os estudantes compreenderam de forma mais clara a polarização do raio extraordinário. Foi perceptível a dificuldade dos estudantes em descrever propriedades de polarização dos feixes de luz.

### 2.3.3 Experimento 3

Neste experimento foram testados dois comprimentos de onda diferentes, e os estudantes realizaram suas observações quando o feixe de luz atravessava o cristal. O experimento visou estudar o comportamento de diferentes comprimentos de onda frente ao cristal de calcita. Aos estudantes foi solicitado que respondessem ao seguinte questionamento:

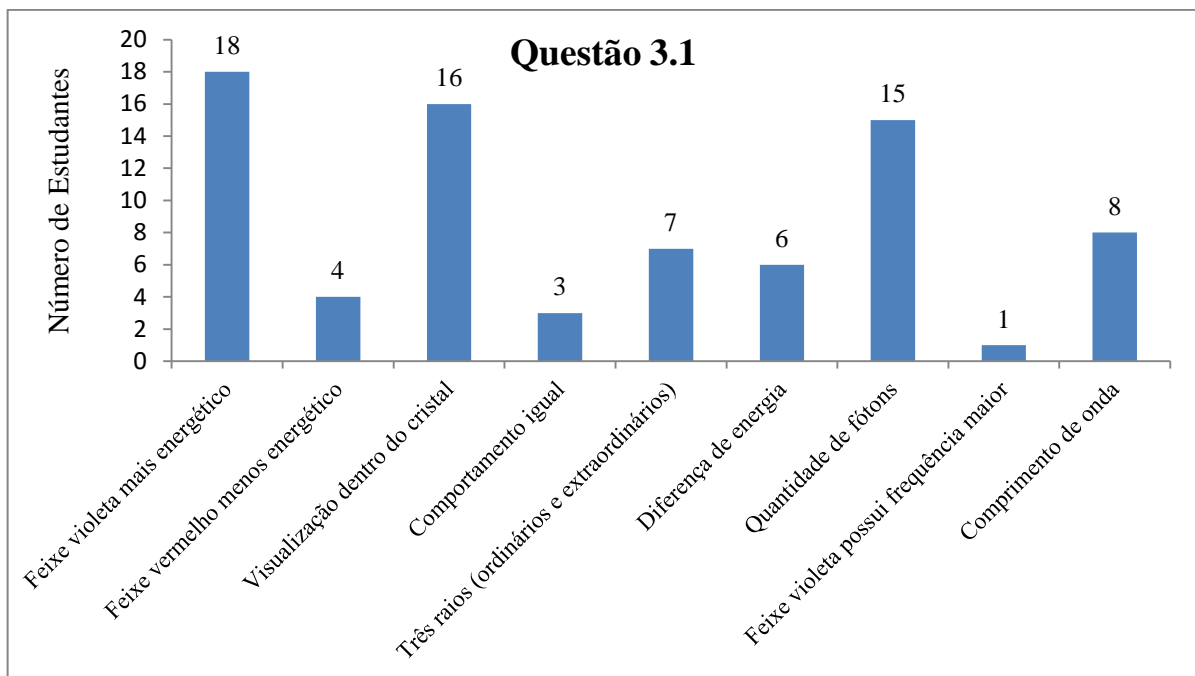
- **Questão 3.1 – Os feixes são diferentes em que respeito? Explique o porquê?**

Para esta questão surgiram 9 categorias, algumas delas podem ser agrupadas, mas aqui optou-se por citar todas. Três categorias tiveram maior destaque, sendo citadas 15 ou mais vezes, são as seguintes categorias: “Feixe violeta mais energético”, “Visualização dentro do cristal” e “Quantidade de fótons”. Todas as categorias emergentes apresentam padrão satisfatório, nenhuma delas podendo ser considerada errada, entretanto algumas foram mais

aprofundadas e apresentaram maior ligação entre as unidades de expressão que deram origem às categorias.

Na figura 11, pode-se perceber a diversidade de categorias que emergiram de acordo com as respostas dos estudantes, salientando que algumas poderiam ser agrupadas, tais como: “Feixe violeta mais energético”, “Feixe vermelho menos energético” e “Diferença de energia” assumindo que as três categorias referem-se a diferença de energia que há entre os dois lasers; “Feixe violeta possui frequência maior” e “Comprimento de onda”, sendo que a frequência está intimamente ligada ao comprimento de onda de um feixe de luz.

Figura 11 – Gráfico com as categorias emergentes para a questão 3.1.



Fonte: Autores.

Em seguida são transcritas respostas dos estudantes que contemplem as categorias que obtiveram maior menção nas respostas.

E01: “São **diferentes na intensidade**, o **violeta forma os 2 eixos dentro da calcita**, ficando aparentemente nítido, já no vermelho não é possível ver os eixos bem formados”.

E05: “No **laser violeta há uma frequência de luz maior por ser mais energético** e carregar um **número maior de fótons** e possuir um **comprimento de onda menor**”.

E09: “No feixe violeta é possível ver na **calcita a divisão dos raios**, devido a ele ser **mais energético** e ter mais **emissão de fótons** que o vermelho”.

E10: “O feixe do laser violeta em comparação com o vermelho tem maior energia (menor comprimento de onda e maior número de fótons) e isso pode ser percebido por uma maior clareza na **definição/distinção entre raio ordinário e raio extraordinário dentro do mineral**: é mais evidente com a luz azul-violeta a separação dos raios. O laser vermelho fica bastante difuso, e no de maior energia também pode ser percebido uma **separação da luz azul em ângulo maior que o vermelho**”.

E17: “No laser vermelho não se observa a **divisão dos raios dentro da calcita** e no laser ultra-violeta se observa a divisão porque o **laser ultra-violeta é mais energético**”.

Ao analisar as respostas para essa questão pode-se considerar que o objetivo deste experimento foi alcançado, pois os estudantes verificaram as diferenças entre os feixes de luz, e foram capazes de identifica-las, mesmo que todos os estudantes não tenham descrito todas as diferenças entre um feixe e outro, as respostas obtidas foram satisfatórias, pois a maioria dos estudantes utilizou mais de um fator para descrever a diferença entre os feixes de luz.

### 2.3.4 Experimento 4

O experimento 4 não teve questionamentos a serem respondidos prontamente, contudo, os estudantes preencheram tabelas (Figura 12) com os valores obtidos graças as suas observações ao polarímetro com a solução de D-sacarose em diferentes concentrações. Salienta-se a presença de valores diferentes pois a análise foi realizada com LED's de diferentes comprimentos de onda. Esses valores foram utilizados posteriormente no experimento 7, na confecção dos gráficos.

Figura 12 - Tabelas preenchidas pelos estudantes, com LED's de cores vermelho (A), amarelo/laranja (B) e azul (C), respectivamente.

Vermelho A		Laranja B		Azul C	
Concentração	Ângulo de rotação ( $\alpha$ )	Concentração	Ângulo de rota.	Concentração	Ângulo $\alpha$
Água pura	0°	Água pura	0°	Água pura	0°
Um sachê	7°	Um sachê	6°	Um sachê	15°
Dois sachês	15°	Dois sachês	15°	Dois sachês	28°
Três sachês	11°	Três sachês	24°	Três sachês	42°
Quatro sachês	28°	Quatro sachês	35°	Quatro sachês	57°
Cinco sachês	38°	Cinco sachês	40°	Cinco sachês	73°

Fonte: Autores.

### 2.3.5 Experimento 5

Assim como no experimento 4, não houve questionamentos para serem respondidos pelos estudantes, contudo, os estudantes completaram uma tabela com os valores encontrados em cada medição. Os valores encontrados neste experimento, assim como os valores do experimento 4 também serão utilizados no experimento 7, para a construção dos gráficos.

A seguir, podem ser visualizados alguns valores encontrados pelos estudantes variando com a altura de solução no tubo, além dos LED's de diferentes cores (Figura 13).

Figura 13 - Tabelas preenchidas pelos estudantes, com LED's de cores vermelho (A), amarelo/laranja (B) e azul (C), respectivamente.

A Vermelho		B amarelo		C azul	
Altura da amostra L	Ângulo de rotação	Altura da amostra L	Ângulo de rotação	Altura da amostra L	Ângulo de rotação
Sem amostra	0°	Sem amostra	0°	Sem amostra	0°
2,5 cm	+ 5°	2,5 cm	6°	2,5 cm	7°
5,0 cm	+ 10°	5,0 cm	15°	5,0 cm	19°
7,5 cm	+ 15°	7,5 cm	22°	7,5 cm	30°
10,0 cm	+ 21°	10,0 cm	28°	10,0 cm	40°
12,5 cm	+ 26°	12,5 cm	35°	12,5 cm	49°

Fonte: Autores.

### 2.3.6 Experimento 6

Este experimento objetivou que os estudantes compreendessem o fenômeno dos experimentos 4 e 5. Tal objetivo abrange a compreensão de conceitos relacionados a simetria e assimetria de objetos e moléculas.

Neste experimento, os estudantes responderam a seguinte questão:

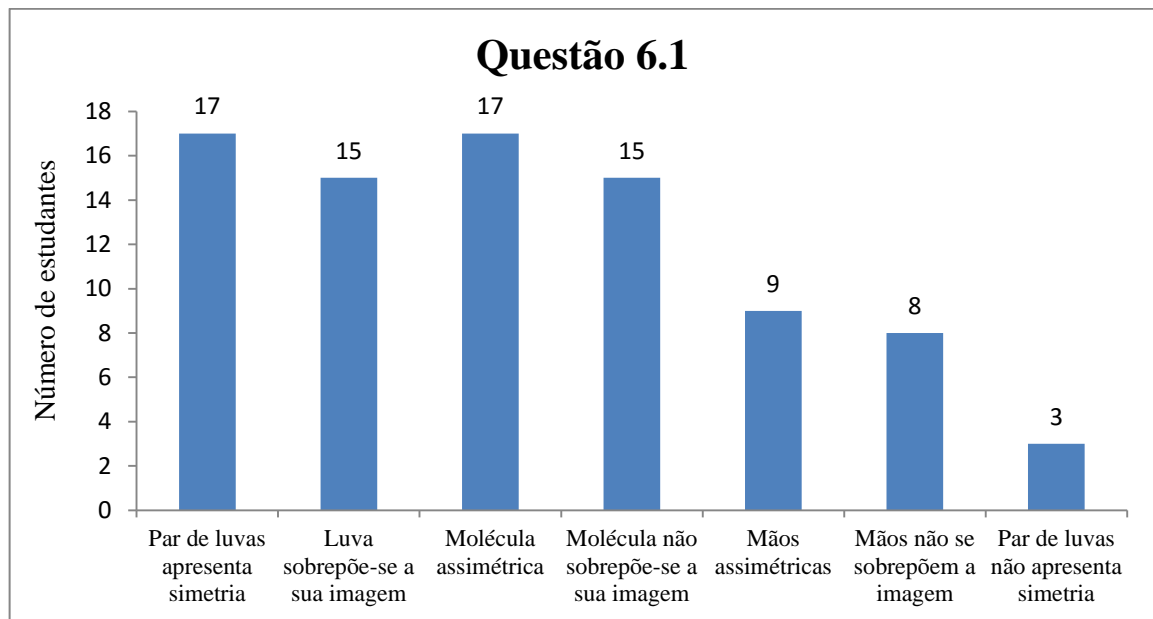
- **Questão 6.1 – O que você pode concluir ao observar estes objetos? São imagens especulares? Sobrepõem-se?**

Esta questão buscou fazer com que os estudantes fossem capazes de identificar a simetria/assimetria em objetos e moléculas a fim de que esse conhecimento lhes seja útil para



que possam compreender outras situações de cunho semelhante, aplicando a seu contexto de trabalho, que possivelmente venha a necessitar destes conceitos. As categorias emergentes para esta questão são mostradas na figura 14.

Figura 14 – Gráfico com as categorias emergidas para a questão 6.1.



Fonte: Autores.

Conforme observados, a maioria dos estudantes associou corretamente as relações de simetria para as luvas cirúrgicas, para a molécula hipotética trabalhada na aula, assim como para as mãos, 3 estudantes não fizeram a relação adequada sobre simetria e o par de luvas, entretanto, quanto a sobreposição de imagem responderam corretamente. Muitos estudantes usaram também o termo quiral e aquiral para caracterizar as luvas e a molécula hipotética (Figura 15).

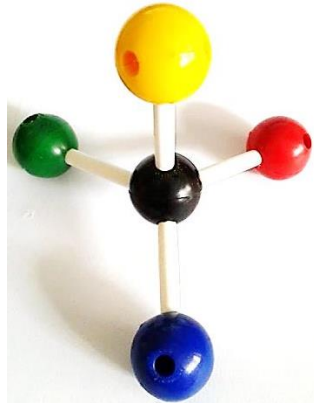
Abaixo algumas respostas dos estudantes:

E04: “Verifica-se que as **luvas são simétricas, apresentam imagens especulares e sobrepõem-se**. As **mãos são assimétricas**, apresentam imagem especular e **não se sobrepõem**. A **molécula quiral com 4 ligantes** apresenta imagem especular, **mão não é simétrica e não se sobrepõe**”.

E06: “Conclui-se que são objetos que apresentam diferentes simetrias, **a luva é simétrica, portanto aquiral**. E as **moléculas são assimétricas, logo são quirais** visto que temos 4 ligantes diferentes, quando colocadas em frente do espelho se forma uma imagem

especular, porém ao sobrepor a imagem ocorre **assimetria pois os ligantes não se sobrepõem igualmente**, por isso as moléculas em estudo são enantiômeros”.

Figura 15 - Molécula hipotética analisada pelos estudantes.



Fonte: Autores.

E14: “**Mão → assimétrica**, imagem especular e **não se sobrepõem**. **Luvas → simétricas**, imagem especular e **se sobrepõem**. Molécula aquiral → simetria, imagem especular e se sobrepõe. **Molécula quiral → assimétrica**, imagem especular e **não se sobrepõe**”.

E16: “Concluimos que as **mãos são assimétricas**, logo **não se sobrepõem**. As **luvas são simétricas (pelo menos tem um eixo simétrico)**, logo **se sobrepõem**. Já as **moléculas são assimétricas**, logo **não se sobrepõem**, sendo **quiral**”.

E20: “Podemos concluir que a **mão é uma imagem especular quando vista do espelho**, mas quando for sobreposta com a outra mão, **não são especulares**, apresentam **simetria**. Já com a **molécula de 4 ligantes diferentes se aplica o mesmo conceito de simetria**. Já a **luva é simétrica**, pois apresenta pelo menos um ponto que pode ser sobreposto, **um plano de simetria**. Assim podemos concluir que se **uma molécula não se sobrepõe sobre a sua imagem especular podemos dizer que esta molécula é assimétrica**, conhecida como **enantiômeros**, objetos que se sobrepõem a sua imagem é simétrica, então podemos chama-la de aquiral”.

Percebe-se por meio das respostas que os estudantes compreenderam o que torna um objeto ou molécula simétrico ou assimétrico, fator essencial para a compreensão da quiralidade das moléculas.

Ainda pode-se salientar a resposta do E14, que descreve sua resposta de maneira bem esquemática, diferente dos outros estudantes, o que indica indícios de que este estudante obteve uma aprendizagem mecânica, graças a memorização dos conceitos e exemplos, e não por meio de uma construção do conhecimento, como esperado de acordo com os referenciais da pesquisa.

### 2.3.7 Experimento 7

Neste experimento os estudantes construíram gráficos para verificar a dependência da variação do ângulo em acordo com a concentração de sacarose e com a altura de solução no tubo de vidro.

Esta variação ocorre em virtude da propriedade de dicroísmo circular que as moléculas quirais possuem, nas quais, o campo elétrico incidente polariza a molécula, e as cargas positivas se deslocam no sentido do campo elétrico e as cargas negativas no sentido contrário, criando um dipolo elétrico induzido (CATTANI e BASSALO, 2009). O dicroísmo circular de uma molécula assimétrica em uma região de absorção particular origina-se de uma transição eletrônica com momentos dipolares elétricos e magnéticos colineares, correspondendo ao deslocamento de um elétron de valência molecular através de um trajeto helicoidal pela absorção de radiação (MASON, 2006). Os estudantes associaram essa variação em função com a presença de um número maior de moléculas presentes na solução analisada.

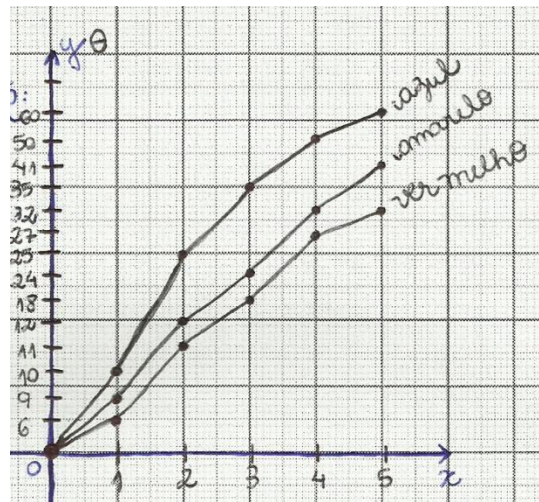
A seguir encontram-se dois gráficos elaborados pelos estudantes de acordo com os valores encontrados em suas observações, na Figura 16 o gráfico corresponde a variação do ângulo em função da concentração, e a Figura 17 a variação do ângulo em função altura de solução no tubo.

Na figura 17 pode se perceber que as curvas obtidas com os polarímetros com LED amarelo e azul se cruzam, o que não é observado em gráficos de outros estudantes, esse cruzamento se dá devido a erros durante o processo de experimentação, neste caso, pode-se associar esse desvio devido a um erro na leitura, ou até mesmo a percepção de outro estudante referente ao ponto em que a intensidade da luz transmitida fosse mínima. Esses fatores geraram diferentes valores observados.

Com isso, os estudantes puderam analisar as variáveis da fórmula usada para calcular o valor de rotação específica para determinadas substâncias, na qual deve se observar o valor do ângulo de rotação experimentalmente, bem como a concentração da solução, e a altura/comprimento do tubo em que a solução está contida. A variação também se dá de

acordo com a cor da lâmpada utilizada, e essa dependência também pode ser observada por meio do experimento, no qual as duplas realizaram o experimento com um polarímetro de determinada cor, e antes de construir o gráfico, as duplas trocaram dados com outras duplas, a fim de analisar as variações de acordo com as cores/comprimento de onda emitida pela lâmpada.

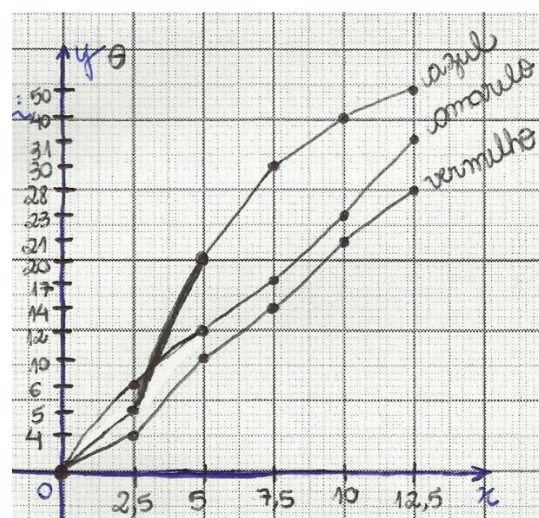
Figura 16 – Gráfico para a variação do ângulo de rotação em função da variável concentração, para os diferentes lasers usados.



Legenda: Eixo x: Concentração de açúcar em sachês de 5 gramas; Eixo y: Ângulo de rotação em graus.

Fonte: Autores.

Figura 17 – Gráfico para a variação do ângulo de rotação em função da variável altura de solução no tubo, para os diferentes lasers usados.



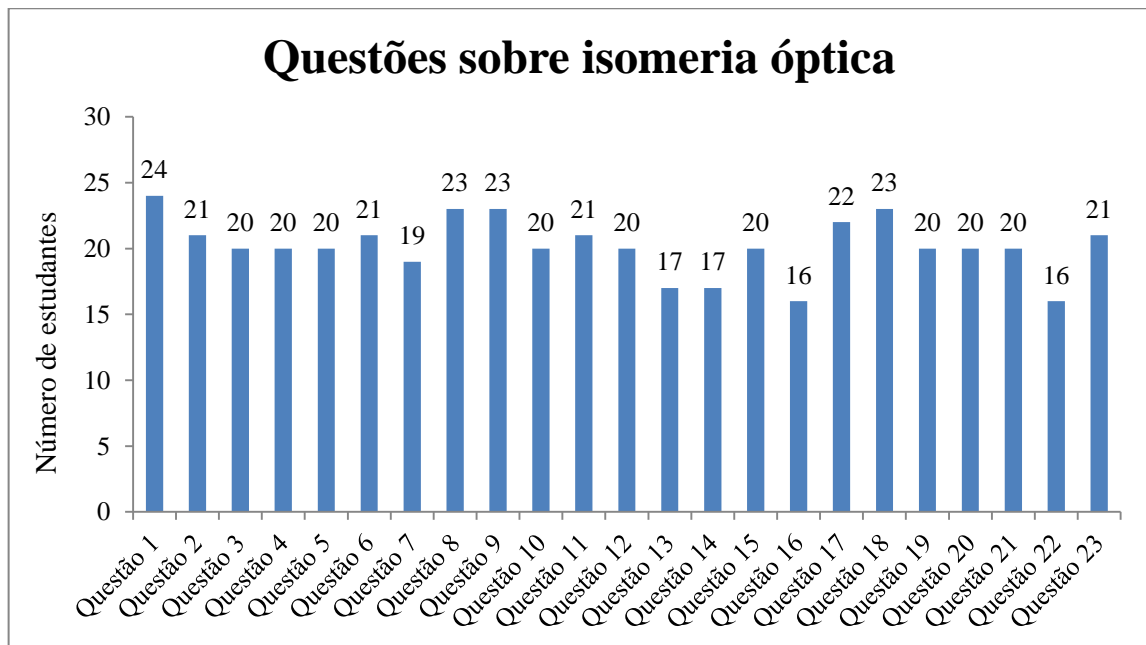
Legenda: Eixo x: Altura de solução no tubo em centímetros; Eixo y: Ângulo de rotação em graus.

Fonte: Autores.

### 2.3.8 Análise de questões referentes à quiralidade

Para as análises de questões quanto a quiralidade de moléculas, os estudantes, ao final das atividades propostas, responderam um questionário de 23 questões associadas a isomeria óptica e quiralidade (Apêndice C), na sequência tem-se um gráfico (Figura 18) em que constam os números de respostas corretas para cada questão.

Figura 18 – Gráfico Número de Estudantes com respostas corretas versus Número das Questões.



Fonte: Autores.

Essas questões tiveram como objetivo avaliar a compreensão dos estudantes especificamente quanto as características de enantiômeros/substâncias opticamente ativas, também estão presentes questões nas quais os estudantes precisaram identificar carbonos quirais e a assimetria molecular, aplicando os conhecimentos construídos experimentalmente ao observar e discutir a respeito da assimetria de moléculas e objetos no experimento 6, e ainda questões em que os estudantes, após identificar os centros quirais tiveram que calcular o número de enantiômeros opticamente ativos e misturas racêmicas. Três questões necessitaram

ainda de conhecimentos prévios relacionados aos conteúdos de química orgânica, referentes a cadeias carbônicas, isomeria geométrica e hibridizações.

Observa-se que as questões referentes as características de enantiômeros e substâncias opticamente ativas (Questões 1, 6, 7, 15, 20, 21) obtiveram uma média aritmética de 20,66 acertos, atingindo 89,8% de acertos, um valor bem significativo, se considerado as dificuldades associadas ao conteúdo.

Ao avaliar as questões em que os estudantes identificaram fatores de assimetria (Questões 4, 8, 9, 11, 12, 17, 18, 19, 22, 23), o resultado obtido também é bastante satisfatório, sendo que a média aritmética foi de 20,90 acertos, totalizando 90,86% de aproveitamento. Pode-se observar o valor distante da média para a questão 22, acreditamos que este valor deve-se a dificuldade em identificar a assimetria em compostos cíclicos.

Quando avalia-se as questões em que estiveram envolvidos os cálculos quanto ao número de enantiômeros opticamente ativos e misturas racêmicas (Questões 5, 13, 14, 16), a média aritmética obtida foi bem menor, totalizando 17,5 acertos, o que confere 76,08% de aproveitamento. Esse valor é considerado satisfatório, entretanto, observa-se que este é um apresenta maior dificuldade frente aos outros conteúdos.

As questões que abrangeram conhecimentos de química orgânica para a identificação dos fatores de assimetria (Questões 2, 3, 10) também obtiveram um bom rendimento, com média aritmética de 20,3 acertos, atingindo 88,40% de aproveitamento.

Ao avaliar estas questões e suas respostas pode-se concluir que as atividades foram de cunho satisfatório, tendo em vista que estas questões sugerem os requisitos básicos para a compreensão deste assunto entende-se que tais conceitos foram construídos pelos estudantes abrangendo o aprendizado destes.

### **2.3.9 Análise de questões de opinião referente às atividades experimentais e o material didático**

Os estudantes responderam questionários de opinião quanto a adequação dos materiais bem como da condução das atividades realizadas. O questionário apresentava quatro questões abertas, nas quais os estudantes puderam expor suas opiniões, assim como sugestões a respeito do que lhes foi apresentado.

Referente a primeira questão **“O material didático proposto foi importante para a compreensão dos conceitos? O que pode ser modificado?”**, todos os estudantes relataram a importância do material proposto, sendo que alguns identificaram pontos positivos do

material e também sugestões. Quanto aos pontos positivos, muitos estudantes ressaltaram a importância da presença de imagens mostrando moléculas quirais e aquirais, outros classificaram o material como acessível. Como sugestões, maior tempo para o desenvolvimento das atividades, bem como maior contextualização, em que mais exemplos poderiam ser explicados.

Ainda foi citado por um estudante, o caráter complementar que possui um material didático, auxiliando-os. Os mesmos mostraram-se interessados pela pesquisa, e preocupados com a aprendizagem destes conceitos, especialmente pelas suas sugestões quanto ao material.

A segunda questão fez menção quanto às atividades experimentais, **“Depois de realizar as atividades experimentais, você considera que as mesmas serviram para a aprendizagem dos conceitos trabalhados?”**. A respeito dessa questão, novamente o retorno foi positivo, e desta vez os estudantes afirmaram que as atividades auxiliaram mais na compreensão do que a aula teórica, pois fez com que visualizassem na prática a teoria. Também foi citado por um estudante que “uma aula com mais recursos, como atividades experimentais, apresenta mais didática”, fazendo com que se obtenha maior compreensão dos conceitos.

Ainda referente a segunda questão, dois estudantes relataram que as atividades experimentais aumentam a capacidade de fixação dos conceitos, auxiliando na aprendizagem, e um estudante, citou a diminuição do caráter abstrato que estes conceitos possuem.

Quanto a terceira pergunta, na qual foi questionada a conduta da pesquisadora durante a pesquisa, como condutora dos experimentos, **“A condução dos experimentos poderia ser modificada? Que modificações você pode sugerir?”**. Nesta questão, surgiu uma única sugestão, quanto a maior disponibilidade de tempo para realização das atividades, e também para maior discussão.

A maioria dos estudantes não apresentou sugestões, aprovando a condução das atividades, afirmando que o material possui linguagem acessível, além da relevância das atividades experimentais.

A última questão abrangeu as questões anteriores em um todo, abordando a importância dos materiais didáticos e das atividades experimentais, e novamente, as respostas dos estudantes dão um parecer positivo a esta pesquisa. Um estudante descreve a importância destes materiais e práticas como importantes para sua formação, “pois a utilização do material didático nos experimentos proporciona uma visão física e ampla da prática, principalmente para quem vai atuar futuramente na área industrial”. Outros estudantes avaliaram a

importância da utilização de exemplos do cotidiano dos estudantes, pois dessa forma, podem compreender teorias científicas presentes no seu dia-a-dia.

Frente as colocações dos estudantes, pode-se perceber os pontos positivos que o material desenvolvido e utilizado nesta pesquisa possui. Também são levantados pontos a serem discutidos e melhorados num posterior desenvolvimento destas atividades com outros estudantes. Entende-se ainda a adequação de exemplos a serem utilizados de acordo com o contexto em que estas estratégias de ensino serão utilizadas.



### 3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados encontrados nesta pesquisa foram todos satisfatórios, resta-nos discutir a respeito de como estes foram construídos frente a perspectiva desta pesquisa. Como pode-se perceber na descrição das atividades, item 2.2.2, as atividades foram desenvolvidas com um crescente de conteúdos, em que cada um deles foi tomado como fundamental para a compreensão do próximo fenômeno observado, em que foram sendo acrescentados conceitos.

Tomando como referencial nesta pesquisa o construtivismo, que assume a construção do conhecimento por meio da interação entre o sujeito e o objeto, em que o conhecimento deve ser significante para os estudantes. Tendo esta perspectiva como base, as atividades experimentais e os materiais didáticos constituem o objeto com o qual os estudantes podem interagir nesta pesquisa, induzindo a reflexões acerca da interação com que tiveram com estes.

Essa interação faz com que ocorra uma mudança estrutural no pensamento dos estudantes, na qual novos conhecimentos são acomodados, acarretando na aprendizagem. Se esta interação e reflexão for capaz de construir o conhecimento de maneira significativa, o mesmo torna-se mais completo para o sujeito e no ensino, isso confere uma aprendizagem satisfatória.

Nos três primeiros experimentos os conceitos tratados são relacionados a disciplina de física. Pelos resultados já analisados entendemos que a interação entre os experimentos, materiais didáticos, além da discussão entre os estudantes fez com que surgissem explicações para os fenômenos observados, e assim novas reflexões foram sendo construídas, provocando uma acomodação do conhecimento na estrutura cognitiva dos estudantes, fato que contribui para a aprendizagem.

Percebeu-se em vários questionamentos, que a interação entre os estudantes provocou conflito em relação ao conhecimento já acomodado, mas é a partir destes conflitos segundo Sisto (1993, apud SILVA, SILVA e SILVA, 2015) que se constrói o aprendizado.

Ainda a respeito dos experimentos 1, 2 e 3, pode-se observar que as respostas dos estudantes passam a apresentar uma maior complexidade, além de a pesquisadora ter observado uma maior motivação dos estudantes na busca por respostas para o fenômeno, aumentando dessa forma a interação entre os estudantes e também com o material didático.

Nos experimentos 4 e 5 não existiram questionamentos a serem respondidos, mas em virtude da visualização do fenômeno de atividade óptica os estudantes mostraram-se curiosos, e passaram a questionar a diferença no valor encontrado pelas duplas. A maior diferença se deu devido aos polarímetros confeccionados apresentarem lâmpadas de comprimento de

ondas diferentes, fazendo com que os estudantes passassem a questionar-se por que essa diferença é observada. Pequenas diferenças também ocorreram, mas em virtude do polarímetro não possuir um rigoroso controle ao ser construído, os valores também podem ser diferenciados de acordo com a visão de cada pessoa, devido ao ponto tomado como referencial.

No experimento 4, os estudantes também observaram que o valor do ângulo aumentava a medida que acrescentavam um sachê de açúcar, esse aumento foi associado pelos estudantes ao aumento de concentração, sendo assim, haveria um maior número de moléculas presentes na solução. Dessa observação também pode-se inferir que os estudantes utilizaram seus conhecimentos já acomodados para observar esse fator.

No Experimento 5, de maneira semelhante ao anterior, os estudantes também associaram o aumento do valor do ângulo a medida que colocavam mais solução no tubo, esse fator também foi vinculado ao maior número de moléculas presentes em um volume maior de solução analisada.

No experimento 6, os questionamentos são breves, servindo mais para fazer com que os estudantes reflitam acerca do que lhes foi apresentado. Mas, após analisar o questionário de conceitos de isomeria óptica, mais discutido no item 2.3.6, percebe-se que o experimento 6 foi de grande valia, pois desenvolveu nos estudantes os conceitos de assimetria e quiralidade, fazendo com que os estudantes tivessem um ótimo rendimento quanto a identificação de moléculas com assimetria ou centros quirais.

O experimento 7 em conjunto com os experimentos 4 e 5 fez com que se compreendessem os fatores que influenciam o ângulo de rotação da luz plano polarizada. Neste experimento, os estudantes construíram gráficos pelos quais os estudantes puderam visualizar a dependência que o ângulo de rotação possui de acordo com a concentração da solução e também o volume de solução presente no tubo (neste experimento atribuído como altura de líquido no tubo), estas são as variáveis presentes na equação que mede o valor da rotação específica para cada solução. Ainda pode ser discutida a influência da cor emitida pela lâmpada utilizada no polarímetro, uma informação que também consta na equação.

Ao final da pesquisa, podemos afirmar que todos os resultados obtidos foram satisfatórios, observando que os estudantes por meio da experimentação e da metodologia construtivista alcançaram bons resultados nos questionários propostos. Também pode-se afirmar que as discussões entre os estudantes promoveram uma aprendizagem mais significativa, pois por meio destas, os mesmos precisaram buscar conhecimentos e romper com suas estruturas cognitivas para assimilar novos conhecimentos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa em ensino de química teve como problema inicial o seguinte questionamento, **“Como diminuir as dificuldades que envolvem o ensino de isomeria óptica e tornar o assunto significativo para os estudantes?”**, e com a finalidade de responder esse questionamento, a pesquisa teve o seguinte objetivo, *“Promover, de maneira relevante, a construção do conhecimento de isomeria óptica aos estudantes por meio de atividades experimentais em um modelo de ensino construtivista”*.

Para resolver tal questionamento, foram investigadas em pesquisas anteriores quais as dificuldades encontradas pelos professores ao ensinarem os conceitos de isomeria óptica. As dificuldades repetem-se em algumas pesquisas, e fazem referência a visualização de moléculas em três dimensões, que é vinculado a falta de compreensão de conceitos como ligações químicas e geometria, conceitos trabalhados anteriormente e por diversas vezes de maneira não relevante, o que acaba provocando desinteresse por parte dos estudantes. Outras pesquisas citam ainda a falta de domínio do conteúdo por parte dos professores, esse fato deve-se geralmente ao ensino que tiveram durante sua formação, sendo que provavelmente também enfrentaram muitas dificuldades e as mesmas não foram resolvidas.

Frente a essas dificuldades, consideramos que o ensino de isomeria óptica seria melhor contemplado com a utilização de atividades experimentais, assim como discutem outros pesquisadores a esse respeito, nós julgamos a experimentação como essencial para o ensino de química, pois esta estratégia promove a diminuição da abstração de conceitos e incentiva os estudantes a questionarem-se. Dessa forma, fez-se necessário o estudo de materiais didáticos disponíveis para a realização de atividades experimentais que abrangessem o ensino dos conceitos vinculados a este conteúdo.

Devido a falta de materiais disponíveis esta pesquisa buscou o desenvolvimento de atividades experimentais e materiais didáticos que pudessem contemplar conceitos vinculados a isomeria óptica. Entretanto, vimos a necessidade de construção de materiais que pudessem ser utilizados para alcançar o objetivo da pesquisa. Dessa forma, após identificar os conceitos a serem trabalhados e a maneira como os mesmos poderiam ser abordados, foram planejados e construídos os materiais didáticos que conduziram a construção do conhecimento.

Estes materiais foram desenvolvidos visando sua utilização em sala de aula, sem necessitar de um laboratório, o que facilita seu uso. Ao compreendermos a importância de um material didático em uma aula, compreende-se também a importância que possui a adequação deste ao contexto em que os mesmos serão utilizados, por isso, é necessário que, quando

encontram-se materiais prontos, deva-se averiguar seus pontos positivos bem como aqueles que o material pode 'deixar a desejar', sendo função do professor, neste momento atuar de maneira a preencher tais limitações do material, adequando-o. Na perspectiva da pesquisa e frente as opiniões dos estudantes, bem como da pesquisadora, os materiais propostos foram indispensáveis para o ensino, visto a metodologia proposta, pois como citaram os estudantes por meio dos materiais foi possível identificar imagens ilustrativas a respeito do conhecimento além de promover a contextualização dos conceitos.

Podemos, graças as opiniões dos estudantes, compreender o que os motiva frente as atividades experimentais, na qual os estudantes relatam a sua participação ativa, e ainda relatam que as mesmas auxiliam mais na compreensão do que simplesmente aulas teóricas, onde os conceitos apresentam-se de forma mais abstrata. Entendemos então, que as atividades experimentais utilizadas fizeram com que se atingissem os objetivos pelos quais as mesmas foram propostas, de auxiliar na construção de conceitos além de favorecer a atividade em grupos, o desenvolvimento de habilidades manipulativas entre outros citados no item 2.1.2.

Ainda é possível concluir a influência que possui a utilização destas estratégias no ensino, tendo visto o que foi discutido no item 2.3.7, em que os estudantes opinaram a respeito da importância da utilização dos materiais didáticos e das atividades experimentais no ensino, nos quais os mesmos justificaram a importância destes, pois os aproxima da realidade profissional, além de tornar os conceitos estudados menos abstratos e mais significativos, compreendendo assim a aplicação da ciência em importantes seguimentos industriais.

O construtivismo, metodologia proposta nesta pesquisa, no qual os sujeitos constroem seu conhecimento a partir da interação com objetos, outros sujeitos e ainda com o meio no qual estão inseridos, toma como sujeitos os estudantes, os objetos como as atividades experimentais e os materiais didáticos, e por meio da contextualização buscamos tornar presente a realidade a qual estes estudantes convivem.

Por meio dessa perspectiva consideramos que os resultados obtidos foram de caráter bastante satisfatório, tendo em vista que os estudantes não encontravam as respostas claramente na interação com os materiais, mas sim, devido aos questionamentos que os mesmos faziam uns aos outros, e ainda buscando conhecimentos prévios para tentar solucionar os questionamentos a eles propostos. A essas interações e conflitos cognitivos, que levaram a reflexões deve-se a construção do conhecimento, segundo Sisto (1993, apud SILVA, SILVA e SILVA, 2015).

Dessa forma podemos concluir que a proposta de ensino desta pesquisa atingiu seu objetivo, de por meio de atividades experimentais e um modelo de ensino construtivista promover a aprendizagem de conceitos vinculados à isomeria óptica. Esperamos também que os materiais desenvolvidos possam servir para outros professores e estudantes a fim de diminuir limitações que o ensino de isomeria óptica possui, contribuindo assim para a aprendizagem.

Ao finalizar este trabalho é possível afirmar a importância que o desenvolvimento de uma proposta de ensino possui na formação de um docente, especialmente ao referir-se aos conceitos abordados nesta pesquisa. Como citado em pesquisas, as dificuldades não pertencem somente aos estudantes da educação básica, mas são existentes também em estudantes de nível superior assim como, também em professores já atuantes.

## REFERÊNCIAS

AIRES, J. A.; LAMBACH, M. Contextualização do ensino de Química pela problematização e alfabetização científica e tecnológica: uma possibilidade para a formação continuada de professores. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.10, n.1, ISSN 1806-5104, 2010.

ALUNOS ONLINE. Carbono Assimétrico ou quiral. Disponível em: <<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/carbono-assimetrico-ou-quiral.html>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2, p.176-194, 2003.

ARAÚJO, R. S.; MALHEIRO, J. M. S.; TEIXEIRA, O. P. B. Uma análise das analogias e metáforas utilizadas por um professor de química durante uma aula de isomeria óptica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 1, 2015.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. **Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências**. In: NARDI, R. (Org.). Questões atuais no ensino de ciências. São Paulo: Escrituras, 1998.

BAGATIN, O.; SIMPLÍCIO, S. I.; SANTIN, S. M. de O.; FILHO, O. S. Rotação da luz polarizada: Abordagem histórica com proposta experimental. **Revista Química Nova na Escola**, n. 1, 2005.

BARREIRO, E. J.; FRAGA, C. A. M. **Química medicinal – As Bases Moleculares da Ação dos Fármacos**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. 2. ed .Porto Alegre: Penso, 2012.

BERMUDEZ, J. A. Z., BARRAGAT, P. Medicamentos quirais: da discussão química a discussão política. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro , v.12, n.1, 1996.

BOTAS, D.; MOREIRA, D. A utilização dos materiais didáticos nas aulas de Matemática – Um estudo no 1º Ciclo. **Revista Portuguesa de Educação**, CIED – Universidade do Minho, Portugal, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Básico. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Básico. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. v. 2. Brasília, 2006.

BROOKS, J. G.; BROOKS, M. G. **Construtivismo em Sala de Aula**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

BUENO, L.; MOREIA, K. de C.; SOARES, M.; DANTAS, D. J.; WIEZZEL, A. C. S.; TEIXEIRA, M. F. S. **O ensino de química por meio de atividades experimentais: a realidade do ensino nas escolas**. São Paulo, [2003]. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/ENNEP/Trabalhos%20em%20pdf%20-%20Encontro%20de%20Ensino/T4.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CATTANI, M.; BASSALO, J. M. F. Atividade óptica de um meio dielétrico diluído: Pasteur e as simetrias moleculares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, 2009.

COELHO, F. A. S. Fármacos e Quiralidade. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. n. 3, 2001.

CORREIA, M. E. A.; FREITAS, J. C. R.; FREITAS, J. J. R.; FILHO, J. R. de F. Investigação do fenômeno de isomeria: concepções prévias dos estudantes do ensino médio e evolução conceitual. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, 2010.

CHASSOT, A. I. **Catalisando transformações na educação**. 3 ed. Ijuí: Unijuí, 1993.

DURAND, A. M. A Química dos Minerais: Uma Temática para Investigar o Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

FISCARELLI, R. B. de O. Material Didático E Prática Docente. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 2, n. 1, 2007.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Revista Química Nova na Escola**, n. 10, p.43-49, 1999.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Revista Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, 2009.

INHELDER, B.; PIAGET, J. **The Growth of Logical Thinking from childhood to Adolescence**. New York: Basic Books, 1958.

JÚNIOR, J. N. da S.; BARBOSA, F. G.; JUNIOR, A. J. M. L. Polarímetro virtual: desenvolvimento, utilização e avaliação de um software educacional. **Química Nova**, v. 35, n. 9, 2012.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. de L. Interdisciplinaridade em ensino de ciências e matemática no ensino médio. **Ciência e Educação**, v. 13, n. 3, 2007.

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

MAAR, J. H. Justus Von Liebig. Parte 1: Vida, personalidade, pensamento. **Química Nova**, v. 29, n. 5, 1129-1137, 2006.

MARCELINO-JR., C. de A. C.; SOUSA, P. C. M. de; CAMPOS, A. F.; NUÑEZ, I. B. O conhecimento pedagógico do conteúdo isomeria em professores de química do ensino médio. IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade. ISSN 1982-3657, 2010.

MASON, S.F. Optical Activity and molecular dissimetry. **Journal contemporary physics**, v. 9, 2006.

MELO, M. R.; NETO, E. G de L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química nova na escola**, v.35, n. 2, 2013.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

NETO, J. E. S.; CAMPOS, A. F.; JÚNIOR, C. de A. C. M. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, 2013.

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

ORLANDO, R. M.; FILHO, C. N.; GIL, S. E. de; STRINGHETTA, J. P. de S. Importância Farmacêutica de Fármacos Quirais. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, 2007.

PAULETTI, F. Entraves ao ensino de química: apontando meios para potencializar este ensino. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências - Areté**, Manaus, v. 5, n. 8, 2012.

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

RAUPP, D. J. Um estudo de caso sobre a compreensão de conceitos químicos mediante visualização de representações computacionais 3D utilizando o referencial de Campos Conceituais. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2010.

RAUPP, D. J.; DEL PINO, J. C. **O desafio do ensino de estereoquímica no Ensino Médio e o papel da visualização**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Águas de Lindóia, SP, 2013.

RAUPP, D. J.; DEL PINO, J. C. Estereoquímica no Ensino Superior: historicidade e contextualização em livros didáticos de Química Orgânica. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 17, n. 1, 2015.



ROQUE, N. F. **A Química e o Mundo: Livro 3: a tecnologia.** v. 3, 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. O que significa ensino de Química para formar cidadão? **Química Nova na Escola.** n. 4, 1996.

SILVA, E. V. da, Construção de modelos moleculares para ensinar isomeria óptica no ensino médio/técnico. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2014.

SILVA, P. P. S. da; SILVA, F. H. S. da; SILVA, M. de F. V. da; O construtivismo e a experimentação como tendências pedagógicas e metodológicas para o ensino de física moderna. **Interacções,** n.39, p. 430 – 444, 2015.

SIQUEIRA, R. M.; SILVA, N. S. da; FELIZARDO JÚNIOR, L. C. A Recursividade no ensino de química: Promoção de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo. **Química Nova na Escola,** v. 33, n. 4, 2011.

SOLÉ, I.; COLL, C. Os professores e a concepção construtivista. In: COLL, C.; MARTÍN, E.; MAURI, T.; MIRAS, M.; ONRUBIA, J.; SOLÉ, I.; ZABALA, A. **O construtivismo na sala de aula.** 6 ed. São Paulo: Ática, 2011.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – CADERNO DIDÁTICO DE EXPERIMENTOS DE ISOMERIA MOLECULAR

Universidade Federal de Santa Maria  
CCNE - Departamento de Física  
Programa FIEX/PROLICEN 2016  
Registro GAP/CCNE N° 039511

### EXPERIMENTOS DE ISOMERIA MOLECULAR

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### I. A LUZ COMO ONDA ELETROMAGNÉTICA

Uma onda eletromagnética é caracterizada por uma frequência, comprimento de onda e direção do eixo do campo elétrico e magnético que oscilam sempre transversalmente a direção do observador. A frequência da onda determina a energia que ela transporta e, conseqüentemente, a sua cor quando tratamos de ondas que podem ser detectadas pelo olho humano.

As ondas eletromagnéticas consistem de um número incontável de fótons que são partículas que carregam energia. A energia  $E_f$  de um fóton luminoso de comprimento de onda  $\lambda$  em nanômetros é dado em elétrons-volt (1 eV =  $1,602 \times 10^{-19}$  Joules) pela seguinte fórmula:

$$E_f = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{\lambda}$$

Pelo fato da direção dos vetores campos elétricos e magnéticos serem fixas com respeito a direção de propagação da onda eletromagnética, dizemos que ela apresenta a propriedade de *polarização*.

A *luz não polarizada* é aquela constituída por um número incontável de ondas eletromagnéticas individualmente polarizadas em uma, dentro de infinitas possibilidades de orientação do vetor campo elétrico de cada componente dentro de um círculo. Somando todos esses vetores, a polarização resultante é zero e não podemos definir uma direção preferencial para o campo elétrico da luz resultante

da soma de todas essas componentes.

Mesmo na natureza, a luz natural pode apresentar polarização como a luz emitida por nebulosas na nossa galáxia e a emissão de radiação por algumas espécies de moléculas em meios cósmicos.

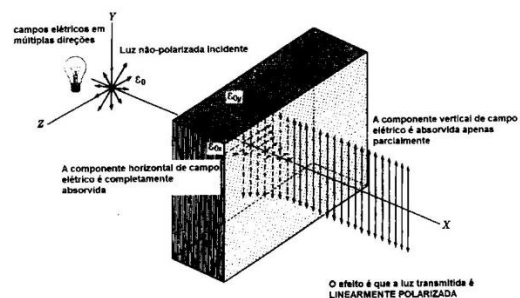
A orientação do vetor campo elétrico da onda define a direção de polarização. Observando a fonte de luz polarizada, na direção do olho humano, rotações de ângulos no sentido horário compreendem um *desvio dextrógiro* ou para a direita.

Por *desvio levógiro*, entendemos a rotação no sentido anti-horário ou para a esquerda.

Substâncias que provocam rotações dextróginas ou levóginas são conhecidas como *substâncias opticamente ativas*.

#### II. POLAROIDES

Observando a figura abaixo, temos a descrição do funcionamento de um polaroide.



A luz não polarizada com campos elétricos em inúmeros planos é emitida por uma lâmpada incandescente comum.

Quando essa luz passa pelo polaroide, todos os campos elétricos que não forem alinhados com o eixo óptico do polaroide serão absorvidos internamente.

Somente a onda cujo vetor campo elétrico for alinhada com esse eixo irá passar através do polaroide.

Por esse mecanismo, os polaroides são os únicos dispositivos que possibilitam medir a direção do campo elétrico da luz polarizada.

### Experimento 1 - Dicroísmo

**Dicroísmo** é a propriedade de certos materiais de permitir a passagem de campos elétricos em uma direção específica. Campos elétricos em outros ângulos são absorvidos e não passam pelo material.

Logo, os polaroides ou polarizadores são elementos dicroicos. Plásticos industriais com propriedades dicroicas podem ser aplicados sobre vidros na forma de películas, formando dispositivos chamados de vidros ou lentes polaroides.

Lista de materiais:

- Dois discos polaroides tipo filtro de câmera fotográfica;
- Uma fonte de luz (lanterna);

Ligue a lanterna e coloque o polaroide fotográfico sobre o feixe de luz.

A lâmpada da lanterna é uma fonte de luz aleatoriamente polarizada, ou seja, uma luz não polarizada que possui ondas eletromagnéticas com campos elétricos em todas as direções possíveis entre  $0^\circ$  e  $360^\circ$ .

**Questão 1.1 - O que você percebeu sobre a intensidade da luz? Aumentou ou diminuiu?**

Escreva suas respostas em uma folha anexa.

Isso se deve ao fato do polaroide ter absorvido todas as outras ondas eletromagnéticas e deixou passar somente ondas com campos elétricos próximos ao seu eixo interno de polarização.

Na prática, sabe-se que metade da intensidade da luz não polarizada incidente passa para o outro lado do polaroide.

Mantenha o primeiro polaroide sobre a lanterna.

Pegue o segundo polaroide e observe a luz, girando o mesmo completamente no sentido horário e anti-horário.

**Questão 1.2 - O que você observa a partir da intensidade da luz que passa pelos dois polaroides?**

Quando o ângulo entre os eixos do polaroide for  $0^\circ$  ou  $180^\circ$ , a intensidade transmitida pelos dois é máxima.

Quando o ângulo entre os eixos do polaroide for  $90^\circ$  ou  $270^\circ$ , a luz é completamente absorvida.

Na realidade, a intensidade da luz que passa por dois polaroides quaisquer cujos eixos fazem um ângulo  $\theta$  entre eles, é dada pela seguinte fórmula, conhecida como **lei de Malus**:

$$I(\theta) = I_0 \cos^2\theta$$

Aqui,  $I_0$  é a intensidade da onda entre os dois polaroides, que é duas vezes menor que a intensidade da luz não-polarizada produzida pela lâmpada.

Na prática o dicroísmo do polaroide fotográfico funciona bem melhor para as cores do arco-íris que não sejam azul ou violeta.

### Experimento 2 - Birrefringência

Vamos descobrir experimentalmente as propriedades mais importantes sobre o fenômeno da birrefringência.

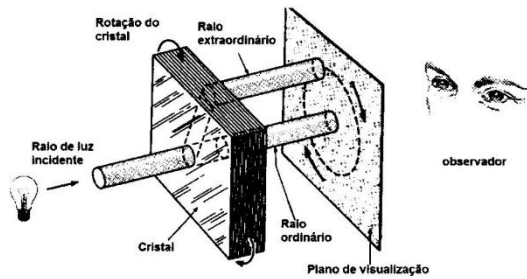
Lista de materiais:

- Um disco polaroide tipo filtro de câmera fotográfica;
- Um cristal de calcita (espato de Islândia);
- Uma fonte de luz;
- Um trecho de texto impresso;
- Uma lente de aumento.

Pegue o cristal de calcita e coloque-o sobre uma linha do texto de um parágrafo qualquer desse texto.

**Questão 2.1 - Descreva que aconteceu com as letras.**

Isso é observado devido a separação da luz em dois feixes, o *ordinário* e o *extraordinário* no cristal, conforme mostra a figura abaixo:

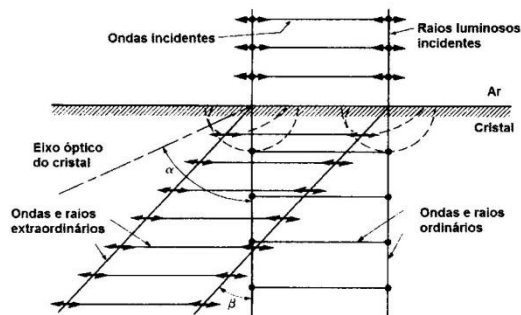


O raio ordinário é aquele que passa pelo cristal sem sofrer alteração, enquanto o raio extraordinário sofre um desvio inicial quando a luz entra no cristal, mas se propaga sempre na mesma direção e paralelamente ao eixo do raio ordinário.

Esse fenômeno não é uma refração como visto na Física.

**Questão 2.2. - Saberá explicar o porquê que não é uma refração ?**

Observe a figura abaixo e relacione os vetores campo elétrico dos raios ordinários e extraordinários.



Tente entender essa figura.

Gire o cristal para ver o que acontece com o raio extraordinário. Note que o raio ordinário nunca muda de lugar com a rotação do cristal.

**Questão 2.3 - Descreva as propriedades da polarização dos feixes de luz que saem do cristal. Qual dos raios é polarizado ?**

Para você resolver a questão acima, pegue o polaroide circular e observe o que acontece ao girar o mesmo enquanto observa as letras que passam pelo cristal e que aparecem borradas.

Enfim, complemente a sua resposta da questão 2.3, explicando como você interpreta

o que está vendo.

O fenômeno observado é chamado de *birrefringência*, em que um material transparente provoca o desvio da luz em dois raios paralelos.

Em minerais como a calcita, a birrefringência produz feixes de luz polarizados e temos, portanto, polarizadores naturais.

Birrefringência sempre gera uma seleção de campos elétricos da luz polarizada e produz-se feixes de luz polarizados a partir da luz não polarizada.

No ar, a luz se propaga sem alteração de campo elétrico, o que explica a razão do polarizador não afetar as letras que não estão por trás do cristal.

### Experimento 3 - Testando a birrefringência com comprimentos de onda diferentes

Para fazer esse experimento, use os seguintes materiais:

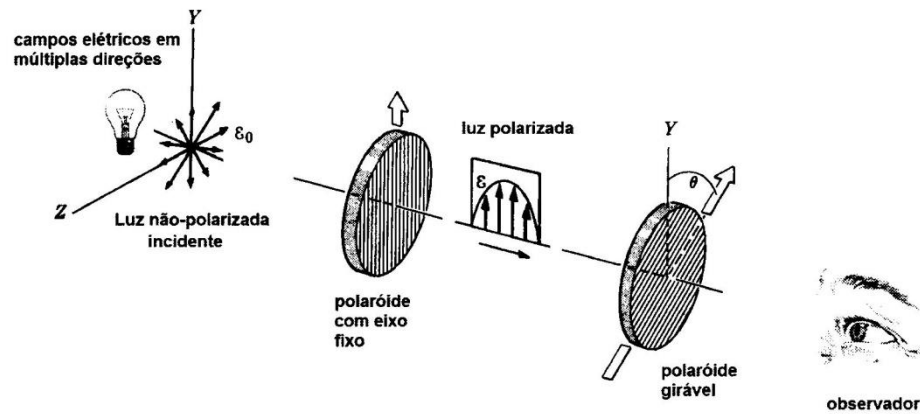
- Mineral de calcita;
- Apontador laser vermelho (671 nm);
- Apontador laser azul-violeta (405 nm);
- Disco polaroide tipo filtro de câmera fotográfica;
- Caixa preta.

Coloque o mineral de calcita dentro da caixa preta em uma posição que favoreça a manipulação dos lasers. Em seguida, direcione o laser vermelho sobre a calcita, e observe o que acontece com o feixe de luz dentro do mineral, e fora do mineral. A seguir, posicione o disco polaroide a frente do mineral e observe o que acontece com o feixe de luz, depois, rotacione o disco polaroide, e verifique o feixe de luz que é refletido no fundo da caixa preta.

Em seguida, repita os procedimentos com o laser azul-violeta, e observe o que acontece com o feixe de luz dentro e fora do mineral.

Nunca olhe o laser diretamente. Projete o feixe na parede e analise os mesmos através do disco polaroide.

**Questão 3.1 - Os feixes são diferentes em que respeito? Explique o porquê?**



### III. O POLARÍMETRO

Um polarímetro é um instrumento que mede a quantidade de rotação angular que o plano da luz polarizada sofre quando passa por uma substância opticamente ativa.

Da figura acima, vemos que um polarímetro é composto por uma fonte de luz, duas lentes polarizadoras, um tubo de vidro onde é colocada a amostra, e um leitor, por meio do qual se faz a leitura do ângulo. Aqui utilizaremos um polarímetro construído a partir de materiais simples, onde a leitura se dará de forma manual, diferente de um polarímetro digital, onde o ângulo de rotação é informado digitalmente.

Ao colocarmos uma substância opticamente ativa haverá uma rotação desta luz polarizada, quando a rotação for para a direita, no sentido horário, intitula-se a substância/molécula como dextrógira, já quando a rotação acontecer no sentido anti-horário, para a esquerda, diz-se que a substância/molécula é levógira.

A figura ao topo dessa página mostra as partes principais que compõem um polarímetro.

#### Experimento 4 - Medindo a rotação óptica com o polarímetro

Nesse experimento, vamos medir a rotação óptica de três substâncias diferentes com o polarímetro.

Lista de materiais:

- Um polarímetro;

- 3 Copos plásticos transparentes;
- 2 colheres de plásticos;
- 3 amostras (A,B,C);
- Régua de acrílico de 15 cm;
- Água pura.

Inicialmente, ligue o aparelho na chave e verifique pelo buraco na tampa, girando a mesma, o ângulo onde a incidência de luz é mínima. Anote o ângulo que está coincidindo com a linha marcada no polarímetro.

Adicione a amostra A ao tubo de vidro até a marca de 10 cm, e recoloque o tubo no polarímetro, feche com a tampa e observe pelo buraco na tampa o que aconteceu com a incidência da luz. A seguir, observando pelo buraco gire a tampa para a direita e para a esquerda, e gire até que a incidência de luz seja mínima novamente, e anote o ângulo que coincide com a linha no polarímetro.

**Questão 4.1 - Para que lado foi o giro da amostra A ?**

Agora, adicione a amostra B ao tubo de vidro até a marca de 10 cm, recoloque o tubo no polarímetro, feche a tampa, e proceda da mesma forma que com a amostra anterior. Observe e faça as anotações em seu material.

**Questão 4.2 - O giro da tampa foi no mesmo sentido que no anterior? O que estas amostras contém?**

A seguir, adicione a amostra C até a marca de 10 cm no tubo de vidro, e repita os pro-

cedimentos anteriores, sempre verificando o que acontece com a luz ao girar a tampa, e anotando os valores observando quando a incidência de luz for mínima.

Coloque água pura no tubo de vidro até a marca de 10 cm, e recoloque o tubo no polarímetro, feche com a tampa e alinhe ao ângulo anotado anteriormente. Veja o que ocorre ao girar a tampa, e faça anotações em seu material.

**Questão 4.3 - Agora, a que conclusões podemos chegar? O que temos presentes nas amostras A, B e C?**

**Experimento 5 - Testando a rotação da sacarose com a variação de concentração de soluto**

Sabendo que a rotação específica varia de acordo com a concentração da amostra, espera-se que o ângulo de rotação observado por meio do polarímetro varie com o aumento ou diminuição da quantidade de soluto dissolvido.

Lista de materiais:

- Polarímetro;
- Água pura;
- Copo plástico;
- Colher de plástico;
- Porções de açúcar de mesa (em sachês de 5g);
- Régua de acrílico de 15 cm.

Primeiramente, adicione 10 cm de água pura ao tubo do polarímetro, verifique o ângulo de rotação para que a incidência de luz seja mínima.

Após, transfira o volume de água contido no tubo de vidro para um copo plástico, em seguida, adicione um sachê de 5g de açúcar e dissolva completamente. Adicione essa solução no tubo do polarímetro, e verifique o que acontece com a luz polarizada.

Concentração	Ângulo de rotação ( $\alpha$ )
Água pura	
Um sachê	
Dois sachês	
Três sachês	
Quatro sachês	
Cinco sachês	

Se observar que a luz polarizada sofreu alteração quanto ao seu estado inicial, gire a tampa de modo a visualizar novamente a menor incidência de luz, anote o sentido de rotação da tampa na tabela acima, bem como o ângulo de rotação para a obtenção desse ponto de menor incidência de luz.

Em seguida, transfira a amostra do tubo para o copo novamente, e adicione mais um sachê de 5g de açúcar, dissolva completamente. A seguir transfira novamente para o tubo e recoloque-o no polarímetro. Proceda com o polarímetro como anteriormente, não esquecendo-se de anotar o sentido do giro e o ângulo de rotação.

À solução anterior, adicione mais um sachê de 5g de açúcar, e dissolva completamente. Utilize o polarímetro novamente para verificar o efeito que o aumento da concentração de açúcar exerce sobre a luz polarizada. Não esqueça de tomar nota das observações.

Proceda da mesma maneira a anterior, adicionando mais um sachê de 5g de açúcar.

E novamente, adicione mais um sachê de 5g de açúcar, e verifique o comportamento da luz polarizada, girando a tampa de modo que seja observado a menor incidência de luz pelo polarímetro. Compare com os valores anteriores.

Anote os dados na tabela anterior porque você precisará deles para uma análise futura.

**Experimento 6 - Testando a rotação da sacarose com a variação da altura do líquido no tubo de vidro**

Sabendo que a rotação específica da sacarose, assim como de outras substâncias opticamente ativas, varia em função da altura do líquido no tubo de vidro, esperamos observar variações do ângulo ao adicionar diferentes quantidades da solução no tubo.

Lista de materiais:

- Polarímetro;
- Água pura;
- Copo plástico;
- Colher de plástico;
- 25 gramas de açúcar de mesa (cinco sachês de 5g).
- Régua de acrílico de 15 cm.

Inicialmente, verifique o comportamento da luz ao colocar o tubo vazio, sem nenhuma amostra.

Anote suas observações na tabela abaixo.

Altura da amostra $L$	Ângulo de rotação ( $\alpha$ )
Sem amostra	
2,5 cm	
5,0 cm	
7,5 cm	
10,0 cm	
12,5 cm	

A seguir, utilize a solução preparada para o experimento anterior, contendo 25 gramas de

açúcar dissolvidos em água, e com o auxílio da régua adicione a solução até a marca de 2,5 cm no tubo. Coloque o tubo contendo a solução no polarímetro e observe o que acontece com a luz polarizada. Gire a tampa até encontrar o ponto de menor incidência de luz, ou seja, quando a passagem de luz for mínima. Não esqueça de fazer suas anotações na tabela.

Em sequência, com o auxílio da régua, adicione a solução até a marca de 5 cm no tubo. Recoloque o tubo no polarímetro e realize as observações, e quando necessário gire a tampa até encontrar o ponto de passagem mínima de luz. Anote os valores encontrados.

Adicione a solução até a marca de 7,5 cm. Em seguida volte a colocar o tubo no polarímetro e faça as observações em relação a luz polarizada. Se necessário, gire a tampa até obter o ponto de mínima incidência de luz, e proceda com as anotações referentes ao ângulo.

Após, adicione mais solução até a marca de 10,0 cm. Recoloque o tubo no polarímetro, verifique o que acontece com a luz polarizada, gire a tampa até observar a mínima passagem de luz pela amostra. Anote o ângulo encontrado.

Novamente adicione a solução, dessa vez até a marca de 12,5 cm. Observe o que acontece com a luz polarizada e gire a tampa até verificar o ângulo onde a incidência de luz seja mínima.

Anote os valores encontrados na tabela acima.

**Experimento 7 - Substâncias Opticamente Ativas**

Como já vimos experimentalmente, algumas substâncias podem provocar alterações à luz polarizada. Nos experimentos realizados estávamos trabalhando com substâncias opticamente ativas, por isso foram visualizados os desvios dextrógiros e levógiros. Tais substâncias tem a capacidade de girar o plano de polarização da luz, diz-se que estas possuem **atividade óptica**.

A descoberta desse fenômeno ocorreu quando, ao analisar certos cristais percebeu-se que alguns desviavam o plano de rotação da



luz polarizada. Posteriormente, alguns estudos comprovaram a existência de dois tipos de cristal de quartzo, de formas geométricas assimétricas, sendo que um dos cristais é a imagem do outro.

Para entendermos melhor a assimetria, vamos observar alguns objetos.



Lista de materiais:

- Um espelho;
- Um par de luvas;
- Moléculas;

Coloque um espelho a frente de cada objeto e observe o objeto e a imagem refletida. Faça essa observação também com sua mão.

**Questão 7.1 - O que você pode concluir ao verificar esses objetos? São imagens espelulares? Sobreponem-se?**

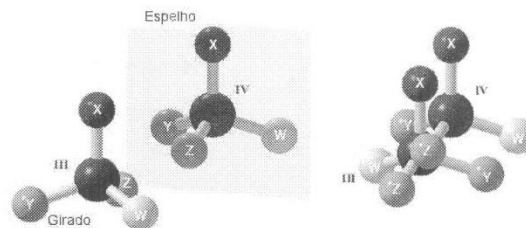
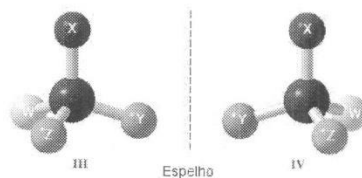
Para analisar substâncias, temos que observar a seguinte nomenclatura oficial:

- Substâncias que giram o plano da luz polarizada no sentido anti-horário são chamadas D(-) ou opticamente levógiras. Pela letra "D" entendemos que as estruturas moleculares adjacentes ao carbono central estão em uma configuração espacial dextrógira.
- Entendemos as substâncias opticamente dextrógiras as que giram o plano da luz polarizada no sentido horário (+), mas se as estruturas moleculares associadas ao carbono central são espacialmente levógiras, temos as substâncias tipo L(+).

#### IV. CONCEITOS DE QUIRALIDADE

Quando uma molécula não se sobrepõe sobre a sua imagem especular, diz-se que essa possui assimetria quiral. Uma molécula quiral e sua imagem são conhecidas como **enantiômeros**.

A palavra quiral é utilizada para descrever moléculas de enantiômeros, que possuem uma relação idêntica a visualizada com suas mãos. O termo quiral é derivado da palavra grega 'cheir', que significa mão. Quando moléculas ou objetos superpõem-se as suas imagens diz-se que estes são simétricos, e por isso são chamados **aqirais**.

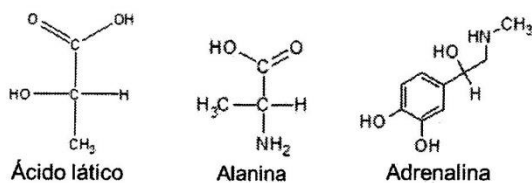


Dessa forma, classifique os objetos abaixo como *quirais* ou *aqirais*.

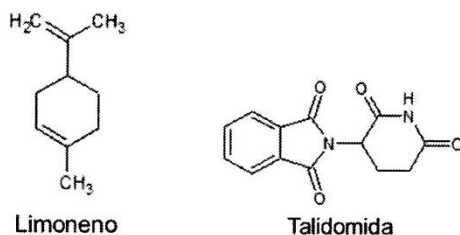
- Mãos:
- Luvas:
- Meias:

A quiralidade é observada em moléculas que contenham quatro ligantes diferentes ligados a um carbono. Dessa forma não haverá simetria na molécula, e a mesma apresentará atividade óptica. Costuma-se chamar o carbono com quatro ligantes diferentes de *carbono assimétrico*, *carbono quiral*, *centro quiral*, *centro estereogênico* e *estereocentro*, e em uma molécula é indicado por  $C^*$ .

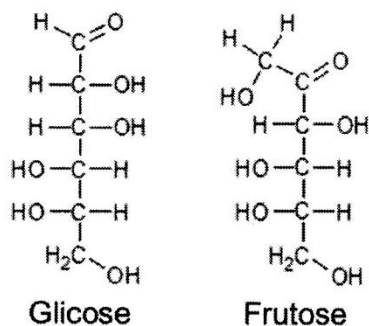
Veja alguns exemplos de moléculas quirais, e assinale o carbono que confere quiralidade a molécula.



### Moléculas com um Carbono Assimétrico



### Moléculas com mais de um Carbono Assimétrico



Quando tivermos uma solução que apresente 2 enantiômeros em partes iguais, diz-se que esta é uma *Mistura Racêmica*. Uma mistura racêmica não desvia a luz polarizada, pois o desvio provocado por uma molécula sempre é neutralizado pelo desvio causado pela outra molécula, o que é denominado de **compensação externa**, dessa forma, uma mistura racêmica não apresenta atividade óptica.

## v. DIVISÃO DOS ISÔMEROS

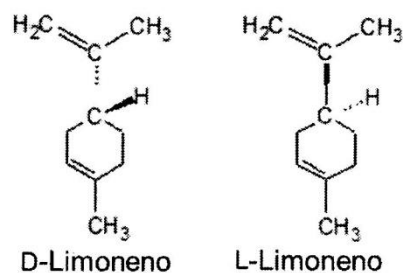
Os isômeros dividem-se em **Isômeros Constitucionais** e **Estereoisômeros**.

Os *isômeros constitucionais* são aqueles cujos átomos tem conectividades diferentes. Já

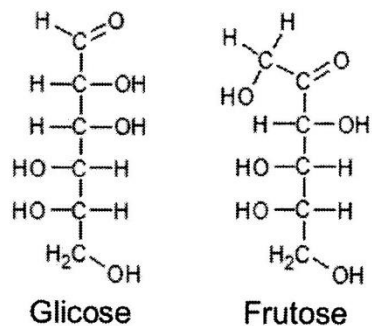
os *estereoisômeros* são isômeros que apresentam a mesma conectividade, porém possuem um diferente arranjo dos átomos no espaço, e esta classificação, subdivide-se em duas, **enantiômeros** e **diastereômeros**.

Os *enantiômeros* são estereoisômeros que são imagens especulares um do outro, porém não se superpõem. Enquanto que, os *diastereômeros* são estereoisômeros que não são imagens especulares.

**Enantiômeros:** Exemplo: Limoneno



**Diastereômeros:** Exemplos: Glicose e Frutose



## vi. NÚMERO DE ISÔMEROS ÓPTICOS

**Isômeros ópticos com 1 Carbono Assimétrico**

Quando tratarmos de moléculas com 1  $C^*$ , sempre teremos 2 enantiômeros, a molécula e sua imagem especular. E uma mistura racêmica, que será formada pelos 2 enantiômeros.

**Isômeros ópticos com mais de um Carbono Assimétrico**

Quando nos referimos a moléculas que contenham mais de um  $C^*$ , o número de enantiômeros não será igual a dois. Para saber esse número, será necessário observar os centros quirais, e seus ligantes. Quando os ligantes de um  $C^*$  forem diferentes dos ligantes de outro  $C^*$  diz-se que estes são Carbonos Assimétricos diferentes.

#### Moléculas com vários Carbonos Assimétricos diferentes

No caso de moléculas com vários carbonos assimétricos diferentes, o número de enantiômeros é calculado pela **regra de Van't Hoff**, que considera o número de carbonos assimétricos da molécula. De acordo com a regra de Van't Hoff, o número de enantiômeros opticamente ativos é igual a  $2^n$ , sendo  $n$  o número de carbonos assimétricos. Enquanto o número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de enantiômeros opticamente ativos. Esse número sempre cai pela metade, pois como visto anteriormente, uma mistura racêmica é sempre composta por dois enantiômeros opticamente ativos.

#### Moléculas com 2 Carbonos assimétricos iguais

Quando tivermos uma molécula com 2 carbonos assimétricos iguais, teremos dois enantiômeros com atividade óptica, o dextrógiro e o levógiro. Quando estes são misturados em partes iguais, eles formarão uma mistura racêmica.

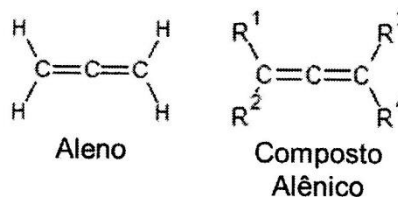
Entretanto, no caso de uma molécula com  $2C^*$  iguais temos uma nova característica, esta molécula pode não apresentar atividade óptica, mesmo não sendo uma mistura racêmica. Isso acontece quando um dos carbonos assimétricos é dextrógiro e outro levógiro, dessa forma, um centro quiral cancela a rotação da luz polarizada de outro, como os centros quirais são iguais, os valores do ângulo de rotação são iguais também, porém em sentido oposto, quando isso acontece, diz-se que ocorreu **compensação interna**. Quando temos esse caso, adiciona-se o prefixo *Meso* ao nome da molécula, como por exemplo: Ácido *Mesotartárico*.

## VII. ISOMERIA ÓPTICA SEM CARBONO ASSIMÉTRICO

Até aqui sempre foi discutido a presença de assimetria molecular para caracterizar a isomeria óptica. Somente o Carbono assimétrico foi tratado como fator de assimetria, entretanto, existem moléculas orgânicas que são assimétricas sem possuírem carbonos assimétricos. Veremos dois casos, o de **compostos alênicos** e de **compostos cíclicos**.

#### Compostos alênicos

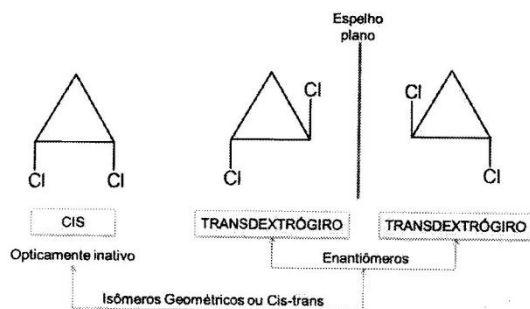
O aleno ou propadieno, é o mais simples alcadieno acumulado, ou seja, apresenta duas ligações duplas seguidas entre carbonos, sua fórmula está descrita a seguir. Os compostos derivados do aleno são chamados compostos alênicos, e possuem atividade óptica desde que os ligantes de cada átomo de carbono da dupla ligação sejam diferentes entre si.



Observe que a molécula é assimétrica e não-superponível em relação a sua imagem especular. Esta apresentará um isômero dextrógiro, um levógiro, e consequentemente, uma mistura racêmica.

### Compostos cíclicos

Nos compostos cíclicos ocorre um fato interessante, podendo surgir isomeria óptica e geométrica simultaneamente, como por exemplo, no caso do 1,2-dicloro-ciclo-propano.



### VIII. ROTAÇÃO ESPECÍFICA DA LUZ

Ao utilizarmos o polarímetro, e analisarmos uma substância opticamente ativa verificamos que as soluções apresentam ângulos variados de desvios da luz polarizada, de acordo com a concentração, bem como da altura de líquido no tubo. A rotação específica varia de acordo com a fórmula a seguir:

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{C L \lambda}$$

Onde,

- $\alpha$  é o ângulo de desvio da luz polarizada, observada no polarímetro;
- $C$  é a concentração da solução analisada, geralmente a unidade adotada é g/mL;
- $L$  é a altura da coluna de solução dentro do tubo, ou seja, a espessura da solução analisada, também pode ser representado por  $d$ , sendo que a medida é dada em dm;
- $T$  é a temperatura em que a solução está quando ocorre a análise;
- $\lambda$  se refere ao comprimento de onda da luz utilizada para a análise.

Normalmente a temperatura da solução é fixada em 20° Celsius, por isso na fórmula vê-se essa indicação.

Polarímetros profissionais usam luz amarela pura emitida por uma lâmpada de sódio de baixa pressão cuja luz amarela correspondente ao duplete de linhas próximas  $3p(^2P_{1/2}) \rightarrow 3s(^2S_{1/2})$  do sódio em  $\lambda = 589.59 \text{ nm}$  e  $3p(^2P_{3/2}) \rightarrow 3s(^2S_{1/2})$  do sódio em  $\lambda = 588.99 \text{ nm}$ .

Quando utiliza-se outro comprimento de onda, ou a análise é realizada em temperaturas diferentes, deve-se sempre modificar essa informação na fórmula. O padrão industrial para especificação da rotação específica é sempre a linha espectral do sódio.

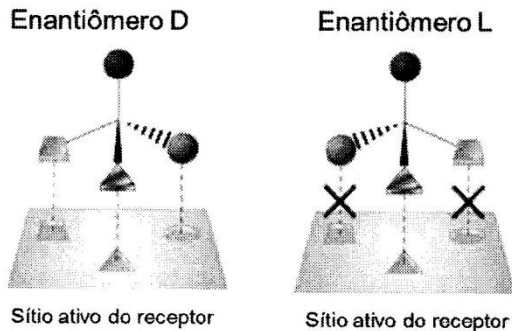
### IX. A PREPARAÇÃO E A SEPARAÇÃO DE COMPOSTOS OPTICAMENTE ATIVOS

Qual a importância dos processos de separação e preparação de compostos opticamente ativos? As substâncias opticamente ativas apresentam diferenças nas suas estruturas espaciais, o que tem relação direta com diferentes sabores, odores, processos farmacocinéticos e farmacodinâmicos, e com a toxicidade que estas desempenham nos organismos.

Atualmente, a pesquisa referente a preparação e separação de substâncias opticamente ativas tem se acentuado, e tornou-se uma preocupação constante e um desafio para a indústria. Os organismos, vegetais ou animais, produzem seus compostos opticamente ativos já na forma adequada a seu metabolismo. Entretanto, quando produzidas em laboratório, as reações comuns produzem misturas racêmicas.

Os aminoácidos são essenciais ao funcionamento de nosso organismo, sendo que estes, com exceção da glicina, são todos quirais. A vida na Terra envolve aminoácidos que são principalmente levógiros. A quiralidade é de grande importância na indústria farmacêutica pois muitos medicamentos são quirais, e geralmente, somente uma forma de imagem especular fornece o efeito desejado do princípio ativo. Em alguns casos a outra forma da imagem especular é inativa, e não oferece riscos à saúde, entretanto, esta também pode causar efeitos colaterais sérios ou ainda ser tóxica. Em função disso, há muitas pesquisas que bus-

cam produzir medicamentos que contenham somente um único enantiômero, em vez de produzir uma mistura racêmica.



Também podemos verificar diferentes odores e sabores que variam de acordo com a quiralidade das substâncias, como é o caso do Limoneno, onde, a forma dextrógiro tem odor de laranja, enquanto a forma levógiro apresenta odor de limão.

### Talidomida

O uso da talidomida por volta do anos de 1960 trouxe consequências sérias e algumas trágicas. A talidomida era comercializada na forma da mistura racêmica, e muito utilizada para aliviar os sintomas de enjoo matinal em mulheres grávidas, o enantiômero responsável por esse efeito é o dextrógiro. Alguns anos após seu uso, foram relacionadas ao uso da talidomida o nascimento de crianças com os membros mais curtos ou efeitos mais trágicos, isso se deve ao enantiômero levógiro da talidomida, que apresenta efeito teratogênico.

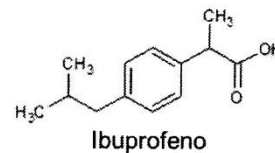
Após essa descoberta, a comercialização deste medicamento foi proibida em 1961 em todos os países, com exceção do Brasil, que somente em 1965 proibiu sua distribuição ao público em farmácias. Hoje, o SUS distribui esse medicamento com controle rigoroso para o tratamento de hanseníase desde que haja compromisso de pacientes mulheres em idade fértil de não engravidarem durante o tratamento.

Atualmente, após muitas pesquisas a talidomida está aprovada sob regulamentos altamente restritos para o tratamento de algumas formas de câncer e hanseníase. Alguns estudos apontam seu potencial para o uso contra

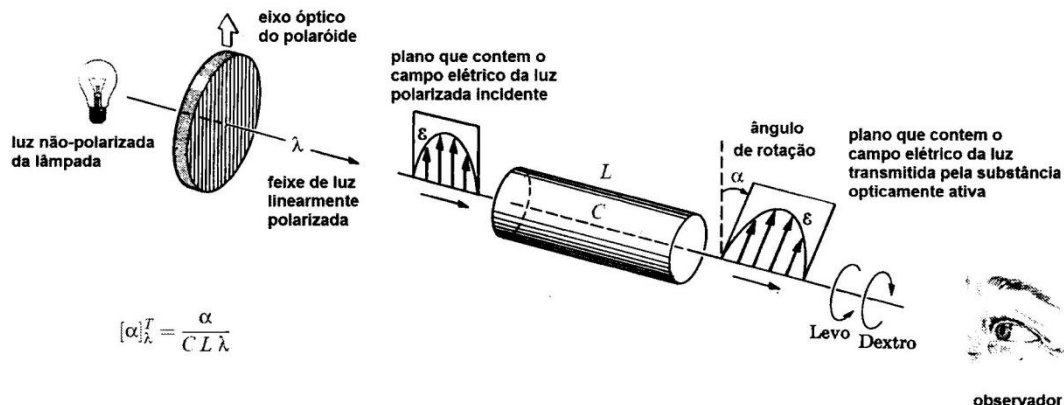
outras doenças, como a AIDS e artrite reumatoide.

### Ibuprofeno

O ibuprofeno é um medicamento utilizado como anti-inflamatório, e este é comercializado como uma mistura racêmica, entretanto, apenas o enantiômero levógiro possui ação anti-inflamatória. O enantiômero dextrógiro do ibuprofeno não tem ação anti-inflamatória e é lentamente convertido no enantiômero levógiro no organismo. Uma formulação do ibuprofeno baseada somente no enantiômero levógiro seria mais eficiente que a mistura racêmica.



Existem vários exemplos de medicamentos como esses, em que os enantiômeros presentes possuem efeitos distintamente diferentes ou ainda onde não possuem efeito nenhum. A preparação de substâncias enantiomericamente puras é um fator que torna a síntese estereosseletiva e a resolução para substâncias racêmicas, áreas principais da pesquisa na atualidade.



### Experimento 8 - Testando a fórmula da rotação

A figura ao topo dessa página ilustra os componentes conceituais relevantes para a obtenção das informações da fórmula da rotação pelo uso do polarímetro:

Para analisarmos a validade da fórmula de rotação, temos que fazer um gráfico dos dados das duas tabelas anteriores em papel milimetrado.

Os comprimentos de onda médios para os LEDs coloridos comerciais de alta luminosidade usados nos nossos polarímetros didáticos são, em ordem crescente, azul (465 nm), verde (530 nm), amarelo-âmbar (590 nm) e vermelho (630 nm).

O polarímetro que você usou tinha como fonte de luz um led de cor específica.

Quais são o comprimento de onda e a energia dos fótons que o LED usado produziu?

Obtenha, com seus colegas que usaram LEDs diferentes, os dados coletados por eles para as outras cores e faça um gráfico do ângulo de rotação dextrógira da solução de sacarose no eixo vertical (eixo ordenado) em função da concentração em número de sachês de 5 gramas. Pegue somente os dados para uma altura de coluna de amostra de 10 cm.

Faça também o gráfico do ângulo de rotação versus comprimento de onda em nanômetros, nas condições experimentais aonde foram colocados o número máximo de cinco sachês de açúcar.

No final desse caderno, você encontrará grades milimetradas para fazer esses gráficos.

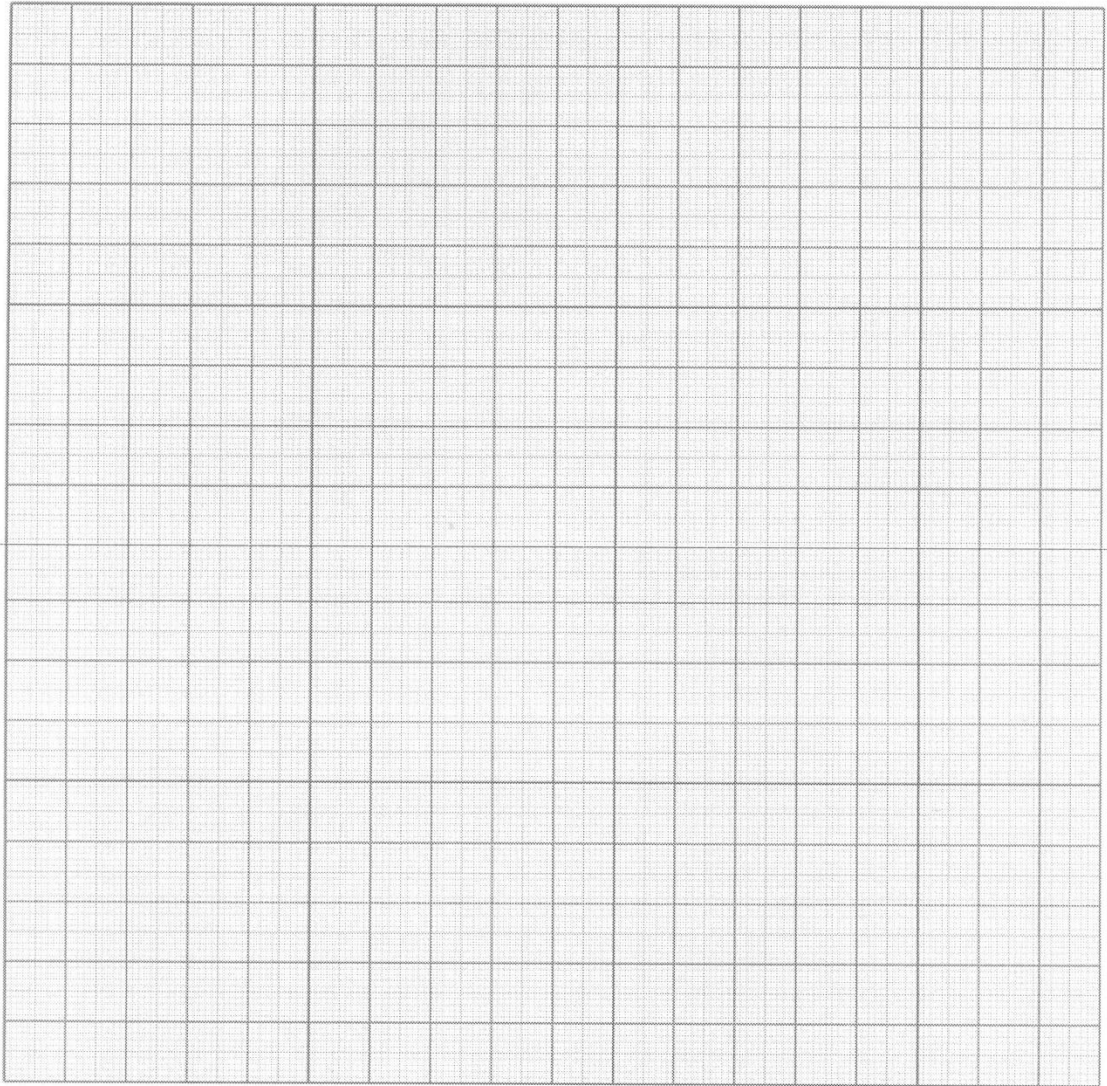
**Questão 8.1 - Apresente e discuta o gráfico  $\theta$  em graus versus Concentração em número de sachês de açúcar, explicando a sua interpretação do mesmo em função da teoria que você aprendeu.**

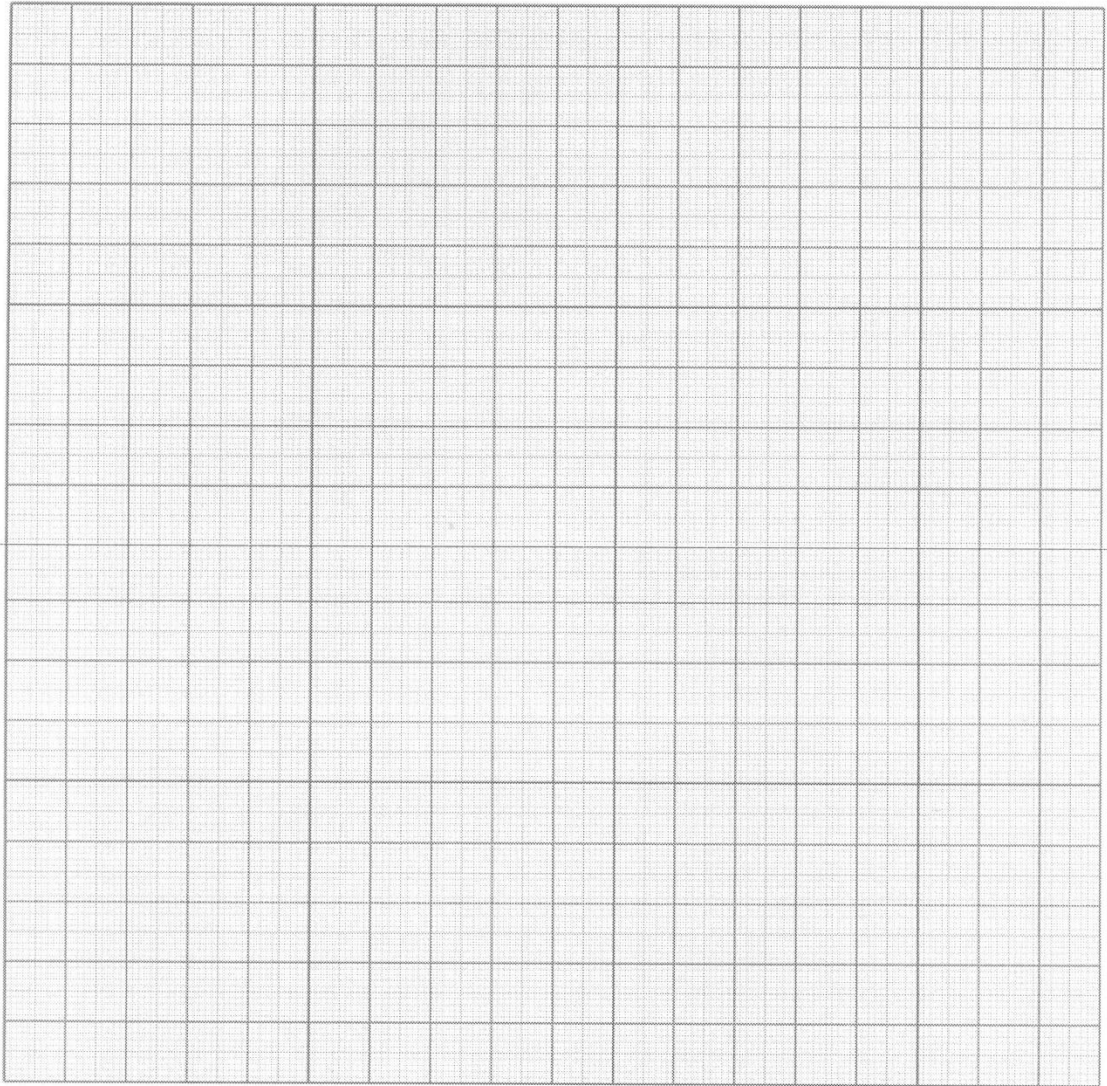
**Questão 8.2 - Apresente e discuta o gráfico  $\theta$  em graus versus a energia dos fótons de cada feixe de luz LED empregada, explicando a sua interpretação do mesmo em função da teoria que você aprendeu.**

**RESPOSTAS:**

**RESPOSTAS:**







**APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Termo de Consentimento  
Universidade Federal de Santa Maria  
CCNE – Departamento de Física  
Projeto PROLICEN – FIEX

Estou ciente que participo de uma pesquisa educacional para uso de novos métodos didáticos para ensino transdisciplinar de física dentro de projetos UFSM/FIEX/PROLICEN – 2016 registrado no GAP/CCNE Nº 039511 e Nº 042759, cujo objetivo é analisar aspectos do aprendizado dos participantes durante a execução dos mesmos.

Fica esclarecido por este documento que a pesquisa realizada nesta unidade de ensino é com a finalidade de avaliar metodologias educacionais, e que todos que estão envolvidos neste processo são livres para decidir a sua participação em tal pesquisa.

Assinando abaixo, manifesto a minha colaboração para que novas propostas de ensino sejam difundidas no processo de aprendizagem na física para enriquecimento da educação brasileira em áreas científicas/tecnológicas, e que dados resultantes da minha atuação sejam publicados em revistas e congressos científicos, desde que se preserve o sigilo, não ocorrendo divulgação de quaisquer dados pessoais que me possam identificar ou expor.

Santa Maria, 13 de junho de 2016

---

Assinatura do participante

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE ISOMERIA ÓPTICA

### Questionário de conhecimentos sobre isomeria óptica

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**1. ENEM 2014** A talidomida é um sedativo leve e foi muito utilizado no tratamento de náuseas, comuns no início da gravidez. Quando foi lançada, era considerada segura para o uso de grávidas, sendo administrada como uma mistura racêmica composta pelos seus dois enantiômeros. Entretanto, não se sabia, na época, que um dos enantiômeros leva à mal formação congênita, afetando principalmente o desenvolvimento normal dos braços e pernas do bebê. **Essa malformação congênita ocorre porque esses enantiômeros:**

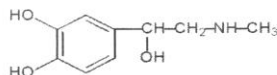
- A) reagem entre si.  
 B) não podem ser separados.  
 C) não estão presentes em partes iguais.  
 D) interagem de maneira distinta com o organismo.  
 E) são estruturas com diferentes grupos funcionais.

**2. ENEM 2014** O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir as propriedades responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada.

**A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é:**

- A)  $\text{CH}_3-(\text{CH})_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3$ .  
 B)  $\text{CH}_3-(\text{CH})_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3$ .  
 C)  $\text{CH}_3-(\text{CH})_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}_2$ .  
 D)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3$ .  
 E)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3$ .

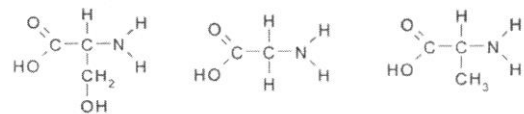
**3. PUC-Minas 2009** A adrenalina, um hormônio elaborado pela parte medular das glândulas suprarrenais é liberado pela excitação das fibras nervosas, é um potente vasoconstritor e hipertensor. Apresenta a seguinte fórmula estrutural:



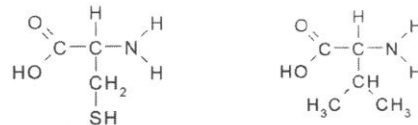
**Considerando-se essa estrutura, é INCORRETO afirmar que ela apresenta:**

- A) Isomeria cis-trans  
 B) Carbonos com hibridizações  $\text{sp}^2$  e  $\text{sp}^3$   
 C) Grupos funcionais de álcool, fenol e amina  
 D) Fórmula molecular  $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{O}_3\text{N}$   
 E) Tem carbono quiral.

**4. UERJ 2012** Os aminoácidos que possuem um centro quiral apresentam duas formas enantioméricas. **Qual dos aminoácidos abaixo não apresenta enantiômeros?**

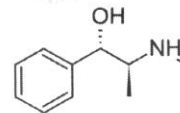


- A) Serina      B) Glicina      C) Alanina



- D) Cisteína      E) Valina

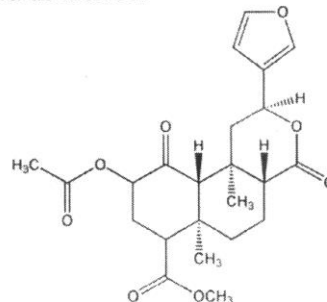
**5. UFRGS 2015** Na série *Breaking Bad*, o personagem Professor Walter White começou a produzir metanfetamina a partir da extração de pseudoefedrina de remédios contra resfriados. A estrutura da pseudoefedrina é mostrada abaixo.



**O número possível de isômeros espaciais opticamente ativos para a pseudoefedrina é:**

- A) 0    B) 2    C) 3    D) 4    E) 6.

**6. UFRGS 2013** Salvivorina A, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um dos mais potentes alucinógenos naturais que se conhece. Esse composto é encontrado na *Salvia divinorum*, uma planta rara do México.



A respeito da estrutura da Salvinorina A, considere as seguintes afirmações.

I – Contém anéis heterocíclicos.

II – Contém carbonos assimétricos.

III – Não apresenta carbonos terciários.

**Quais estão corretas?**

- A) Apenas II.  
 B) Apenas III.  
 C) Apenas I e II.  
 D) Apenas II e III.  
 E) I, II e III.

**7. UFRGS 2011** Pasteur foi o primeiro cientista a realizar a separação de uma mistura racêmica. Ele separou dois tipos de cristais de tartarato duplo de amônio e sódio que haviam sido obtidos por cristalização em tanques de fermentação de uvas. Estes cristais eram de duas formas quirais opostas, um dos quais correspondia à imagem especular não superponível do outro.

Sobre esses cristais, analise as afirmações.

I – Os dois tipos de cristais apresentam o mesmo ponto de fusão.

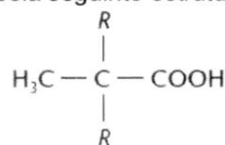
II – Se um dos tipos de cristal for dissolvido em água e originar uma solução dextrógira, ao prepararmos outra solução, com o outro tipo de cristal, teremos uma solução levógira.

III – Uma solução aquosa que contenha a mesma quantidade de matéria dos dois tipos de cristais não deverá apresentar atividade óptica.

**Quais estão corretas?**

- A) Apenas I.  
 B) Apenas II.  
 C) Apenas I e III.  
 D) Apenas II e III.  
 E) I, II e III.

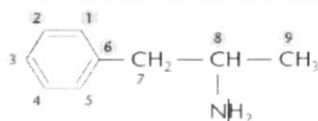
**8. UCS-RS** Um composto orgânico é representado pela seguinte estrutura:



Para que esse composto adquira assimetria molecular, os dois radicais *R* podem ser substituídos por:

- A) Dois radicais metil.  
 B) Dois radicais etil.  
 C) Um radical metil e outro etil.  
 D) Um radical metil e outro n-propil.  
 E) Um radical etil e outro n-propil.

**9. UNIFOR-CE** A molécula de anfetamina



apresenta isomeria óptica, possuindo portanto um carbono com 4 diferentes substituintes. Na anfetamina, esse átomo de carbono está representado pelo:

- A) C<sub>1</sub> B) C<sub>6</sub> C) C<sub>7</sub> D) C<sub>8</sub> E) C<sub>9</sub>

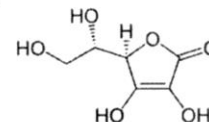
**10. PUC-MG** O composto abaixo que se apresenta como molécula quiral é:

- A) CH<sub>3</sub>COCOOH  
 B) CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>COOH  
 C) HOCH<sub>2</sub>COOH  
 D) CH<sub>3</sub>CHOHCOOH  
 E) CHOCOOH

**11. UCDB-MS** Os α-aminoácidos são moléculas naturais que contêm um grupo amino e um grupo carboxílico ligados ao mesmo átomo de carbono. Na grande maioria dos aminoácidos esse átomo de carbono é quiral. **Qual das estruturas abaixo representa um α-aminoácido com as características citadas acima?**

- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

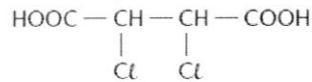
**12. FUVEST-SP** A molécula da vitamina C (ácido L-ascórbico) tem a fórmula estrutural plana abaixo.



**O número de grupos hidroxila ligados a carbono assimétrico é:**

- A) 0 B) 1 C) 2 D) 3 E) 4

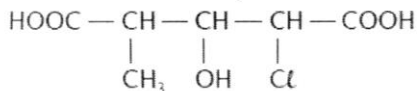
13. PUC-MG O composto:



Apresenta isômeros opticamente ativos em número de:

- A) 2  
B) 4  
C) 6  
D) 8  
E) 10

14. UFPA Observe o composto abaixo:



O número de isômeros opticamente ativos para o composto, sem contar as misturas racêmicas, é de:

- A) 2  
B) 4  
C) 6  
D) 8  
E) 10

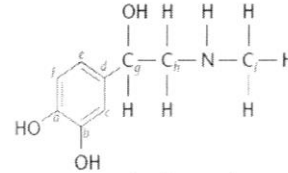
15. UESPI A condição necessária para que um dado composto apresente atividade óptica é:

- A) apresentar carbono em sua estrutura.  
B) apresentando ou não carbonos assimétricos, a molécula deve ser quiral para apresentar atividade óptica.  
C) a molécula ser simétrica.  
D) a molécula não ser quiral.  
E) a molécula deve apenas apresentar carbonos assimétricos.

16. PUC-PR O número total de estereoisômeros (opticamente ativos e racêmicos) de uma molécula com 5 átomos de carbono assimétrico diferentes é:

- A) 16  
B) 25  
C) 48  
D) 10  
E) 41

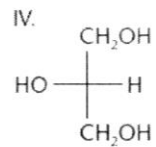
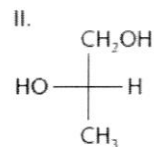
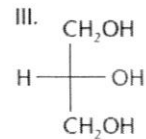
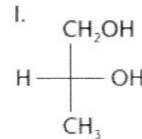
17. UFPI A sensação de "suor frio", sentida pelas pessoas que praticam certas atividades (alpinismo, para-queda, etc.) ou frequentam parques de diversões, surge devido à liberação do hormônio adrenalina pelas glândulas suprarrenais para o sangue. Considere a molécula da adrenalina representada abaixo:



De acordo com a estrutura, é correto afirmar que:

- A) os carbonos "d" e "g" são assimétricos.  
B) somente o carbono "g" é assimétrico.  
C) os carbonos "a", "b", e "d" são assimétricos.  
D) os carbonos "g" e "h" são assimétricos.  
E) não existem átomos assimétricos.

18. UFF-RJ Algumas substâncias têm a propriedade de desviar o plano de vibração da luz polarizada e são denominadas opticamente ativas. Essa propriedade caracteriza os compostos que apresentam isomeria óptica. A condição necessária para a ocorrência de isomeria óptica é que a substância apresente assimetria. Considere as representações espaciais (Fischer) das estruturas a seguir:

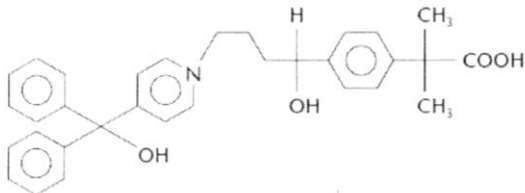


Em relação às estruturas, afirma-se, que:

- A) todas apresentam atividade óptica.  
B) somente a I e a II apresentam atividade óptica.  
C) somente a I e a III apresentam atividade óptica.  
D) somente a III e a IV apresentam atividade óptica.  
E) somente a II e a IV apresentam atividade óptica.



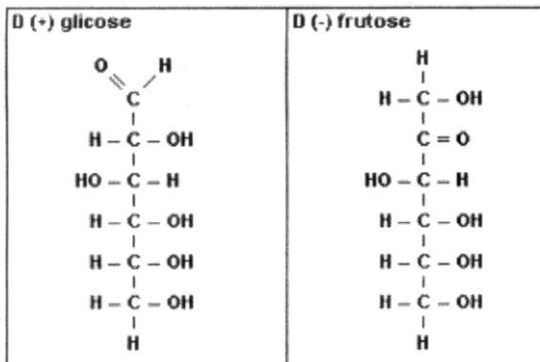
19. UFPE A fexofenadina é um anti-histamínico não sedativo que surgiu como um substituto para um outro medicamento que causava fortes efeitos colaterais. Esse composto apresenta a seguinte estrutura molecular:



Pode-se afirmar que esse composto possui:

- A) dois carbonos quirais e um grupo funcional ácido carboxílico.  
 B) um carbono quiral e um grupo funcional fenol.  
 C) dois carbonos quirais e dois grupos funcionais álcoois.  
 D) um carbono quiral e um grupo funcional amina.  
 E) três carbonos quirais e três grupos funcionais aromáticos.

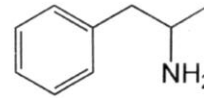
20. UECE Analise as fórmulas representadas, comparando-as e buscando localizar as diferenças que as distingue.



É certo afirmar-se que os compostos aí representados constituem, um em relação ao outro, um par de:

- A) Isômeros estruturais.  
 B) Estereoisômeros.  
 C) Enantiômeros.  
 D) Diastereoisômeros.

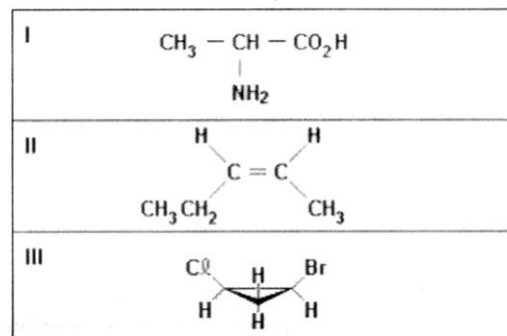
21. UERJ A anfetamina representada a seguir por sua fórmula estrutural plana pode ser encontrada de duas formas espaciais diferentes, sendo que apenas uma delas possui atividade fisiológica.



Essas diferentes formas espaciais correspondem a isômeros denominados:

- A) geométricos.  
 B) de posição.  
 C) funcionais.  
 D) ópticos.

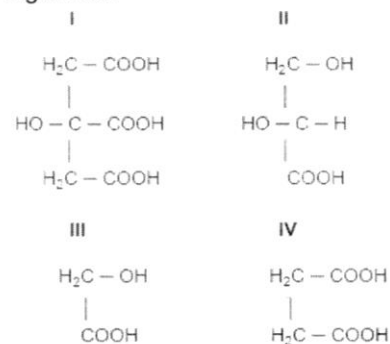
22. UFES Dados os compostos,



É(são) opticamente ativo(s):

- A) somente I.  
 B) I e II.  
 C) I e III.  
 D) I, II e III.  
 E) II e III.

23. PUCCAMP-SP Dados os seguintes ácidos orgânicos:



Apresentam isômeros ópticos somente:

- A) I e II.  
 B) II.  
 C) II e III.  
 D) II e IV.  
 E) III e IV.

**APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO QUANTO AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

Questionário de opinião – “Isomeria óptica: uma abordagem por meio de experimentos”

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

1) O material didático proposto foi importante para a compreensão dos conceitos? O que pode ser modificado?

---

---

---

---

2) Depois de realizar as atividades experimentais, você considera que as mesmas serviram para a aprendizagem dos conceitos trabalhados?

---

---

---

---

3) A condução dos experimentos poderia ser modificada? Que modificações você pode sugerir?

---

---

---

---

4) Em sua opinião, os experimentos e o material didático contribuíram para a sua formação? Por quê?

---

---

---

---