



RICHARD ARANTES DA PAIXÃO

**SIMETRIA E PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS MATERIAIS:
ENTENDENDO A ATIVIDADE ÓPTICA**

LAVRAS – MG

2018

RICHARD ARANTES DA PAIXÃO

**SIMETRIA E PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS MATERIAIS: ENTENDENDO A
ATIVIDADE ÓPTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração em Física para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão
Orientador

Prof.^a Dra. Iraziet da Cunha Charret
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2018**

**Ficha Catalográfica preparada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Paixão, Richard Arantes da

Simetria e Propriedades Ópticas dos Materiais: Entendendo a atividade Óptica / Richard Arantes da Paixão. – Lavras : UFLA, 2018.

137 p. : il.

Dissertação (Mestrado profissional)–Universidade Federal de Lavras, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão.

Bibliografia.

1. Atividade óptica. 2. Estrutura Molecular e Princípio de Neuman. 3. Polarização da Luz I. Leitão, Ulisses Azevedo. II. Charret, Iraziet da Cunha. III. Título.

RICHARD ARANTES DA PAIXÃO

**SIMETRIA E PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS MATERIAIS: ENTENDENDO A
ATIVIDADE ÓPTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração em Física para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17/12/2018 .

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva - UFLA
Prof.^a Dra Josefina Aparecida de Souza - UFLA
Prof.^a Dra Regina Simplício Carvalho - UFV

Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão
Orientador

Prof.^a Dra. Iraziet da Cunha Charret
Co-Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pois sempre esteve comigo, me fortalecendo e dando inspirações para fazer um ótimo trabalho.

À minha família, que sempre me ajudou e me deu forças para superar os obstáculos, principalmente minha mãe e meus irmãos pela dedicação e amor recebidos.

Ao professor Ulisses Azevedo Leitão, pela oportunidade, orientação, incentivo e apoio.

Aos professores do Polo da UFLA do Mestrado Nacional Profissional: Antônio Marcelo, Antônio dos Anjos, Alexandre, Gilberto, Iraziet, Helena, José Antônio deram contribuições significativas ao nosso desenvolvimento acadêmico e profissional.

À minha namorada Elivan por sempre estar ao meu lado, me dando forças.

Aos meus colegas de curso do Mestrado Profissional de Ensino de Física pelo companheirismo e força nos momentos difíceis.

À minha adorável avó Tota e ao meu tio João, pela ajuda, amor, carinho e incentivo. Principalmente ao Meu Pai avó Gabriel, do qual tenho saudades eternas.

MUITO OBRIGADO!!!!

“ Deixa algum sinal de alegria por onde passes “ (Chico Xavier).

RESUMO

O presente estudo relaciona a Simetria da estrutura cristalográfica e a propriedade óptica dos materiais, apresentando como objetivo geral realizar um levantamento das dificuldades conceituais apresentadas pelos estudantes ao construírem o conceito de Simetria bem como estabelecer sua relação com as propriedades ópticas dos materiais. Para tanto, elaborou-se uma Sequência Didática (SD), utilizando-se de atividades colaborativas e investigativas, centrada na observação experimental da atividade óptica em soluções de sacarose. A SD abordou o Princípio de Neuman, que é um postulado da Física da Matéria Condensada, que estabelece que as propriedades físicas de um meio material se manifestam de acordo com as propriedades de Simetria do próprio meio. Sua consequência fundamental é a de que podemos colher informações sobre a estrutura cristalográfica analisando as propriedades físicas do meio. Utilizou-se como metodologia de análise de dados a pesquisa qualitativa e como estratégia de ensino a metodologia ativa, em especial a do ensino por investigação. A SD propõe inicialmente uma investigação sobre o conceito de Simetria e suas respectivas operações. Buscou-se uma estratégia, na qual o estudante pudesse construir os conceitos de Simetria e operações de Simetria ao longo das atividades. Em seguida, foi introduzido o conceito de luz polarizada, com experimentos que proporcionaram uma abordagem conceitual. Após essa etapa passou-se ao estudo teórico experimental da atividade óptica. Inicialmente abordou-se as condições de Simetria para que a atividade óptica se manifestasse. Segundo o Princípio de Neuman, as propriedades físicas de um material devem ser invariantes às operações de Simetria de sua estrutura cristalina. A SD foi concluída com uma atividade experimental para a determinação da rotação específica da Sacarose e sua comparação com dados da literatura. A partir do estudo empreendido, constatou-se que é possível perceber que o uso de atividades colaborativas e investigativas na presente pesquisa, oferecem condições para que os alunos construíssem e diferenciasssem os conceitos químicos e físicos envolvidos na análise da atividade óptica, acarretando a compreensão dessa propriedade Física. Além disso, como esse tópico envolve Física de Materiais e as inter-relações históricas entre a Física e a Química, a proposta conseguiu proporcionar um ambiente de ensino e aprendizagem envolvendo uma proposta interdisciplinar para o Ensino Médio.

Palavras-chave: Atividade Óptica, Estrutura Molecular, Princípio de Neuman, Polarização da luz

ABSTRACT

The present study relates the symmetry of the crystallographic structure and the optical properties of the materials, presenting as general objective a survey of the conceptual difficulties presented by the students when constructing the concept of Symmetry as well as establishing its relation with the optical properties of the materials. For that, a Didactic Sequence (SD) was elaborated, using collaborative and investigative activities, focused on the experimental observation of the optical activity in sucrose solutions. SD approached the Neuman Principle, which is a postulate of Condensed Matter Physics, which states that the physical properties of a material medium manifest in the Symmetry properties of the medium itself. Its fundamental consequence is that we can gather information about the crystallographic structure by analyzing the physical properties of the medium. The qualitative research methodology was used as data analysis methodology and as teaching strategy the active methodology, especially research teaching. The SD initially proposes an investigation on the concept of Symmetry and their respective operations. A strategy was sought in which the student could construct the concepts of Symmetry and Symmetry operations throughout the activities. Then the concept of polarized light was introduced, with experiments that provided a conceptual approach. After this step, the experimental theoretical study of the optical activity was started. Initially the conditions of symmetry were approached for optical activity to manifest. According to the Neuman Principle, the physical properties of a material must be invariant to the symmetry operations of its crystalline structure. SD was concluded with an experimental activity to determine the specific rotation of sucrose and its comparison with data in the literature. From the study carried out, it was possible to perceive that the use of collaborative and investigative activities in the present research, provide the conditions for the students to construct and differentiate the chemical and physical concepts involved in the analysis of the optical activity, physical property. In addition, since this topic involves Material Physics and the historical inter-relations between Physics and Chemistry, the proposal was able to provide a teaching and learning environment involving an interdisciplinary proposal for High School.

Keywords: Optical Activity, Molecular Structure, Neuman's Principle, Polarization of light

LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1 – Borboleta (a) e Símbolo do Ying e Yang (b)	38
Figura 7.2 – Operação de rotação do Símbolo do Ying e Yang	43
Figura 7.3 – Operação de rotação C_4 (giro de 90°) usando o quadrado dentro transferidor.	44
Figura 7.4 – Operação rotação C_3 (giro de 120°) usando o triângulo dentro transferidor.	44
Figura 7.5 – Retângulo e Hexágono regulares	47
Figura 7.6 – Cubo regular (a), Tetraedro regular (b) e Varetas (c)	48
Figura 7.7 – Operação de Rotação C_4 (giro de 90°).	48
Figura 7.8 – Operação de Rotação C_3 (giro de 120°)	49
Figura 7.9 – Molécula de água construída com palitos e bolinhas de Isopor	50
Figura 7.10 – Molécula de Peróxido de Hidrogênio (a), Molécula de Benzeno (b), Molécula de Água (c), Molécula de Bromo Cloro Flúor Metano (d) e Molécula de Metano (e)	51
Figura 7.11 – Operação de reflexão da molécula de Peróxido de Hidrogênio	54
Figura 7.12 – Operação de Roto reflexão da molécula de Peróxido de Hidrogênio	54
Figura 7.13 – Operação de espelho para molécula de Benzeno	55
Figura 7.14 – Operação de espelho para molécula de Benzeno com os carbono numerados	55
Figura 7.15 – Ilustração da medição do ângulo de rotação	56
Figura 7.16 – Molécula de sacarose (a) e água (b)	56
Figura 7.17 – Ilustração da situação I com modelo mecânico	58
Figura 7.18 – Ilustração da situação II com modelo mecânico	59
Figura 7.19 – Ilustração da situação III com modelo mecânico	59
Figura 7.20 – Desenho feito pelo grupo 4 na atividade 5.1 situação I.	60
Figura 7.21 – Desenho feito pelo grupo 5 na atividade 5.1 situação I.	60
Figura 7.22 – Desenho feito pelo grupo 8 na atividade 5.1 situação I.	60
Figura 7.23 – Desenho feito pelo grupo 6 na atividade 5.1 situação II.	61
Figura 7.24 – Ilustração do Banco Ôptico	63
Figura 7.25 – Analisador marcando $\alpha = 0^\circ$ (zero graus)	63
Figura 7.26 – Analisador marcando $\alpha = 45^\circ$ (quarenta e cinco graus)	64
Figura 7.27 – Analisador marcando $\alpha = 90^\circ$ (noventa graus)	64
Figura 7.28 – Gráfico com dados coletados no Experimento de Medição do Ângulo de Rotação da Sacarose	75

Figura 7.29 – Molécula de Peróxido de Hidrogênio (a), Molécula de Água (b), Molécula de Bromo Cloro Flúor Metano (c) e Molécula de Metano (d)	76
Figura 7.30 – Desenho feito pelo grupo 1 para questão 1 (d) da atividade 8.2.	78
Figura 7.31 – (a) Fonte de luz não polarizada e (b) Planos de vibração da luz não polarizada	85
Figura 7.32 – (a) Planos de vibração luz não polarizada, (b) Planos de vibração da luz não polarizada por segmentos de retas e (c) Planos de Vibração da Luz na vertical e horizontal feito com segmentos de retas.	86
Figura 7.33 – Rotação de um feixe de luz linearmente polarizada pela solução de sacarose.	90
Figura 7.34 – Não rotação de um feixe de luz linearmente polarizada em água.	91
Figura A.1 – Gráfico do Grupo 1	102
Figura A.2 – Gráfico do grupo 2	103
Figura A.3 – Gráfico do grupo 3	104
Figura A.4 – Gráfico do grupo 4	105
Figura A.5 – Gráfico do grupo 5	106
Figura A.6 – Gráfico do grupo 6	107
Figura A.7 – Gráfico do grupo 7	108
Figura A.8 – Gráfico do grupo 8	109
Figura B.1 – Borboleta (a) e Símbolo do Ying e Yang (b)	113
Figura B.2 – Transferidor com o triângulo em seu centro	115
Figura B.3 – Transferidor com o quadrado em seu centro	116
Figura B.4 – Retângulo e Hexágono regulares	117
Figura B.5 – Cubo e Tetraedro regulares	118
Figura B.6 – Molécula de Peróxido de Hidrogênio (a), Molécula de Benzeno (b), Molécula de Água (c), Molécula de Bromo Cloro Flúor Metano (d) e Molécula de Metano (e)	120
Figura B.7 – Ilustração da medição do ângulo de rotação	122
Figura B.8 – Ilustração do Banco Óptico	127
Figura B.9 – Ilustração da Montagem dos Equipamentos	128
Figura B.10 – Fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água e um analisador alinhados	131
Figura B.11 – Montagem dos Equipamentos	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 – Descrição da Aulas	30
Tabela 7.1 – Atividade 1: Respostas da Questão 1	39
Tabela 7.2 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (a)	40
Tabela 7.3 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (b)	40
Tabela 7.4 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (c)	41
Tabela 7.5 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (d)	41
Tabela 7.6 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (e)	42
Tabela 7.7 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (f)	42
Tabela 7.8 – Atividade 2.1: Respostas da questão 1 (a)	45
Tabela 7.9 – Atividade 2.1: Respostas da questão 1 (b)	46
Tabela 7.10 – Atividade 2.2: Respostas da questão 2 (a)	47
Tabela 7.11 – Atividade 2.2: Respostas da questão 2 (b)	47
Tabela 7.12 – Atividade 2.3: Respostas da questão 3	50
Tabela 7.13 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (a)	51
Tabela 7.14 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (b)	52
Tabela 7.15 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (c)	52
Tabela 7.16 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (d)	52
Tabela 7.17 – Atividade 3.2: Respostas da questão 2	53
Tabela 7.18 – Atividade 3.2: Respostas da questão 3	53
Tabela 7.19 – Atividade 4.2: Respostas da questão 1 da aula 4	57
Tabela 7.20 – Atividade 5.1: Respostas da questão 1- Situação I	61
Tabela 7.21 – Atividade 5.1: Respostas da questão 1- Situação II	62
Tabela 7.22 – Atividade 5.1: Respostas da questão 1- Situação III	62
Tabela 7.23 – Atividade 5.2: Respostas do questionário antes do experimento: Questão 1	65
Tabela 7.24 – Atividade 5.2: Respostas do questionário depois do experimento: Questão 1	66
Tabela 7.25 – Atividade 6: Respostas da Questão 1	69
Tabela 7.26 – Atividade 6: Respostas da Questão 2	70
Tabela 7.27 – Atividade 6: Respostas da Questão 3	71
Tabela 7.28 – Atividade 6: Respostas do: Questão 4	72
Tabela 7.29 – Atividade 6: Respostas do questionário antes do experimento: Questão 5 .	73
Tabela 7.30 – Medidas dos ângulos coletados na atividade Experimental.	74

Tabela 7.31 – Atividade 8.1: Respostas da atividade 8.1: Questão 1: molécula de Metano	77
Tabela 7.32 – Atividade 8.1: Respostas do atividade 8.1: Questão 1: molécula de Peróxido de Hidrogênio	77
Tabela 7.33 – Atividade 8.1: Respostas do atividade 8.1: Questão 1: molécula de Difluoreto de Amina	77
Tabela 7.34 – Atividade 8.1: Respostas do atividade 8.1: Questão 1: molécula de Bromo Cloro Flúor Metano	78
Tabela 7.35 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (a)	79
Tabela 7.36 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (b)	79
Tabela 7.37 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (c)	79
Tabela 7.38 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (d)	80
Tabela 7.39 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (e)	80
Tabela B11 – Dados da Solução de Sacarose coletados durante o experimento	132
Tabela B11 – Moléculas	136

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVA	13
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo Geral	16
3.2	Objetivos Específicos	16
3.3	Questão Orientadora	16
4	REFERENCIAL TEÓRICO	17
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
5.1	As Concepções de Simetria	23
5.2	Estado de Polarização da luz no estudo da Atividade óptica	26
6	METODOLOGIA	28
6.1	Metodologia de Desenvolvimento da Pesquisa	28
6.1.1	A Escola	28
6.1.2	Estrutura das Aulas	28
6.1.3	Produto Educacional	29
6.2	Descrição das Aulas	29
6.3	Estratégias de Ensino	33
6.4	Metodologia de Coleta e Análise de Dados	36
6.4.1	Pesquisa Qualitativa	36
6.4.2	Análise dos Dados	37
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
7.1	Descrições das aulas da Sequência Didática	38
7.2	Análise dos Resultados	80
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
	REFERÊNCIAS	99
	APENDICE A – Respostas da atividade da Aula 7	102
	APENDICE B – Sequência Didática	110

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo, relacionado à propriedade óptica de materiais, tem por intento proporcionar um avanço na compreensão do comportamento físico da Matéria Condensada. Propõe-se neste trabalho uma pesquisa qualitativa envolvendo o estudo da Simetria e das propriedades ópticas dos materiais. A motivação pela escolha do tema pode ser atribuída a ocorrência da falta de trabalhos nesta área no Ensino Médio e também pelo fato do tema não ser explorado nos livros didáticos, conforme levantamento feito pelo autor.

Sendo assim, a abordagem será feita a partir dos conceitos de Simetria, polarização da luz e do *Princípio de Neuman* para o entendimento da atividade óptica. Na elaboração da sequência didática (SD) pensou-se em conteúdos relacionados a atividade óptica: Simetria, polarização da luz e do princípio fundamental da cristalografia. Assim, nas diferentes etapas da pesquisa o estudante esteve envolvido tanto com conteúdos sobre polarização da luz quanto com a análise de Simetrias de uma forma integrada e significativa.

O presente projeto tem como objetivo geral fazer um levantamento das dificuldades conceituais apresentadas pelos estudantes ao construir o conceito de Simetria e estabelecer sua relação com as propriedades ópticas dos materiais. A SD é composta por atividades investigativas para que o estudante, possa perceber as propriedades físicas dos materiais, construindo novos conhecimentos que devem ser trabalhados tanto na Química como na Física. Realmente, a Física da Matéria Condensada é uma área de pesquisa que propicia o encontro dos estudos que se referem tanto a Física quanto a Química, corroborando à interdisciplinaridade.

Justifica-se a realização deste estudo com base no pressuposto de que a Física e a Química propiciam a interdisciplinaridade no ambiente educacional, e isso nos auxiliará no ensino e na compreensão de conteúdos relacionados com a Física dos Materiais. As propriedades ópticas dos materiais são uma alternativa para introduzir novos conceitos relacionados à estrutura atômica e molecular. Dessa maneira, ao propor atividades investigativas voltadas para o entendimento das propriedades ópticas dos materiais baseadas no *Princípio de Neuman*, foi possível verificar o quanto é relevante estabelecer a relação entre as propriedades ópticas dos materiais e sua estrutura molecular.

Partindo de premissa que as áreas de Química e Física podem e devem ser trabalhadas de maneira interdisciplinar, propõe-se inicialmente, um levantamento bibliográfico, no qual foi feito uma abordagem de temáticas que envolvam a Simetria, polarização da luz, atividade óptica e estrutura molecular, resultando em uma resenha teórica que poderá ser utilizada como material de apoio ao professor. Posteriormente, desenvolveu-se atividades investigativas sobre o conceito de Simetria e suas respectivas operações. Em seguida, realizou-se um estudo sobre a luz polarizada e não polarizada com experimentos que proporcionaram uma investigação aos conceitos estabelecidos. Após essa etapa, passou-se ao estudo da atividade óptica.

A análise foi embasada no *Princípio de Neuman*, um postulado importante da Física da Matéria Condensada, que estabelece a maneira com a qual as propriedades físicas de um meio

material se manifestam em relação às propriedades de Simetria do próprio meio. Por meio deste estudo, foi elaborado um texto didático-científico, com fins de suporte ao professor, buscando desenvolver um material que possa ser utilizado tanto pelo meio acadêmico, quanto por estudantes nas escolas que estão estudando as disciplinas de Física e Química. Como esses conteúdos envolvem Física Moderna e Contemporânea, que quase não são trabalhados no Ensino Médio, objetiva-se fazer uma análise das possibilidades futuras referentes à utilização desse material no processo de Ensino de Física, bem como verificar suas aplicabilidades e potencialidades.

2 JUSTIFICATIVA

A realização deste estudo baseia-se na relação interdisciplinar que a Física e a Química propiciam no ambiente educacional, que nos auxiliará no ensino e na compreensão de conteúdos relacionados com a Física Moderna e Contemporânea. A presença da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio pode resgatar o interesse pela ciência, de modo que os fundamentos que possibilitam a existência das tecnologias usadas no nosso dia a dia torne seu aprendizado mais atraente e eficiente.

Uma revisão bibliográfica foi realizada nos principais sites, como por exemplo: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), no período de 2003 a 2017, no qual teve um pequeno número de trabalhos identificados. A partir desse momento iniciei uma busca no repositório do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física dos polos existente em todo Brasil.

Sabe-se que com a criação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MN-PEF) vários trabalhos foram e estão sendo desenvolvidos ao longo dos anos (2013 até 2017), nesse cenário realizei uma investigação sobre conteúdos relacionados a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, elaborada a partir de consultas a artigos e dissertações produzidos pelos polos que oferecem o mestrado. Os resultados mostraram que os profissionais da área de Ensino de Física estão produzindo materiais relacionados a várias áreas da Física. Com relação a investigação feita sobre a área de Física Moderna e Contemporânea, concluiu-se que, no período investigado, há um crescimento médio de trabalhos de investigação dos mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimentos relativo a temas dessa área em sala de aula. Observa-se, com relação aos conceitos desenvolvidos em nossa pesquisa, somente os temas polarização da luz e atividade óptica foram usados e citados em algum momento do trabalho realizado por outros autores. Mas não foi constatado uma investigação profunda dos conceitos que esses temas podem oferecer ao longo do seu desenvolvimento dentro de sala de aula. Como por exemplo a transposição do conceito de Onda Mecânica para Onda Eletromagnética, conceito de atividade óptica baseado na concepção da Física fundamentado no *Princípio de Neuman* utilizando a Simetria.

De acordo com Moreira (2004), o estudo de ciências consiste em descobrir seu mundo, a fim de reconhecê-lo, esclarecer suas dúvidas e valorizar o ambiente que o cerca. Portanto, quando um estudante pesquisa, formula hipóteses, observa e experimenta, ele passa a responder às perguntas. Neste momento ele começa a entender as relações entre o meio e o método científico, no qual está inserido tornando-se capaz de aprender. O envolvimento da ciência, tecnologia e sociedade se torna importante para o desenvolvimento de novos conteúdos na área de Física Moderna e Contemporânea.

Deste modo, analisar, entender, as estratégias e os mecanismos utilizados para fazer a elaboração de atividades sobre tópicos de Física do Estado Sólido para o Ensino Médio torna-se extremamente importante para promover o ensino de Física. Para que fosse elaborado um processo de construção do conhecimento consistente foi necessário fazer uma investigação sobre

o fenômeno de passagem da luz pelos materiais. Nesse sentido, foi realizado um estudo da Simetria e da polarização da luz.

As propriedades ópticas dos materiais são uma alternativa para introduzir novos conceitos relacionados à estrutura atômica e molecular. Como esses conteúdos envolvem Física Moderna e Contemporânea, que quase não são trabalhados no Ensino Médio, foi realizado um estudo sobre as propriedades dos materiais através da atividade óptica e Estrutura Molecular no processo de Ensino de Física usando a Simetria e a polarização da luz. O estudante do Ensino Médio na disciplina de Física, a partir do segundo ano, geralmente tem o contato com a óptica. Ele começa a conhecer os primeiros conceitos envolvendo a luz e seus respectivos fenômenos. Dessa maneira, torna-se possível o estudo dos temas relacionados com Física Moderna e Contemporânea.

Nota-se a importância de fazer um estudo para que seja criada uma nova abordagem aos assuntos como os de Física Moderna e Contemporânea que possam ser ministrados aproximando cada vez mais a Física do mundo real, trazendo aos estudantes um novo significado, para os conteúdos assimilados em sala de aula, promovendo um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada estudante. Neste sentido para que a Física possa ser apresentada de forma articulada, trazendo o mundo vivido pelos estudantes e professores valores significativos, temos que criar possibilidades para a construção de um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada estudante.

Silveira (2008) relata que a discussão sobre Simetria nos livros de Física foi encontrado nos assuntos mais diversificados e foi melhor apresentado em livros que tratavam de um único campo da Física, como Mecânica Clássica, Mecânica Quântica, Eletromagnetismo, principalmente nos livros mais avançados do Ensino Superior. Portanto, como o tema de nossa pesquisa não é apresentado nos livros didáticos, fazendo a relação com as propriedades físicas dos materiais baseado na Simetria cristalina para o entendimento da atividade óptica, acreditamos ser importante o seu estudo para processo de ensino aprendizagem de Física.

A proposta de trabalho fez uma abordagem através de uma pesquisa de natureza qualitativa explorando mecanismo, conceitos e conteúdos relacionados a Simetria cristalina, como elementos e operações de Simetria, polarização da luz destacando sua importância e aplicabilidade na análise da atividade óptica baseados na estrutura molecular. Para investigação do tema utilizou-se uma SD direcionada aos estudantes da segunda série do Ensino Médio tendo como objetivo envolvê-los, através de uma série de atividades e situações problemas, a fim de que eles reflitam sobre o tema.

O desenvolvimento das atividades foi estruturado com uso de várias metodologias e estratégias de ensino como por exemplo: atividades em grupos, leitura, uso de aplicativos, resolução de questões investigativas e aulas dialogadas. Nas diferentes fases do trabalho os estudantes estiveram envolvidos com os conceitos de Simetria, estrutura molecular, conteúdos de óptica, polarização da luz como por exemplo, o fenômeno da reflexão. Deste modo, podemos

perceber a interdisciplinaridade entre Matemática, Química e Física o que se torna importante no processo de aprendizagem tanto dos estudantes como do professor.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Investigar as dificuldades apresentadas pelos estudantes ao construir conceito de Simetria e estabelecer a relação de Simetria com as propriedades ópticas dos materiais, através de um conjunto de atividades colaborativas e investigativas, abordando a atividade óptica de um material específico. Afim de construir novos conhecimentos com potencial para serem trabalhados tanto na Química quanto na Física.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma SD tendo como tema o estudo da atividade óptica dos materiais a partir das concepções desenvolvidas no estudo da óptica;
- Identificar as concepções que os estudantes apresentam sobre elementos e operações de Simetria;
- Identificar as concepções dos estudantes sobre o comportamento da luz quando interagindo com a matéria;
- Identificar as relações que os estudantes estabelece entre a Matemática, a Química e a Física;
- Verificar se a SD tem potencial para aumentar o nível de participação e de interação entre os estudantes.

3.3 Questão Orientadora

- De que maneira o desenvolvimento de um conjunto de atividades investigativas, usando a Simetria e a polarização da luz como temas, contribui para a compreensão das propriedades ópticas dos materiais e para o entendimento conceitual do que seja a atividade óptica?

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento deste trabalho está baseado na realização de um conjunto de atividades colaborativas e de caráter investigativo. Ferreira (2008) relata que o termo investigação pode apresentar alguns significados tais como averiguação, busca, indagação e análise, por exemplo. Seguindo nesta linha de significados, a investigação pode ser pensada como uma prática que, através dessas ações, traduzidas nestes significados, pode se transformar em um procedimento capaz de desenvolver algumas habilidades: observação, análise de fatos, elaboração e interpretação de hipóteses. Esta prática possui um grande potencial para favorecer a descoberta e a construção de novos conhecimentos e, portanto, pode e deve estar inserida na sala de aula, através do chamado ensino por investigação.

O ensino por investigação surge, segundo Baptista (2010) a partir da década de 50, quando o currículo de ciência passou por uma reformulação, passando a ter como principal objetivo preparar futuros cientistas. Dentro deste objetivo, o ensino por investigação começa a emergir como uma estratégia a ser implementada em sala de aula. É desse período o aparecimento do Physical Science Study Committee (PSSC), projeto desenvolvido por um grupo de professores de Física do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) em 1956 (LITTLE, 1959) para pensar e propor maneiras de reformular o Ensino de Física nos cursos introdutórios, tentando atrair os jovens para a carreira de cientista. Outros projetos semelhantes foram propostos também para as demais ciências. Este projeto visava introduzir mudanças no Ensino de Física, com o objetivo de envolver o estudante em um ensino por investigação, levando-os pensarem e agirem como cientistas, participando de todas as etapas de um processo investigativo, característico do processo dito científico, formulando hipóteses, observando, experimentando, analisando e tirando conclusões¹. Outros projetos de Ensino de Física surgiram nas décadas seguintes nos E.U.A., sob forte influência da guerra fria e seus desdobramentos, e se espalharam pelo mundo, inclusive no Brasil (MOREIRA, 2000), impactando a formação dos futuros professores de Física.

Carvalho (2013) salienta que essas transformações que atingiram a sociedade também provocaram mudanças na escola, que até então possuía apenas a função transmissora de um conhecimento acumulado ao longo das gerações anteriores. A área de pesquisa em Ensino de Física no Brasil também sofreu os impactos destas transformações. Com o aumento do acúmulo de conhecimento científico nesta área, passou-se a valorizar a importância da problematização e dos conhecimentos prévios para que o processo de aprendizagem ocorresse. Carvalho (2013) aponta ainda que umas das principais características do ensino por investigação é a interação entre os estudantes.

Carvalho (2004) assevera que, ao trabalharmos com demonstrações experimentais investigativas, temos que partir da premissa de uma proposta de uma problemática, que possa induzir à investigação. O professor apresenta o problema aos estudantes, que pode ser em forma de in-

¹ Cabe aqui a ressalva sobre o entendimento epistemológico do termo “científico”. Entretanto, não vamos aqui realizar uma discussão sobre este tema

dagações, para que os estudantes possam expor seus conhecimentos prévios acerca do assunto. Nesse sentido, o professor desempenha um papel fundamental e importante: que é orientar e acompanhar os estudantes na transferência do saber do cotidiano para o saber científico, por meio da investigação.

Sá (2009) afirma que a atividade investigativa pode ser importante no ensino, por apresentar características tais como a exploração de um fenômeno com o objetivo que os estudantes apresentem argumentações que sustentem as hipóteses construídas por eles. Dessa forma, esse tipo de atividade pode ser encarado como um desafio no processo de construção do conhecimento científico.

Suart (2009) relata que o uso de atividades experimentais na perspectiva de atividade investigativa é uma estratégia de ensino que possibilita uma participação mais ativa do estudante no processo de ensino e aprendizagem. Esse tipo de atividade contribui para que o estudante desenvolva maior autonomia, ao ser instigado a manifestar sua opinião e suas reflexões acerca do conteúdo. Segundo a autora:

as atividades experimentais investigativas, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação do aluno, (SUART, 2009, p.53).

A abordagem investigativa embasada em problemas leva os estudantes a pensar, refletir e expor suas ideias, o que favorece a construção do conhecimento científico (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Neste trabalho, Zômpero e Laburú (2011), citando Perez e Castro (1996), apontam:

[...] as atividades de investigação devem compreender as seguintes características: apresentar aos alunos situações problemáticas abertas, em um nível de dificuldade adequado à zona de desenvolvimento potencial dos educandos; favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância das situações-problema apresentadas; emitir hipótese como atividade indispensável à investigação científica; elaborar um planejamento da atividade experimental; contemplar as implicações CTS do estudo realizado; proporcionar momentos para a comunicação do debate das atividades desenvolvidas; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico. Zômpero e Laburú (2011 apud PEREZ; CASTRO, 1996, p.75)

Clement, Custódio e Filho (2015) bem como Batista et al. (2017) desenvolveram atividades didáticas baseadas na atividade investigativa para o Ensino de Física. Os autores concluíram que este tipo de atividade pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, pois o estudante se torna mais participativo e isto promove a construção e agregação de novos conhecimentos.

Pereira e Moreira (2017) apontam que as atividades experimentais investigativas e problematizadoras podem ajudar na compreensão da teoria, com auxílio da prática, desenvolvendo uma linguagem científica.

Ainda na perspectiva do ensino por investigação, mas especificamente no ensino da óptica, Colombo (2004) e Batista et al. (2017) relatam que trabalhar com conceitos de reflexão,

refração e polarização através de experimentos pode auxiliar os estudantes a visualizarem estes fenômenos e seus efeitos. De acordo com Santos et al. (2016), a utilização de simulações também se mostra uma ferramenta bastante útil para a apresentação e visualização de fenômenos físicos, tais como a polarização da luz. Richter (2013) acrescenta a isto o fato de que o uso de hipermídias podem favorecer a criação de situações problema, o que, na perspectiva do ensino por investigação, pode levar ao entendimento de conceitos e fenômenos físicos. Ainda nessa linha Carvalho (2013) e Sasseron (2014) apontam que o uso de atividades investigativas tem como objetivo proporcionar ao estudante um ambiente no qual ele possa utilizar seu conhecimento prévio para a construção de novos conhecimentos e essa construção se dá através de reflexões, levantamento de hipóteses e do diálogo com o professor e com os demais colegas.

Para propiciar o desenvolvimento de atividades de caráter investigativo a opção feita neste trabalho foi a utilização de trabalhos em grupos, ambiente em que a troca de ideias e a argumentação são fortes componentes. Damiani (2008) afirma que o trabalho em grupo é essencial para melhorar diversas habilidades de comunicação e favorecer a aquisição de conceitos. A autora destaca a importância do professor:

estimular seus estudantes a trabalhar em grupo quanto fornecer-lhes um modelo interativo que leve ao compartilhamento de idéias e não à intervenção autoritária e diretiva, que ocorre quando um estudante apenas corrige o trabalho do colega (DAMIANI, 2008, p.222).

Propiciar momentos nos quais os estudantes possam trabalhar em grupo favorece o diálogo que, de acordo com Barbosa (2008), Lopes (2007) e Freitas (2003), se caracteriza como uma atividade de colaboração, ou seja, ter dois ou mais estudantes dialogando, compartilhando ideias e experiências favorece a interação e aquisição de novos conhecimentos. Neste processo o professor é o responsável por incentivar e estimular o estudante, por meio de orientações sobre procedimentos para resolver as tarefas e os problemas propostos (LIBÂNEO, 2013).

O foco do presente trabalho é a utilização de atividades investigativas, desenvolvendo-as em grupos colaborativos, com o objetivo de incentivar o estudante a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar o conhecimento na resolução de problemas durante o desenvolvimento das atividades. Espera-se com isso contribuir para a formação de um estudante mais crítico e reflexivo.

Para concretizar as ações de sala de aula Carvalho (2004) lista, de forma sistematizada, algumas características importantes para o planejamento das atividades investigativas:

- A atividade deve conter um problema, pois sem um problema não há investigação – o professor elabora um problema para instigar os estudantes a explorarem, dialogarem, refletirem e questionarem a situação proposta;
- A discussão e o diálogo devem ser promovidos – devem ser reservados momentos para que os estudantes experimentem, testem e assimilem suas concepções, possibilitando que eles construam o seus pontos de vista próprios sobre o assunto;

- Podem ser usados textos, observação de fatos, entre outros, para que o estudante possa construir suas concepções;
- Os resultados das investigações dos grupos devem ser apresentados a todos os estudantes da turma (CARVALHO, 2004).

Estas características não necessariamente devem estar presentes em uma única atividade, mas em uma sequência de tarefas que promovam o desenvolvimento gradativo do estudante.

Carvalho (2004) apresenta os tipos de atividades investigativas que podem ser usadas dentro de sala de aula, descritos:

- **Demonstrações Investigativas** - são realizadas com o intuito de comprovar uma teoria. Elas podem contribuir para o Ensino de Física desde que envolvam uma investigação acerca dos fenômenos demonstrados. Essa investigação pode ser a apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser analisado e discutido em da sala de aula.
- **Laboratório Aberto** - esse tipo de atividade busca uma solução para uma questão proposta, que será solucionada através da realização de um experimento. Esta busca envolve seis momentos importantes: i) apresentação do problema através de uma pergunta que estimule à discussão; ii) levantamento de hipóteses pelos estudantes com relação a solução do problema; iii) elaboração de um plano para a realização do experimento (como coletar e analisar os dados); iv) realização do experimento; v) análise dos dados; vi) formalização de uma resposta para o problema inicial, com discussão da validade ou não das hipóteses iniciais e suas consequências.
- **Questões abertas** - relacionadas ao dia-a-dia, cujo entendimento está correlacionado ao conceito discutido nas aulas. Este tipo de questão pode ajudar o estudante a desenvolver a argumentação e a escrita, favorecendo a aprendizagem.
- **Problemas Abertos** - envolvem situações gerais que são apresentadas ao grupo ou a turma, nas quais se discutem as condições de contorno e as soluções possíveis para a situação. Um problema aberto é diferente de uma questão aberta por abordar a matematisação dos resultados. Os problemas devem, preferencialmente, envolver a relação CTS e os estudantes são incentivados a levantar e buscar hipóteses para a solução do problema geral, antes de realizar a etapa de formalização dos resultados. (CARVALHO, 2004)

Ainda com relação as atividades investigativas, Carvalho (2011) traz que elas estão fundamentadas em quatro etapas:

- Criação do problema;
- Elaboração da passagem da ação manipulativa para a intelectual - criando espaços para o desenvolvimento dos estudantes;

- Reorganização das ideias trabalhadas - questionamentos feitos pelo professor direcionando os estudantes para a compreensão do tema;
- Explicação para solução do problema;

Uma outra vertente do ensino por investigação, *Inquiry-Based Science Education (IBSE)*, afirma que essa estratégia pedagógica consegue promover mudanças no cenário escolar e que essas mudanças afetam tanto os estudantes quanto os professores, através da interação e da mediação, gerando um Ensino de Física contextualizado, problematizado e teorizado Dias e Reis (2017).

Por fim, a prática embasada no ensino colaborativo e investigativo proporciona aulas dialogadas entre estudantes/estudantes e estudantes/professor. Além disso, propicia espaços para os estudantes pensarem, refletirem e exporem suas concepções, o que possibilita o envolvimento e inserção efetiva no processo de ensino e aprendizagem. Pode-se ressaltar que o ensino por investigação deve ser pensado como uma abordagem de ensino, muito mais do que uma metodologia, pois exige que o professor tenha, na sua própria prática pedagógica, a investigação e a reflexão próprias sobre como se dá o processo das relações pedagógicas em sala de aula Carvalho (2013).

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente projeto pretende utilizar o conceito de Simetria para compreender os conceitos físicos envolvidos no estudo da atividade óptica. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica por meio de consultas a artigos, livros didáticos, dissertações. Para o desenvolvimento desta pesquisa, buscou-se desenvolver uma compilação de estudos que abordam conceitos relacionados à Concepção de Simetria, Polarização da luz, Atividade Óptica, Grupos Colaborativos e Atividades Investigativas.

Pesquisou-se nos seguintes sites de busca, Plataforma Scielo e na Biblioteca Digital de Tese e Dissertações (BDTD), no qual foram selecionados 50 artigos e 30 dissertações no período de 2003 a 2017.

A revisão bibliográfica está baseada nos seguintes critérios. Inicialmente, foi feito um estudo na literatura, acerca das concepções sobre Simetria considerando o tema relacionado ao Ensino de Matemática e de Física. Para isso foram escolhidas as seguintes palavras-chave: Simetria, Simetria e a Física, elementos e operações de Simetria, operação de rotação, operação de reflexão, Simetria e moléculas, Simetria e figuras geométricas. Essas palavras foram escolhidas, pois carregam consigo conceitos-chave sobre as concepções de Simetria, muito relevantes para a presente pesquisa.

No segundo momento, foi estabelecido um estudo sobre o uso de atividades investigativas no Ensino de Física, usando como critério as seguintes palavras chaves: Simetria e atividades investigativas, atividades investigativas, operações de Simetria, práticas experimentais investigativas e atividades investigativas. Em um terceiro momento, foi realizado uma busca sobre uso de atividades colaborativas no Ensino de Física. Finalmente foi realizado também um levantamento de trabalhos relacionados aos temas polarização da luz e atividade óptica. O intuito é verificar se temos algum trabalho ou projeto desenvolvido no Ensino Médio usando estes temas e o outro foi realizar um estudo detalhado destes tópicos para que possam nos ajudar na elaboração das atividades que estamos desenvolvendo.

Nos sites acessados, pesquisamos as revistas de maior relevância para o Ensino de Física e Matemática no país e fora: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Caderno Catarinense de Ensino de Física); Estação Científica (UNIFAP); Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Experiência em Ensino de Ciência; Revista Investigação em Ensino de Ciência; Revista Ensaio em Educação e Ciência; Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia; Scielo: Scientific Electronic Library Online; Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), da UAEM, Journal of Physical Education, Revista Ensino e Ciência, Física na Escola e Revista Bolema. Consultou-se também Dissertações de Mestrado (DM) e Teses de Doutorado (TD).

Os documentos pesquisados contendo as palavras chaves selecionadas foram separados para posterior análise, leitura e catalogação, conforme ano, autor, título e público alvo, identificando se o mesmo era ou não voltado para o Ensino Médio.

Após a busca nas fontes citadas da revisão bibliográfica, separou-se para análise os documentos relevantes para o desenvolvimento do Projeto, mostrados a seguir.

5.1 As Concepções de Simetria

As concepções de Simetria podem ser verificadas nas diversas áreas do conhecimento mas, para o presente trabalho, é necessário de fato definir o que é Simetria, como é possível compreendê-la no contexto das propriedades dos materiais e quais são exemplos que podemos apresentar em nosso cotidiano.

Segundo Ferreira (2008), definiu-se a palavra Simetria, derivada do grego (*symmetría*, justa proporção), como correspondência, em grandeza, forma e posição relativa, de partes situadas em lados opostos de uma linha ou plano médio, ou, ainda, que se acham distribuídas em volta de um centro ou eixo.

A definição de Simetria está relacionada com:

[...] regularidade que se observa em disposição, tamanho ou forma, de uma coleção de objetos ou partes de um mesmo objeto, em relação a certos elementos geométricos de referência (plano, linha, eixo, ponto) (CONSTANTINO, 2005, p.146).

Um dos objetivos principais do ensino de geometria no Ensino Fundamental e Médio é o desenvolvimento da percepção espacial, a qual pode ser propiciada por meio de modelos concretos que permitem mostrar aos discentes as transformações geométricas aos estudantes. De acordo com Walle (2009), as transformações geométricas oferecem mudanças na posição ou no tamanho de uma forma ou desenho e, portanto, deve-se considerar a Simetria como uma característica que pode ser observada em figuras geométricas, moléculas e na natureza.

Pasquani (2015) afirma que o conceito de Simetria nos livros didáticos está relacionado aos desenhos geométricos e ornamentos simétricos da antiguidade. O autor ainda faz um apontamento sobre o erro que aparece na maioria dos livros didáticos quando é feita a análise de Simetria. O autor se refere:

... análise de “Simetria” de objetos tridimensionais substituindo-os por fotografias bidimensionais e mencionando “eixos de Simetria” onde, o correto, seriam planos de Simetria (PASQUANI, 2015).

Em Física define-se Simetria como sendo uma propriedade de um sistema físico que possui uma invariância se pudermos fazer uma operação no sistema de tal forma que, após a mudança, o sistema permaneça inalterado (NOVAES, 2005).

A partir da compreensão da Simetria, pode-se obter resultados nas habilidades de aprendizagem durante o processo de ensino, como por exemplo, no estudo da atividade óptica.

Montenegro e Jahn (2003) realizaram uma investigação sobre as estratégias e procedimentos adotados pelos professores de Matemática e Física do Ensino Médio da cidade de São Paulo para trabalhar com questões relacionadas a Simetria axial (rotação) e de reflexão

em planos de reflexão. Os autores utilizaram instrumentos avaliativos que apresentam questões relacionadas ao tema de investigação proposto. Os professores participantes da pesquisa resolveram individualmente as questões apresentadas no contexto da Física e da Matemática. Após análise dos questionários, os autores chegaram a conclusão que as estratégias adotadas pelo grupo podem variar de acordo com contexto da área de formação. Os professores de Matemática não tiveram problemas em fazer as questões relacionadas em sua área, mas quando elas estavam no contexto da Física, apresentaram dificuldades na sua resolução. Já os professores de Física foram bem nas questões relacionadas as duas áreas.

Isso pode significar que a forma como os conteúdos são abordados na formação inicial dos professores de Matemática e da Física possa constituir um fator facilitador ou dificultador para a aprendizagem deste conhecimento. Muitas das vezes, durante esta formação, os conteúdos são definidos como verdades inquestionáveis, como sendo um produto inteiramente pronto, restando aos estudantes somente reproduzi-los.

Caruso (2008) relata a importância de se trabalhar com o conceito de Simetria no Ensino Médio. Ele apresenta os resultados de uma pesquisa realizada nos livros didáticos de Física que constatou que não aparece nenhuma menção à ideia de Simetria na perspectiva do desenvolvimento da ciência, chamando atenção para o fato que não há nenhum impedimento pedagógico para que se trabalhe com Simetria no Ensino Médio. Apresenta ainda uma sugestão para se trabalhar com este conceito no Ensino Médio a partir de temas relacionados com o estudo de movimento retilíneo uniforme e a Simetria de translação.

Silveira (2008) relata que o conceito de Simetria está relacionado com as leis de conservação na Física e este pode ser um melhor caminho para que os estudantes tenham uma melhor compreensão deste conceito. A pesquisa realizada no Ensino fundamental, Médio e Superior, aponta que os estudantes apresentam uma definição de Simetria muito ligada a Geometria apenas.

Pizzo (2017) apresenta uma proposta abordando o conceito moderno de Simetria baseado em três aspectos (transformação, invariância e isometria) para professores de Matemática do Ensino Médio. A partir do estudo e das reflexões da História da palavra Simetria, foi possível elaborar uma proposta com atividades dando condições ao professor de desenvolver e elaborar novas abordagens sobre o conceito moderno de Simetria. O autor destaca que a Simetria pode ser trabalhada na Física relacionada as questões de conservação de energia. Nesse sentido, pode-se observar que é vasto o campo de aplicações da Simetria, desde que seja estabelecido as devidas conexões com as áreas de aplicação.

Vieira, Paulo e Allevato (2013) realizaram um trabalho buscando compreender o processo de formulação do conceito sobre Simetria com estudantes do Ensino Fundamental de uma turma de sétimo ano de uma Escola Municipal do Estado de São Paulo. Para isso utilizaram a metodologia de resolução de problemas, levando em conta aspectos como a intuição e a visualização, relevantes para compreensão deste conceito. Encontraram como resultado que o estudante, quando inserido em um ambiente de investigação, se torna capaz de identificar as

propriedades, argumentar sobre as características geométricas percebidas e ainda justificar as suas conclusões.

Fonseca (2013) analisa a abordagem do conceito de Simetria nos livros didáticos de Matemática para o Ensino Fundamental dando ênfase aos livros aprovados pelo Programa Nacional do livro Didático (PNLD). A pesquisa foi feita com 15 coleções dos anos iniciais do Ensino Fundamental aprovadas pelo PNLD 2010 e em 10 coleções dos anos finais do Ensino Fundamental aprovadas pelo PNLD 2011. Os resultados mostraram que há uma predominância do estudo da Simetria de reflexão, persistindo falhas na sua definição e mostraram também uma ausência do estudo das isometrias no plano. Como conclusão, os autores afirmaram que os materiais pesquisados não mostraram a existência de um planejamento didático mais global para o ensino dos conceitos de Simetria.

Bauer (2015), em seu trabalho sobre a importância do estudo da Geometria, com ênfase nos conceitos de Simetria de Reflexão, mostra a possibilidade de agregar este estudo a mídias digitais. Abordagem foi realizada na disciplina de Matemática através de problemas com estudantes do Ensino Fundamental de uma turma de sétimo ano de uma Escola Municipal de Nova Petrópolis(RS). As estratégias didáticas utilizadas foram o uso de figuras do cotidiano, fotografias, e mídias digitais como: *Geogebra*¹ e o *Facial Symmetry*². Após as análises das atividades realizadas foram constatados equívocos na distinção entre as características de uma Simetria de Reflexão e de uma Simetria de Translação. Além disso, constatou também que os recursos digitais precisam ser incorporados ao processo de ensino e aprendizagem acrescidos de novas metodologias capazes de promover uma aula mais dinâmica, atraente e motivadora

Salmasio, Ragoni e Santos (2016) relatam as observações feitas pelos estudantes do curso de Licenciatura em Matemática, no período do estágio obrigatório no Ensino Fundamental I, quando foi desenvolvida uma sequência de atividades para abordar o conceito de Simetria. A estratégia de ensino utilizada foi a resolução de problemas envolvendo régua e espelho, criando condições para que os estudantes pudessem executar as atividades matemáticas sobre Simetria ao mesmo tempo que iam construindo os conceitos sobre o tema. Os autores puderam observar que com a execução destas atividades os estudantes começaram a mostrar uma certa independência do professor, com posições críticas e reflexivas.

Estes trabalhos discutidos aqui evidenciam a importância de se realizar uma investigação das concepções iniciais dos estudantes sobre os conceitos de Simetria e de Operações de Simetria, pois acredita-se que o estudante que saiba identificar corretamente um plano de reflexão, uma ou várias operações de Simetria de rotação, tanto para figuras geométricas quanto para moléculas, tenha condições de compreender a relação da Simetria com as propriedades físicas da matéria.

¹ Aplicativo de matemática dinâmica que combina conceitos de geometria e álgebra.

² Aplicativo de simetria facial que permite analisar a Simetria do rosto.

5.2 Estado de Polarização da luz no estudo da Atividade óptica

O estado de polarização da luz é fundamental para a descrição, o estudo e o aprendizado conceitual de atividade óptica, tanto dos professores como dos estudantes. Como se trata de um assunto muito rico em informações, que é pouco abordado em sala de aula, acredita-se que fazer um estudo das várias estratégias de ensino que foram utilizadas para que esse tema fosse ministrado em sala de aula torna-se de grande valia ao processo de aprendizagem dos conteúdos de Física em sala de aula.

Propostas de desenvolvimento de atividades experimentais para a determinação da atividade óptica remontam ao século XIX. Bassalo (2009) menciona a proposta de Pasteur de 1848, que usou soluções de ácido tartárico e sais de ácido tartárico para medir a rotação do plano de polarização da luz, gerado por propriedades de Simetria das moléculas do meio onde a luz se propagava.

Borges (2008) ressalta que uma abordagem experimental da polarização da luz no Ensino Médio é um caso raro devido ao custo elevado dos equipamentos. A autora faz um apontamento destacando a importância do estudo da polarização da ondas luminosas com conceitos relacionados a Química e a Física destacando a atividade óptica e polarização da luz. Apresenta como uma sugestão trabalhar com materiais de baixo custo na confecção de um banco óptico para o estudo da polarização da luz e da atividade óptica com o uso de soluções de glicose, frutose e sacarose. Através dessa sugestão, qualquer professor pode realizar a montagem do equipamento em sala de aula, promovendo assim contato dos estudantes com um tema relevante para o aprendizado de Física.

Vieira e Aguiar (2009) apontam em seu trabalho que o estudo da polarização da luz pode ser realizado com o uso do fotodetector de um smartphone. Sabe-se que as informações contidas na estrutura dos materiais pode ser estudada, a partir do estado de polarização da luz, por ela emitida ou refletida. Para isso, o autor apresenta uma sugestão simples envolvendo o estudo da Lei de Malus, isto é, medida da intensidade luminosa de acordo com ângulo de rotação do polarizador. Nesse sentido, observa-se que o avanço da tecnologia está proporcionando o desenvolvimento de experimentos didáticos que antes eram impossíveis de serem realizados na escola devido a falta de materiais e custo dos equipamentos.

Muller (2017) destaca em seu trabalho, o uso de um sensor, de uma câmera USB e um software intitulado *Power meter* para realizar o estudo de fenômenos associados a propriedade da luz. O trabalho realizado mostra a verificação experimental da Lei de Malus e a análise da eficiência de extinção dos polarizadores em diferentes regiões espectrais. O autor ainda destaca que outros experimentos de polarimetria podem ser realizado com o programa, envolvendo o estudo da atividade óptica e a polarização por reflexão em interfaces dielétricas na determinação dos coeficientes de Fresnel.

Apesar dos vários artigos destacados, observa-se que, em geral, o foco tem sido o de apresentar as possibilidades experimentais envolvendo a atividade óptica. É necessário realizar

estudos do processo de ensino e aprendizagem envolvido, investigar como os estudantes compreendem o estado de polarização da luz no estudo da atividade óptica. Veja que identificar quais os mecanismos os estudantes utilizam para entender o estado de polarização de uma onda eletromagnética, sua passagem pelo polarizador, por uma substância ativa ou inativa no processo de medição do ângulo de rotação torna-se relevante neste contexto. Este é um dos pontos de originalidade do presente trabalho.

6 METODOLOGIA

6.1 Metodologia de Desenvolvimento da Pesquisa

6.1.1 A Escola

A pesquisa foi realizada na Escola Estadual, localizada na cidade de Ribeirão Vermelho-MG. A proposta foi desenvolvida com trinta e sete discentes do segundo ano do Ensino Médio. Eu assumi as turmas do Ensino Médio através de uma designação para o cargo pleiteado em 30 de setembro de 2017 com contrato até o fim desse ano na Escola. A escolha da série do segundo ano do Ensino Médio se deu em função do tema proposto e da grade curricular correspondente a esta série. Em consulta ao planejamento da escola, foi constatado que os seguintes tópicos estavam em seu planejamento anual: termologia, dilatação térmica, calorimetria, termodinâmica, óptica geométrica, reflexão da luz, refração da luz, ondulatória e energia. Após essa verificação, identifiquei em seus diários que a professora estava no tópico sobre ondulatória. Procurei a supervisora e a diretora para ver a possibilidade de fazer uma reorganização do planejamento visando aplicação do projeto de pesquisa em sala de aula. Com isso, consegui autorização para realizar a aplicação do projeto em sala de aula. Havia duas aulas durante a semana nos primeiros horários as terças e quartas-feiras.

O desenvolvimento consistiu da aplicação da SD no horário matutino, durante o último bimestre de 2017, nas aulas regulares, sem afetar o andamento do conteúdo disciplinar do segundo ano do Ensino Médio.

6.1.2 Estrutura das Aulas

As atividades foram desenvolvidas junto aos discentes de maneira orientada, pela interação professor-estudante e estudante-estudante. Foram utilizados como recursos: imagens, figuras geométricas, moléculas, questionários, aplicativos e atividades experimentais. Decidiu-se por trabalhar com atividades em grupos durante os encontros semanais. O experimento investigativo pode ser considerado como um recurso para auxiliar o professor no desenvolvimento da perspectiva experimental das ciências físicas. A atividade experimental não precisa ser usada de maneira recorrente. O intuito foi criar situações que os estudantes fiquem interessados, curiosos e tenham uma postura investigativa ao trabalhar com uma atividade experimental. A intenção foi aplicar uma metodologia ativa, através de atividades que envolvam os estudantes no processo de aprendizagem de conceitos de Física, de forma que o processo de aprendizagem envolva ações como: dialogar, escrever, ler, trabalhar em grupos, solucionar problemas e ensinar outros colegas.

As atividades foram desenvolvidas em 8 aulas de 50 minutos cada, ao final aumentou-se mais uma aula para fazer o fechamento de todo conteúdo ministrado.

6.1.3 Produto Educacional

O produto Educacional foi concebido essencialmente como um instrumento de apoio ao professor, e, mais especificamente, como um meio para facilitar a utilização das atividades em sala de aula. O produto educacional encontra-se dividido em seções: Elementos e operações de Simetria; Atividade óptica, Polarização da luz, Parte do professor, Tutoriais e Parte do Aluno.

Almeja-se que o produto educacional possa contribuir para formação contínua dos professores, pois as orientações têm a finalidade principal de nortear o professor quanto à melhor utilização da SD e oferecer-lhes subsídios teóricos – metodológicos.

6.2 Descrição das Aulas

O tema da SD envolve o estudo das propriedades ópticas dos materiais quando a luz atravessa a matéria condensada. Um dos pontos mais relevantes a serem observados é o desenvolvimento da percepção de que as propriedades de Simetria das moléculas são determinantes na observação das propriedades físicas dos materiais. Deste modo, espera-se que os estudantes desenvolvam:

- Conceção do conceito de Simetria;
- Conhecimento sobre o conceito de polarização da luz;
- Reconhecimento da relação entre as propriedades físicas dos materiais e sua estrutura molecular;
- Diferenciação de como a Física e a Química abordam o estudo da atividade óptica, isto é, diferenciação entre a abordagem baseada em relações de Simetria, característica da Física, e a abordagem estrutural de identificação de carbono assimétrico, característica da Química, evidenciando como ambas as abordagens são complementares.

No tabela 6.1 encontra-se as descrições das aulas, com o detalhamento dos conteúdos e recursos didáticos utilizados nas diferentes atividades.

Tabela 6.1 – Descrição da Aulas

Aulas	Desenvolvimento de Aula	Conteúdos	Recursos Didáticos
1	<p>1º Momento: Leitura do texto: Simetria e Propriedades Óticas;</p> <p>2º Momento: Distribuição de algumas imagens para análise da presença de simetrias e o questionário 1.</p>	<p>- Introdução do conceito de simetria para a Física da Matéria Condensada;</p> <p>- Introdução do conceito de eixo e plano de simetria.</p>	<p>- Texto;</p> <p>- Questionário;</p> <p>- Figuras impressas.</p>
2	<p>1º Momento: Os estudantes recebem figuras geométricas (triângulo e cubo regulares), transferidor; e um questionário para ser respondido.</p> <p>2º Momento: Os estudantes recebem um retângulo e um hexágono para verificar a presença de simetria de espelho e de rotação.</p> <p>3º Momento: Análise dos eixos de rotação do cubo e tetraedros regulares.</p>	<p>- Plano de reflexão;</p> <p>- Eixo de rotação.</p>	<p>- Figuras geométricas.</p>

Continua na próxima página

Tabela 6.1 – continuação da página anterior

Aulas	Desenvolvimento da aula	Conteúdos	Recursos Didáticos
3	<p>1º Momento: Uso demonstrativo do aplicativo Symmetry Gallery para verificar as respostas que os estudantes deram para o número de eixos de simetria do cubo e do tetraedro na aula anterior.</p> <p>2º Momento: Construção de modelos de moléculas e análise das operações de rotação e de espelho.</p> <p>Uso do aplicativo <i>3D Sym Op</i> para mostrar as operações e elementos de Simetria.</p>	<p>- Eixos de rotação do cubo e tetraedro regular.</p> <p>- Análise de Simetria para moléculas .</p>	<p>- Figuras geométricas;</p> <p>- Modelos de Moléculas;</p> <p>- Questionário;</p> <p>- Symmetry;</p> <p>- Computador;</p> <p>- Laptop;</p> <p>- Bolinhas de isopor;</p> <p>- Tinta guache.</p>
4	<p>1º Momento: Leitura do texto: O Estudo da atividade óptica;</p> <p>2º Momento: Levantamento de Hipóteses sobre a presença ou não de atividade óptica e construção do conceito do Princípio de Neumann.</p>	<p>- Princípio de Neumann;</p> <p>- Atividade Óptica;</p> <p>- Simetria.</p>	<p>- Texto;</p> <p>- Questionário;</p> <p>- Moléculas de Água e Sacarose.</p>

Continua na próxima página

Tabela 6.1 – continuação da página anterior

Aulas	Desenvolvimento da aula	Conteúdos	Recursos Didáticos
5	<p>1º Momento: Atividade 5.1 - Uso de um modelo mecânico para entender o que é polarização da luz.</p> <p>2º Momento: Atividade 5.2 - Uso do banco óptico para representar experimentalmente o que acontece com a intensidade da luz quando fixamos o polarizador a 90º e rotacionamos o analisador para as seguintes situações: I - $\alpha = 0^\circ$; II - $\alpha = 45^\circ$ e III - $\alpha = 90^\circ$</p> <p>3º Momento: Entrega do frasco e do roteiro para preparação das soluções de açúcar.</p>	<p>- Ondas;</p> <p>- Polarização da Luz.</p>	<p>- Fenda; - Mola; - Garra; - Banco óptico; - Polarizador; - Analizador; - Cubeta.</p>
6	Realizar a medição do ângulo de rotação da sacarose, com coleta de dados.	- Atividade óptica.	- Kit experimental para medição dos ângulos de rotação.
7	Após termos coletados todos os dados na aula 6, iniciamos a construção do gráfico para fazermos a interpretação dos dados.	- Atividade óptica.	- Papel milimetrado; - Régua.

Continua na próxima página

Tabela 6.1 – continuação da página anterior

Aulas	Desenvolvimento da aula	Conteúdos	Recursos Didáticos
8	<p>1º Momento: Atividade 8.1</p> <p>- Nessa aula entregamos aos estudantes uma tabela com várias moléculas para que eles analisassem as operações de simetria de rotação e plano de reflexão, sendo que a partir destes eles irão decidir sobre a ocorrência ou não de atividade óptica.</p> <p>2º Momento: Atividade 8.2</p> <p>- Foi entregue um questionário aos grupos para que respondessem usando os conceitos trabalhados ao longo da (SD).</p>	<p>- Atividade óptica;</p> <p>- Operações e elementos de simetria.</p>	<p>- Moléculas;</p> <p>- Questionários.</p>
9	<p>Nessa aula foi realizado a sistematização e contextualização final de todo o conteúdo ministrado em sala de aula durante as atividades.</p>	<p>- Atividade óptica;</p> <p>- Polarização da luz ;</p> <p>- Operações e elementos de simetria.</p>	<p>- Slides ;</p> <p>- Data-show.</p>

6.3 Estratégias de Ensino

As estratégias de ensino adotadas estão relacionadas com a metodologia ativa, que é baseada na participação, motivação e dedicação por parte dos estudantes. Aqui, o estudante não é um mero receptor de conteúdos. Na metodologia ativa, o estudante é diretamente responsável pela sua própria aprendizagem, o que ocorre quando o estudante interage com o assunto em estudo e é estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo passivamente. E portanto, um método de ensino focado no estudante, segundo Henriques, Prado e Vieira (2014).

As estratégias de ensino, serão apresentada aula por aula, pois as atividades foram elaboradas e pensadas para que os discentes fiquem envolvidos e investiguem situações que possa levá-los a construção do conceitos de Física abordados.

O trabalho em grupo foi uma estratégia de ensino recorrentemente utilizada, foi realizada durante todas as atividades da SD, pois acredita-se que essa estratégia possa conduzir os estudantes à reflexão, interpretação, consideração de diferentes hipóteses e explicação das conclusões.

Na primeira aula iniciou-se com a leitura e discussão do texto intitulado “Simetria e Propriedades Ópticas - uma introdução”, elaborado pelo autor para introduzir o tema, com o objetivo de apresentar a proposta de trabalho e uma orientação inicial sobre o planejamento das atividades ao longo da SD. Em seguida, realizou-se uma atividade de avaliação para verificar o conhecimento prévio do estudante sobre Simetria. Nessa atividade procurou-se problematizar a questão da Simetria. O estudante foi desafiado a observar duas imagens, uma da borboleta e a segunda do símbolo do Ying e Yang, com intuito de verificar as operações de Simetria que cada uma apresentava perante a análise. A questão fundamental nesta atividade é despertar no estudante a noção de que Simetria pode envolver diferentes operações de Simetria, nestes casos, a operação de espelho e a de rotação.

Na segunda aula as atividades foram divididas em 3 momentos. No primeiro, realizou-se um estudo com figuras geométricas sobre eixo de rotação em 2D. No segundo, um estudo sobre a possibilidade das figuras geométricas possuírem tanto a Simetria de espelho quanto a de rotação. No terceiro, uma atividade prática envolvendo figuras em 3D, com a manipulação do cubo e do tetraedro para verificação dos eixos de rotação com uso de varetas. O intuito é construir o conceito de eixo de rotação com os estudantes através de figuras geométricas em 2D, para que depois possamos investigar se o estudante consegue verificar se a figura geométrica pode possuir tanto a Simetria de espelho como a rotação. E ao final verificar se os estudantes conseguem, identificar os eixos de rotação e operações de rotação em figuras geométricas em 3D. A questão primordial é fazer com que o estudante perceba que uma figura geométrica pode apresentar mais de uma operação de Simetria e que através de um eixo de rotação possa realizar várias operações de rotação.

Na terceira aula, iniciou-se com o professor fazendo uma demonstração com o uso de um website intitulado por "*Symmetry Gallery*", desenvolvido na Otterbein University,¹ para identificar os elementos de Simetria do cubo e tetraedro regulares, através da apresentação das projeções em sala de aula. A seguir, desenvolveu-se a atividade de manipulação de bolinhas de isopor e palitos para confecção de moléculas. Estes modelos foram utilizados para reforçar a concepção de Simetria das moléculas. Os estudantes foram desafiados a identificar, com ajuda de espelhos e eixos de palito, as operações de Simetria das moléculas construídas. Outro recurso utilizado foi o aplicativo conhecido como "*3D Sym Op*". Trata-se de um aplicativo educacional para smartphone projetado para visualizar os elementos de Simetria e operações em moléculas de vários Grupos de Ponto. Este aplicativo está disponível no Google Play. Utilizando-o, é

¹ Link disponível em: <http://symmetry.otterbein.edu/index.html>

possível identificar o Grupo de Ponto², ou seja, os elementos, ou operações de Simetria de uma determinada molécula. Observe que a questão relevante na atividade é mostrar que a Simetria e as operações de Simetria podem ser identificadas tanto em figuras geométricas como moléculas.

Para a realização da quarta aula o autor elaborou um texto² intitulado: *O estudo da Atividade óptica* com assuntos relacionados a polarização da luz, Princípio de Neuman e atividade óptica. Com o estudo do texto intitulado "*O estudo da Atividade Óptica*" realizou-se uma discussão em sala de aula para que os estudantes fizessem um levantamento de hipóteses para as moléculas de água e sacarose sobre a presença ou não de atividade óptica. Nessa atividade foi apresentado aos estudantes o *Princípio de Neuman*, que evidencia a relevância da Simetria das moléculas e estruturas cristalinas sobre as propriedades Físicas, visando fundamentar o entendimento teórico sobre as propriedades óticas dos materiais.

Na quinta aula, foram realizadas duas atividades demonstrativas pelo professor. A primeira envolvendo um experimento usando um modelo mecânico de polarização da luz em três situações distintas, para que os estudantes pudessem visualizar o conceito de onda transversal polarizada. A segunda atividade fez-se uma generalização para que os estudantes imaginassem as demonstrações anteriores como sendo realizadas para uma onda eletromagnética. É importante, ressaltar que para realização da atividade demonstrativa o autor projetou um aparato instrumental de madeira, que desempenha duas funções: banco óptico e fenda. Quando o aparato estava na vertical servia como fenda, na horizontal como banco óptico. O autor projetou o polarizador e analisador usando madeira e folha polaroide. A cubeta foi feita de vidro para que as soluções pudessem ser colocadas durante a análise experimental da aula 6. Fonte de luz, foi feita usando uma lâmpada noturna fluorescente. Detalhes da construção serão apresentadas no produto. Note que o objetivo dessa aula é verificar quais mecanismos são essenciais para que os estudantes entendam o que é a polarização da luz.

Na sexta aula, utilizou-se de uma atividade experimental, com uso de questionários investigativos antes e depois do experimento para medição do ângulo de rotação da sacarose e água. Foi entregue aos estudantes no final da aula cinco uma orientação para preparação das soluções de sacarose, sendo que cada grupo ficou com uma concentração diferente e responsável em trazer a solução pronta para aula. No dia da realização do experimento, o professor foi chamando grupo a grupo para que a medição do ângulo de rotação fosse realizada durante a atividade. O professor foi responsável em realizar e mostrar a cada grupo a medição envolvendo a solução de sacarose. A presente atividade teve como objetivo mostrar experimentalmente como é realizado a medição do ângulo de rotação da sacarose e água. Além de coletar dados que serão discutidos na próxima aula.

² Um grupo de ponto é um grupo de operações de Simetria que deixam pelo menos um ponto imóvel. Grupos de ponto cristalográficos são grupos de ponto que mapeiam uma molécula ou rede cristalina sobre si mesma. Em três dimensões, os grupos de ponto são representados por um conjunto de operações de Simetria.

Na sétima aula o professor analisou os dados coletados durante o experimento através de uma aula dialogada. Inicialmente foi entregue aos estudantes uma folha de papel milimetrado, para que eles confeccionassem o gráfico com os dados coletados. Após a confecção do gráfico, iniciou-se uma discussão com os estudantes envolvendo o valor do ângulo de rotação da sacarose e da água. Observe que a questão fundamental da atividade, é proporcionar um ambiente investigativo para que o estudante possa entender que a concentração da substância em análise pode ou não influenciar na rotação do plano de polarização da luz. O que pode ser detectado pelo valor do ângulo coletado.

Na oitava aula, entregou-se quatro moléculas para cada grupo, que foram construídas com kit de moléculas pelo autor. Os estudantes tiveram que analisar as operações de Simetria e a presença ou de não de atividade óptica para cada molécula. Após a análise os grupos receberam um questionário investigativo com assuntos abordados durante a SD. O intuito das atividades é verificar o aprendizado dos estudantes ao longo do desenvolvimento da SD.

Finalmente, na nona aula o professor fez uma síntese, uma aula expositiva dialogada envolvendo todos os conceitos discutidos ao longo da SD.

6.4 Metodologia de Coleta e Análise de Dados

6.4.1 Pesquisa Qualitativa

A proposta de pesquisa apresenta uma SD que permite um estudo dos desafios para a construção de conceitos relacionados à relação entre a estrutura da matéria e as propriedades físicas dos materiais. Os dados foram analisados na perspectiva de uma pesquisa qualitativa, na qual os dados são coletados a partir de anotações, questionários, textos produzidos pelos estudantes e observações dos trabalhos realizados, tanto em grupo ou individualmente, e as anotações do professor no diário de campo.

A escolha pela metodologia qualitativa está relacionada à intenção de realizar um levantamento sobre as motivações de um grupo, em compreender e interpretar determinados comportamentos durante a aplicação das atividades. Sendo assim, o foco da análise é o discurso dos estudantes, em busca de significados e conceituações que iluminem a nossa compreensão do processo de aprendizagem.

Ludke e André (2007) relatam que a pesquisa qualitativa proporciona ao pesquisador uma fonte direta com os dados num ambiente natural. Nesta perspectiva, os dados coletados são predominantemente descritivos, despertando uma preocupação com o significado que os indivíduos dão às coisas.

Motta-Roth (2010) relatam que a pesquisa qualitativa requer critérios que possam ser usados para análise de dados. Ou seja, é necessária a definição de materiais e métodos a serem adotados durante a pesquisa, ou seja, quais instrumentos, procedimentos, critérios, variáveis e categorias de análise vamos utilizar para melhor compreensão dos dados analisados.

Foram usados para a coleta de dados os seguintes instrumentos:

- **Diário de campo:** aqui foram registrados todas as informações, questionamentos e reflexões durante as aplicações das atividades;
- **Questionários:** aqui foram registrados as respostas dos estudantes durante as atividades;

Com relação à gravação das atividades em sala de aula, optou-se por não realizar as gravações das atividades, pois essa foi uma solicitação da direção, devido a fatos ocorridos em aulas anteriores.

6.4.2 Análise dos Dados

Os resultados gerais obtidos com o desenvolvimento da SD serão apresentados no próximo capítulo, com a descrição detalhada das atividades realizadas aula por aula. Em seguida apresenta-se os fatos mais relevantes observados durante a aplicação da atividade para cada aula. As análises dos pontos mais relevantes se encontram na seção análise da SD.

Ao realizar a leitura e a análise inicial dos registros, identificamos categorias, caracterizadas por dificuldades conceituais ou de comunicação. Assim, a análise se restringiu à investigação de como os estudantes expressam e utilizam os conceitos envolvidos.

Inicialmente analisamos as dificuldades de construção conceitual baseadas em dois conceitos fundamentais: "*Simetria de Reflexão*" e "*Simetria Rotação*". Observou-se que os estudantes têm mais facilidade de compreender a Simetria de reflexão do que a de rotação. Assim, levanta-se a hipótese de que isto se deve ao fato de que a primeira estabelece um uso de senso comum do conceito de Simetria.

Em segundo lugar, abordamos as dificuldades e imprecisões de linguagem em relação aos termos "*Eixo de Rotação*" e "*Operação de Rotação*", bem como ao uso da palavra "*Desvio*", repetidamente utilizada pelos estudantes não para expressar o desvio da direção de propagação dos raios luminosos, mas para expressar a rotação do plano de polarização da luz. Acredita-se que estes termos evidenciam as dificuldades conceituais básicas dos estudantes neste contexto.

Em terceiro investigamos a construção do conceito do *Princípio de Neuman* para identificar em que medida os estudantes conseguiram relacionar a análise de Simetria com a propriedade óptica dos materiais estudados.

Sendo assim, a análise dos dados se constituiu num esforço sistemático de compreender as nuances do discurso dos estudantes ao tratar dos conceitos e categorias acima detalhados.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como foi detalhado no capítulo anterior, as atividades de aplicação da SD iniciaram-se no segundo semestre de 2017 no começo do mês de novembro em uma Escola Estadual da cidade de Riberão Vermelho em Minas Gerais. A pesquisa foi realizada com a turma do segundo ano do Ensino Médio. Analisaram-se as respostas dos estudantes registradas nas atividades da SD e nas anotações no diário de campo do professor. Dessa maneira, formou-se todo um material com considerações e interpretações que serão apresentados a seguir, detalhadamente, com as descrições e os resultados da análise de cada aula.

7.1 Descrições das aulas da Sequência Didática

Aula 1: Simetria e Propriedades Óticas dos Materiais

A atividade 1 teve como objetivo identificar, através das imagens de uma borboleta e do símbolo do Ying e Yang, as concepções prévias dos estudantes sobre o conceito de Simetria. Para isto, num primeiro momento, entregou-se o texto 1 que se encontra-se no Apêndice (B) a aula 1, para cada estudante, intitulado “*Simetria e Propriedades Óticas*”, com o objetivo de apresentar a eles a proposta de trabalho e uma orientação inicial sobre o planejamento das atividades futuras. Foi dado aos estudantes um tempo para fazerem a leitura, em seguida o professor fez a leitura em voz alta discutindo com os estudantes os trechos do texto.

Num segundo momento o professor dividiu a turma em cinco grupos com cinco estudantes e três grupos com quatro estudantes, totalizando oito grupos, nomeando um líder em cada grupo, responsável por manter a organização e conduzir as atividades. Feito isso, os grupos foram orientados a respeito da tarefa a ser realizada, que consiste em responder a questão 1 analisando as figuras 7.1 (a) de uma borboleta e do símbolo do Ying e Yang figura 7.1 (b) para verificar se elas apresentavam alguma Simetria e, em caso afirmativo, classificarem os diferentes tipos de Simetria observados nas imagens. As respostas dos grupos a questão 1 se encontra no tabela 7.1.

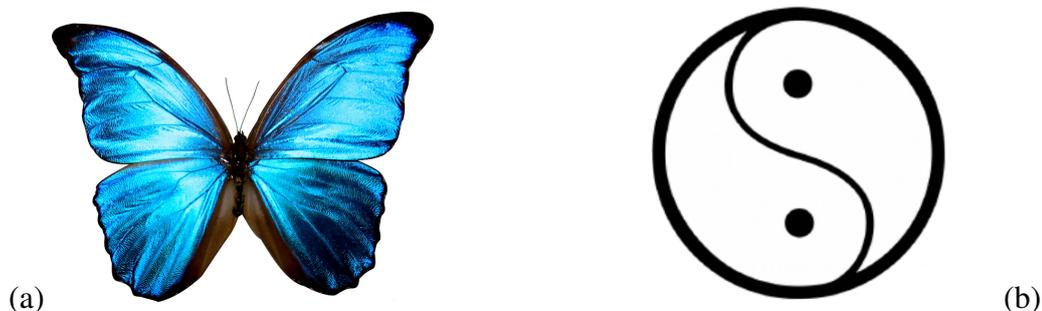


Figura 7.1 – Borboleta (a) e Símbolo do Ying e Yang (b)

Fonte (a): Disponível em: <https://br.pinterest.com/explore/borboletas/>. Acessado em 12/08/2017.

Fonte (b): autor.

Tabela 7.1 – Atividade 1: Respostas da Questão 1

Grupos	Elas são simétricas?	Como você classificaria os diferentes tipos de Simetria que você observou nas figuras.	
		Borboleta	Símbolo do Ying Yang
1	não	Apresenta uma simetria idêntica por ambos os lados.	Após ser girado de 360° graus, pode apresentar uma simetria.
2	não	Colocando o espelho na metade da borboleta, obteremos o mesmo lado igual (reflexo).	Se girarmos o símbolo ambos os lados ficam iguais.
3	não	A borboleta é simétrica pois ambas as partes se dividem.	Símbolo do Ying e Yang só é simétrico se rodarmos em 360° .
4	sim	Pois os lados iguais, e tem reflexão.	É uma simetria pois ocorre operação de Rotação.
5	sim	Pois ambos têm seus lados iguais ou equilibrados. Só que a borboleta é simétrica ou continua sendo em experimento com espelho.	Já o símbolo é simetria de Rotação.
6	sim	Colocando espelho no meio, para ver se os dois lados são iguais.	não respondeu.
7	sim	A simetria da borboleta é refletida por um espelho.	Já símbolo do Ying e Yang é simetria de rotação.
8	sim	Na borboleta é colocar o espelho no meio dela.	E o símbolo do Ying e Yang tem que fazer um giro de 360° .

Após os grupos responderem a questão um da atividade um da primeira aula, passou-se a responder a questão 2 com seis questões orientadoras, relacionadas as figuras 7.1 (a) da borboleta e do símbolo do Ying e Yang 7.1 (b). A questão dois é composta pelas seguintes questões: As questões (a) e (b) são referentes aos critérios no qual os estudantes se embasaram para estabelecer as Simetrias de plano de reflexão e rotação das figuras mencionadas. A questão (c) foi pedido aos estudantes que imaginassem um espelho posicionado no plano vertical em relação a folha de papel. E se nesse caso existe alguma posição para que o espelho fosse colocado na vertical e as figuras 7.1 (a) e 7.1 (b) fiquem inalteradas. A questão (d) tinha como intenção fixar o centro das figuras na folha de papel e verificar alguma situação em que as figuras após serem rotacionadas ficariam inalteradas. Já as questões (e) e (f) tratava-se de verificar quais exemplos do cotidiano dos estudantes apresentam Simetria e qual sua definição sobre Simetria. As respostas da questão 2 encontra-se nas tabelas 7.2 a 7.7.

Tabela 7.2 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (a)

Grupos	Questão 2 (a): Em qual critério você se basearia para especificar a simetria, caso exista, na imagem da borboleta. Justifique.
1	Os lados serem perfeitamente idênticos, pois os lados serem iguais se representa um modo de simetria.
2	No critério de que se colocarmos um espelho na metade da borboleta, no reflexo, será igual da outra parte, ou seja uma simetria.
3	A borboleta é um plano simétrico porque ambos os lados são iguais, se dividirmos ela um lado ficará igual ao outro.
4	Porque as duas partes são iguais.
5	Se separarmos ela ao meio os dois lados são iguais, assim é simetria.
6	Colocando um espelho no meio da borboleta.
7	O lado esquerdo da borboleta é reflexo do lado direito.
8	Pelo fato de ela ter as duas partes iguais, tanto em tamanho quanto em aparência.

Tabela 7.3 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (b)

Grupos	Questão 2 (b): Este critério também se aplica ao símbolo do Ying e Yang? Com qual critério você poderia especificar a simetria. Justifique.
1	A simetria do Ying e Yang é diferente da simetria da borboleta, pois a simetria do Ying e Yang só pode ser vista quando girado a 360°.
2	Sim, mas não seria totalmente igual o da questão anterior. Obteremos uma simetria se girarmos a imagem, pois os lados então ficariam iguais.
3	Se aplica, porém de modo diferente no símbolo Ying e Yang é preciso girar a imagem (360°) para se obter a certeza de que há simetria na imagem.
4	Não, mas a simetria de rotação se aplica a ele, pois quando se gira ele a imagem continua a mesma.
5	Não, pois ele não é igual de ambos os lados.
6	Não, rodando o símbolo 360°.
7	Não se aplica, pois a simetria do símbolo do Ying e Yang é de rotação.
8	Não, pelo fato das duas partes não serem iguais.

Tabela 7.4 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (c)

Grupos	Questão 2 (c): Imagine um espelho posicionado no plano vertical em relação a folha de papel. Existe alguma posição para colocarmos o espelho de modo que as figuras fiquem inalteradas? Justifique.
1	A borboleta fica inalterada em relação ao reflexo do espelho. Ying e Yang se altera não pode ser refletida.
2	Se colocarmos o espelho no meio da borboleta, teremos resultados iguais, pois a borboleta tem o plano de reflexão, já o símbolo Ying e Yang não teremos o mesmo resultado, pois a mesma não pode ser refletida.
3	Não, a borboleta não apresenta alterações e o símbolo Ying e Yang sim.
4	Sim, na imagem da borboleta não ocorre alterações, na do Ying e Yang ocorre alteração.
5	Aos 90° graus, pois assim não alteraria as figuras.
6	Colocando o espelho no meio da folha de papel.
7	A imagem vai ser refletida sem ser alterada.
8	No caso da borboleta ela não fica inalterada. Já o Ying e Yang sim, pois tem uma onda dividindo as partes.

Tabela 7.5 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (d)

Grupos	Questão 2 (d): Se fixarmos o centro da figura no plano da folha com um alfinete, por exemplo, e rotacionarmos cada uma delas, existe alguma situação em que as imagens das figuras ficariam inalteradas?
1	Borboleta apresenta simetria rotação e espelho. Ying e Yang apresenta apenas simetria.
2	Se rotacionarmos as figuras em 360°, teremos o mesmo resultado. Se rotacionarmos as figuras em 180° a borboleta vai ficar alterada pelo fato de ficar com a cabeça para baixo, já o símbolo Ying e Yang não sofre alteração.
3	Não
4	Não, pois a borboleta apresenta a operação de espelho e rotação, o Ying e Yang é só a operação de rotação
5	O símbolo do Ying e Yang, por seu formato.
6	Não. A borboleta apresenta simetria com o espelho e rotação o símbolo Ying e Yang só apresenta simetria na rotação.
7	A borboleta apresenta simetria de rotação e reflexão, já o símbolo Ying e Yang apresenta apenas simetria de rotação.
8	A borboleta apresenta sinal de reflexão e rotação, o Ying e Yang não apresenta sinal de reflexão, mas sim de rotação.

Tabela 7.6 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (e)

Grupos	Questão 2 (e): Tendo em vista estes exemplos você seria capaz de definir “Simetria”? Tente escrever o que entende por simetria.
1	Sim, é a separação de duas partes iguais.
2	Simetria é quando os lados são iguais.
3	A simetria é responsável por proporcionar harmonia a uma imagem, e consequentemente, a sua beleza.
4	Simetria é o que reflete e fica a mesma imagem.
5	Algo simétrico seria algo que possui as suas partes iguais.
6	São figuras que ambos tem os lados iguais.
7	É relação que existe quando um lado da imagem pode se sobrepor a outro ficando iguais.
8	Pelo jeito a simetria são objetos com duas partes iguais, sendo de reflexão e/ou de rotação.

Tabela 7.7 – Atividade 1: Respostas da questão 2 (f)

Grupos	Questão 2 (f): Cite um exemplo da presença de simetria do seu cotidiano.
1	Óculos, borboleta.
2	Quando vamos à igreja e vemos aqueles vidros coloridos, ambos com lados iguais. A joaninha também, se colocarmos o espelho em seu meio, o outro lado seria igual obtendo assim a simetria.
3	Simetria está presente no cotidiano e na natureza. Seja nas asas de uma borboleta ou numa simples folha de árvore. Ex. Flor de maracujá, estrela do mar, teia de aranha.
4	Maça cortada no meio, folha de algumas árvores.
5	Nos objetos, por exemplo em uma folha ou um cubo.
6	Temos a maça quando cortamos ela ao meio. A árvore se corta lá e colocar um espelho no meio.
7	Maça partida ao meio, joaninha, borboleta.
8	Uma parede, se colocar um espelho na aresta de duas paredes vai ser simetria.

O intuito da primeira questão do questionário da aula 1 foi fazer uma investigação sobre quais são as concepções iniciais dos estudantes sobre Simetria, especificamente a aula tem como eixo central problematizar o conceito de Simetria, destacando que existem outras operações além da operação de espelho. Por essa razão, inicialmente escolhemos a imagem da borboleta para discutir o conceito de Simetria no senso comum, que identifica o conceito de Simetria com o de que “*os lados são iguais*”, como refletido na fala do grupo 2 à questão 2 (e) que se encontra na tabela 7.6. Note-se que, como pode ser observado na Tabela 7.1, diversos estudantes responderam que não identificam as duas figuras como sendo simétricas. Isto se deve a dificuldade em reconhecer que a figura do Ying Yang também possui Simetria. Na verdade, o símbolo do Ying e Yang foi utilizado exatamente com o objetivo evidenciar a Simetria de rotação. Portanto, na discussão é importante verificar se os estudantes identificam a rotação

como uma operação de Simetria. Foi observado que mesmo depois desta discussão inicial, em diversos momentos as respostas dos estudantes indicam que eles ainda se referem a Simetria apenas no senso comum, que envolve somente a operação de espelho.

Diante disso, conseguiu-se fazer um levantamento das concepções iniciais de Simetria, pois os grupos conseguiram observar e identificar quando há ou não, operação de espelho usando as imagens.

Entretanto, visando destacar que existem outras operações que definem a Simetria de um objeto, escolhemos a imagem do símbolo do Ying e Yang, com o propósito de fazer uma sondagem de como os estudantes iriam apresentar seus argumentos sobre a operação de rotação. Esse fato nos permitiu observar que as concepções sobre a operação de rotação ainda não foram consolidadas pelos estudantes, pois dos oito grupos, somente o grupo 2 conseguiu perceber que o símbolo do Ying e Yang apresenta operação de rotação C_2 (giro de 180°) quando fixamos a figura no ponto amarelo representada na figura 7.2 e os outros grupos consideraram o giro de 360° como sendo uma operação de rotação.

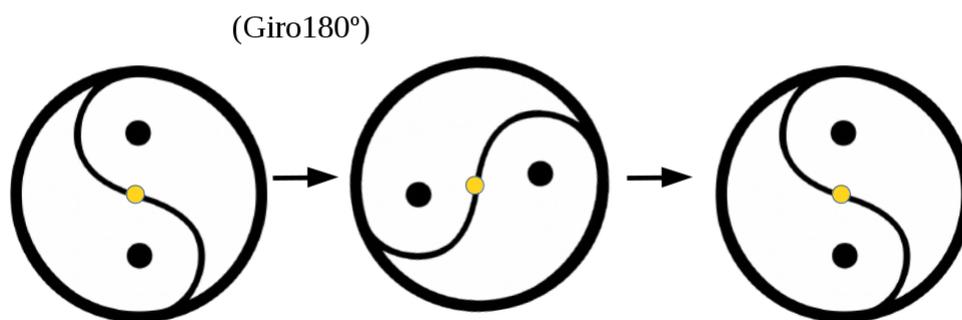


Figura 7.2 – Operação de rotação do Símbolo do Ying e Yang

Fonte: autor.

Vale ressaltar que o grupo 2 pontua corretamente que ambas as figuras quando rotacionadas de 360 graus ficam inalteradas, o que aparentemente não foi percebido pelos outros grupos.

Aula 2: Operações de Simetria

O objetivo da aula dois é desenvolver a concepção dos estudantes sobre Simetria de rotação e desenvolver mecanismos para que eles identifiquem os eixos de rotação através da utilização de figuras geométricas. Nesse sentido, divide-se a atividade em três momentos:

No primeiro momento, os estudantes manipularam um quadrado regular e um triângulo equilátero. Para cada figura há uma orientação na forma de uma figura desenhada no plano da folha dentro de um transferidor, para servir de guia durante as rotações estabelecidas. Como exemplos temos a figura 7.3 no qual temos uma operação de rotação C_4 (giro de 90°) e a figura 7.4 que representa a operação de rotação C_3 (giro de 120°).

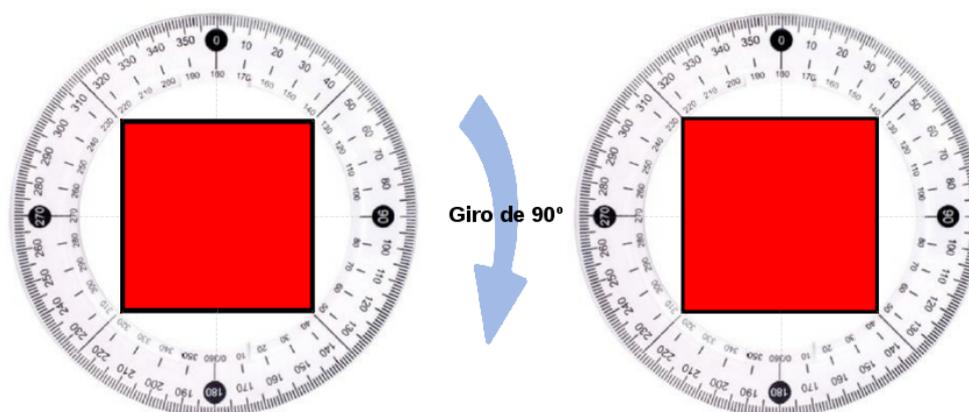


Figura 7.3 – Operação de rotação C_4 (giro de 90°) usando o quadrado dentro transferidor.
Fonte: autor.

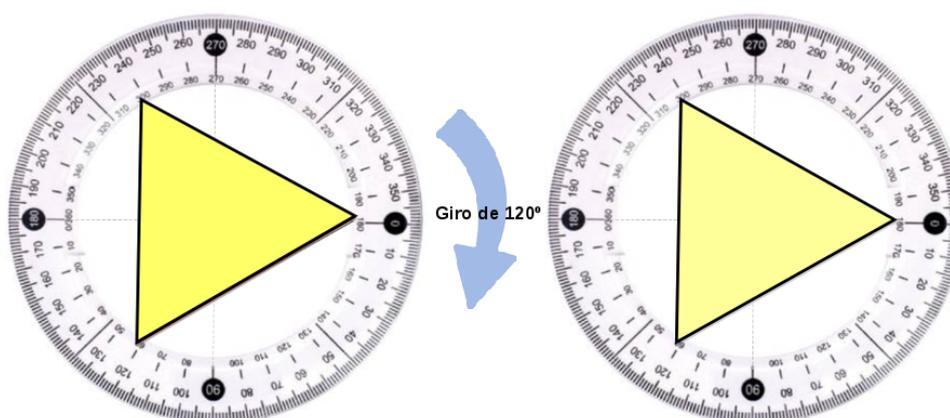


Figura 7.4 – Operação rotação C_3 (giro de 120°) usando o triângulo dentro transferidor.
Fonte: autor.

Através das respostas dos grupos em relação a atividade 2.1 que encontra-se na tabela 7.8 e tabela 7.9, observou-se que a maioria dos grupos relata que o quadrado figura 7.3 quando rotacionado envolvendo as operações de giro de (90° , 180° , 270° e 360°) e o triângulo figura 7.4 rotacionado envolvendo operações de giro (120° , 240° e 360°) ficam inalterados em relação ao seu desenho no plano da folha de papel, após as rotações feitas com os devidos ângulos especificados para cada figura. Um fato que chamou atenção foi com relação a distinção de eixo de rotação e operação de rotação. É importante que o professor faça uma intervenção explicando essa diferença para que os estudantes consigam diferenciar esses conceitos. Nesse sentido, encontra-se uma observação no produto educacional orientando o professor como agir nessa ocasião.

Vale ressaltar que na atividade 2.1 tabela 7.8, os grupos 2, 6 e 7 relatam em sua fala que no meio da figura tem um eixo de rotação para figura do quadrado. Com relação ao triângulo tabela 7.9, os grupos 1, 2, 3, 6 e 7 relata o nome "*eixo de rotação*" sem especificar a sua posição

Tabela 7.8 – Atividade 2.1: Respostas da questão 1 (a)

Grupos	Questão 1 (a): Quando girarmos o quadrado no plano da folha de 90°, no sentido horário, o que acontece com a figura em relação a sua imagem na folha? E quando girarmos 180°? E 360°? Que conclusões podemos tirar a partir dessas observações? Descreva detalhadamente as observações e respectivas conclusões.
1	Quando rotacionei o ângulo de 90° o quadrado permaneceu o mesmo. Rotacionou no ângulo de 180° e permaneceu a mesma coisa. Rotacionei no ângulo de 270° e permaneceu a mesma coisa. A figura rotacionada em 360° fez tipo um círculo. E a figura apresenta eixo de rotação.
2	Quando giramos o quadrado em 90° graus, o quadrado debaixo continuara o mesmo, sem alteração. Girando em 180°, continua o mesmo. Em 270°, e em 360° ficou inalterado também. Na figura acima(quadrado), temos no meio dela um eixo de rotação como referência, tendo assim a simetria.
3	Girei a figura a 90° e o quadrado continuou inalterado, girei a 360° e a figura continua inalterada. Conclusão sobre as observações: Por conta do quadrado ser simétrico, ele continua inalterado realizando o movimento de rotação.
4	Não houve nenhuma alteração nas rotações.
5	No de 90° ele não muda, em 180° não muda nada, 270° não altera, em 360° continua a mesma coisa. Ou seja, não importa como ele continua inalterável em relação a figura de baixo.
6	90° a imagem ficou inalterada, 180° a imagem ficou inalterada, 270° e 360° também ficaram inalterada. Isso acontece porque tem um eixo de rotação no meio da figura.
7	Ângulo de 90° rotacionando-o permanece a figura. Ângulo de 180° rotacionado-o permanece a figura. Ângulo 270° rotacionando-o permanece a figura. Ângulo de 360° rotacionando-o fica a figura sozinha. Conclusões: girando o largura em ângulos permanece normal. Possui um eixo de rotação, simetria de identidade.
8	90° quando giramos o quadrado continuou a mesma coisa. 180° a figura continuou inalterada. 270° a imagem ficou inalterada. 360° quando girada nesse ângulo a figura não se modifica. Podemos observar que a figura não se alterou girando em quatro graus diferentes.

na figura. Somente o grupo 7 considera que as figuras após realizarem as operações com os ângulos estabelecidos realizam uma operação de identidade.

Pela observação dos aspectos analisados na aula 2 na atividade 2.1 com as figuras geométricas quadrado e o triângulo nota-se que os estudantes ainda estão no processo de construção da aprendizagem do entendimento sobre operação de rotação e eixo de rotação.

Tabela 7.9 – Atividade 2.1: Respostas da questão 1 (b)

Grupos	Questão 1(b): Quando girarmos o triângulo no plano da folha de 120°, no sentido horário, o que acontece com a figura em relação a sua imagem na folha? E quando girarmos 240°? E 360°? Que conclusões podemos tirar a partir dessas observações? Descreva detalhadamente as observações e respectivas conclusões.
1	Quando rotacionei o triângulo de 120° permaneceu o mesmo. Rotacionei no ângulo de 240° permaneceu o mesmo. Rotacionei no ângulo de 360° permaneceu a mesma coisa. Rotacionei no ângulo de 720° permaneceu a mesma coisa. A figura apresenta eixo de rotação.
2	Se giramos o triângulo no ângulo de 120°; não mudará a forma dele. No ângulo de 240° também não mudará a forma. No ângulo de 360° também não mudará a forma da imagem pois o triângulo contém um eixo de rotação que contém simetria.
3	Quando giramos a figura a 120° e 240° e 360° e ela permaneceu inalterada. Por que o triângulo também tem eixo de rotação.
4	Não houve alterações nas rotações.
5	A 120° continua a mesma imagem, em 240° não se altera, mesma coisa em 360°. Ou seja em todas as posições continua a mesma coisa, não mudando em relação a figura de baixo
6	A imagem ficou inalterada em todos os graus pedidos. Isso acontece pois existe um eixo de rotação no centro da figura.
7	Ângulo de 120° rotacionado-o permanece a mesma figura. Ângulo de 240° rotacionando-o permanece a mesma figura. Ângulo de 360° rotacionando-o permanece a mesma figura. Conclusão girando o triângulo nestes ângulos permanece normal. Possui eixo de rotação, simetria de identidade.
8	Nos ângulos 120°, 240° e 360° a figura continuou a mesma, não se alterou.

No segundo momento, os estudantes verificam se existe mais de uma operação de Simetria para o retângulo e o hexágono regular figura 7.5. E se pode existir mais de uma operação de Simetria em um objeto.

Foi entregue para cada grupo um retângulo e um hexágono regular para que eles pudessem realizar a análise. As respostas para a atividade 2.2 encontram-se na tabela 7.10 e 7.11.

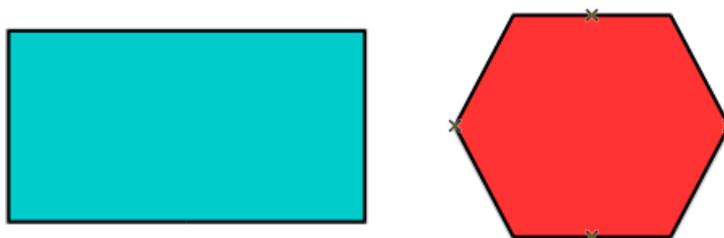


Figura 7.5 – Retângulo e Hexágono regulares

Fonte: autor.

Tabela 7.10 – Atividade 2.2: Respostas da questão 2 (a)

Grupos	Questão 2 (a): Observe as figuras geométricas abaixo e analise as operações de simetria presentes em cada uma delas. As simetrias de espelho e de rotação estão presentes em ambas? Justifique.
1	Retângulo apresenta apenas a simetria de espelho. O Hexágono apresenta ambas simetrias de rotação e espelhos
2	As duas figuras geométricas possuem operação de espelho, mas só o hexágono possui operação de rotação.
3	Não. A figura do retângulo ficou alterada, hexágono continuou a mesma coisa após rotação.
4	Não respondeu.
5	A de espelho sim, porém de rotação só está presente no hexágono.
6	Não, o retângulo só tem a simetria do espelho e o hexágono a de rotação e espelho
7	Ambas possuem simetria de espelho, pois colocando um espelho ao meio das duas permanece igual. Apenas o hexágono apresenta simetria de rotação, pois seu ângulo é de 60° , já o do retângulo é de 90°
8	Sim, se você colocar um espelho no meio delas ou girá-las, elas continuarão a mesma.

Tabela 7.11 – Atividade 2.2: Respostas da questão 2 (b)

Grupos	Questão 2 (b): Pode existir mais de uma operação de simetria em um mesmo objeto? Justifique?
1	Sim, pois depende da forma da figura.
2	Sim, podemos ter como exemplo a atividade anterior, que o hexágono possui mais de uma operação: a de rotação e a de espelho.
3	Sim, porque pode apresentar plano de espelho e plano de rotação.
4	Não respondeu.
5	Sim, como exemplo o hexágono.
6	Sim pode existir. A primeira só tem a simetria do espelho e a outra os dois de rotação e espelho.
7	Sim, pois o hexágono possui a simetria rotacional e de espelho.
8	Sim, o retângulo é um exemplo.

Na atividade 2.2 percebe-se que mesmo sendo uma tarefa que envolve observação, manipulação e compreensão das Simetrias apresentadas pelas figuras geométricas, nota-se que em sua maioria os estudantes aparentemente mantiveram o senso comum de Simetria relacionada apenas a operações de espelho.

Em um terceiro momento, os estudantes manipulam o cubo e o tetraedro regular, usando varetas figura 7.6 para identificar os eixos de rotação de cada um.

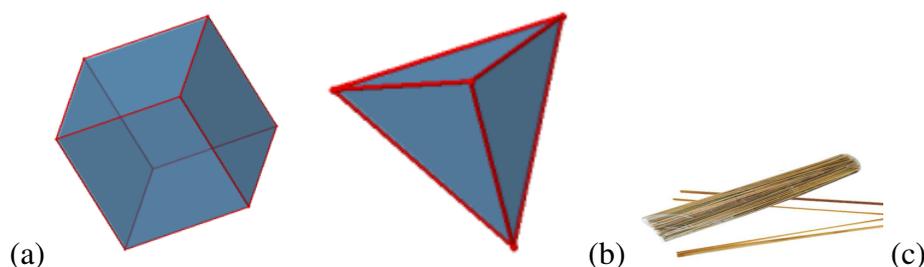


Figura 7.6 – Cubo regular (a), Tetraedro regular (b) e Varetas (c)

Fonte: autor.

A atividade 2.3 pode-se considerar como uma tarefa complexa, pois não esperávamos que todos os grupos acertassem o número de eixos para cubo e para o tetraedro. Essa atividade proporcionou novamente refletir sobre a diferença de eixo de rotação, números de eixos e operações de rotação.

A figura 7.7 apresenta uma ilustração de um cubo regular no qual tem uma representação de um eixo de rotação em (a) linha amarela na vertical e uma operação de rotação acontecendo em torno do eixo de 90° como ilustrado na figura 7.7 (b). E na figura 7.7 (c) após a operação de rotação a figura volta a sua posição de origem antes da rotação.

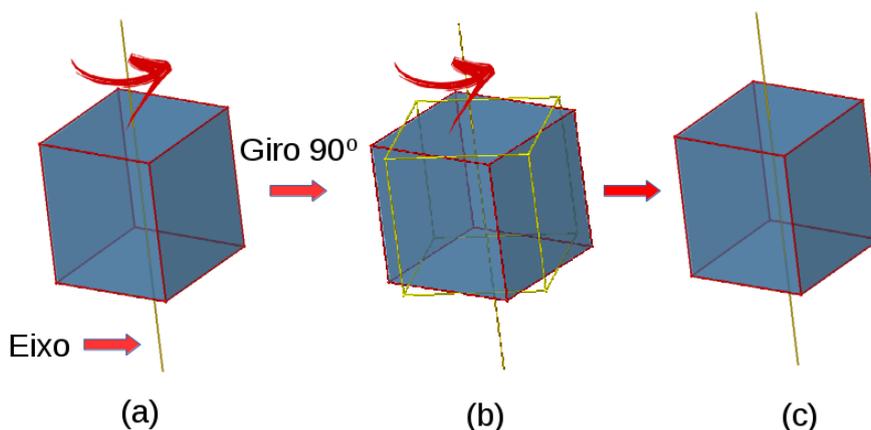


Figura 7.7 – Operação de Rotação C_4 (giro de 90°).

Fonte: autor.

O cubo regular é uma figura geométrica que apresenta 17 eixos de rotação sendo $3C_4$; $4C_3$; $9C_2$; $1C_1$ e 24 operações de rotação no qual temos $3C_4$ que oferece três operações envolvendo um giro de 90° ; um giro de 180° e um giro de 270° totalizando 9 operações de rotação.

Ainda temos $4C_3$ que oferece um giro de 120° ; um giro de 240° totalizando 8 operações de rotação e $9C_2$ que oferece um giro de 180° totalizando 9 operações de rotação descontando 3 operações que já acontecerão no $3C_4$ sobram 6 operações de rotação. Finalizando tem uma operação $1C_1$ oferece um giro de 360° conhecida como operação identidade.

A figura 7.8 apresenta uma ilustração de um tetraedro regular que é uma figura geométrica que apresenta 8 eixos de rotação sendo $4C_3$; $3C_2$ e $1C_1$ e 12 operações de rotação no qual temos $4C_3$ que oferece três operações envolvendo um giro de 120° e um giro 240° totalizando 8 operações de rotação. Ainda temos $3C_2$ que oferece um giro de 180° totalizando 3 operações de rotação. Finalizando tem uma operação $1C_1$ oferece um giro de 360° conhecida como operação identidade.

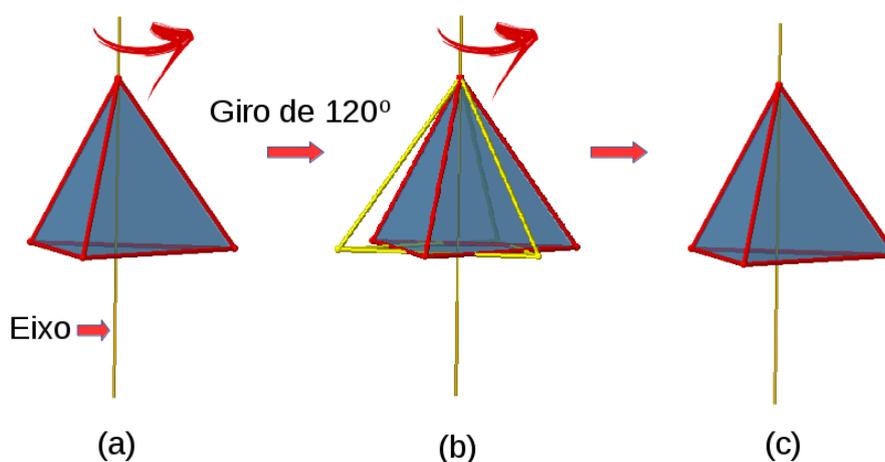


Figura 7.8 – Operação de Rotação C_3 (giro de 120°)
Fonte: autor.

Sabendo da complexidade da atividade os grupos não especificaram os ângulos no quais eles fizeram as análises dos eixos de rotação para que fosse contando o número total que o cubo e tetraedro regulares apresentam. Nesse sentido, observa-se pelas respostas dos grupos na tabela 7.12 que eles possivelmente consideraram o número de operações de rotação apresentado pelas figuras para se expressar sobre o número de eixos.

Tabela 7.12 – Atividade 2.3: Respostas da questão 3

Grupos	Questão 3: Considerando a rotação no espaço, identifique os eixos de rotação presentes nos objetos (cubo e no tetraedro) acima usando varetas. Tire fotos com seu celular e marque quantos eixos cada figura apresenta.
1	Cubo 16 eixos e tetraedro 8 eixos
2	O cubo apresenta 30 eixos e o tetraedro 24.
3	O objeto apresenta 14 eixos e o triângulo apresenta 8 eixos.
4	Não respondeu.
5	Cubo-30 e tetraedro 24.
6	Cubo 14 eixos e tetraedro 12 eixos.
7	Cubo possui 16 eixos de rotação e o tetraedro possui 8 eixos de rotação.
8	Cubo 14 eixos e tetraedro regulares 12 eixos

Aula 3: Simetria de moléculas

A aula três apresenta como objetivo estabelecer a correlação da Simetria com as moléculas. Nessa aula, inicialmente, o professor fez uma demonstração com o uso do simulador Symmetry³, usando os exemplos do tetraedro e do cubo regulares abordados na aula anterior, para especificar e consolidar o aprendizado sobre o número de eixos de rotação de cada uma das figuras.

Nesse momento recomendou-se aos grupos sobre a importância de se destacar o ângulo de rotação no momento da análise do eixo, pois um eixo pode apresentar mais de um operação de rotação, como por exemplo C_2 (giro de 180°), C_3 (giro de 120°), C_4 (giro de 90°) incluindo C_1 (giro de 360°) que é comum a todos objetos. Logo após, os grupos iniciaram o segundo momento da aula, que consistiu na construção, com materiais manipulativos, das moléculas específicas para cada grupo. Como exemplo das moléculas confeccionadas temos na figura 7.9 a molécula de água (átomo de hidrogênio representado pela bolinha de cor branca, átomo de oxigênio pela bolinha de cor vermelha e os palitos para representar as ligações simples).

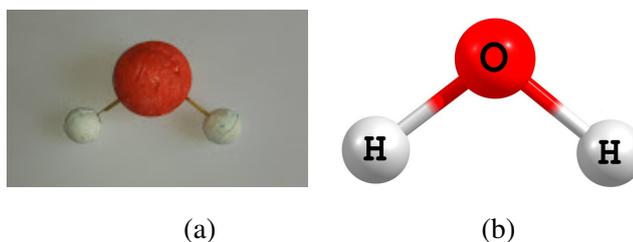


Figura 7.9 – Molécula de água construída com palitos e bolinhas de Isopor
Fonte: (a) Confeccionada pelos estudantes e (b) autor.

³ Symmetry é um aplicativo que pode ser usado como recurso didático para projetar moléculas e figuras geométricas visando ajudar os estudantes a aprender conceitos de Simetria molecular.

O grupo 1 construiu a molécula de peróxido de hidrogênio, o grupo 2 a molécula de benzeno, o grupo 3 a molécula de água, o grupo 4 a molécula de bromo-cloro-flúor-metano e o grupo 5 a molécula de metano que estão representadas na figura 7.10 usadas como referência para construção das moléculas de cada grupo.

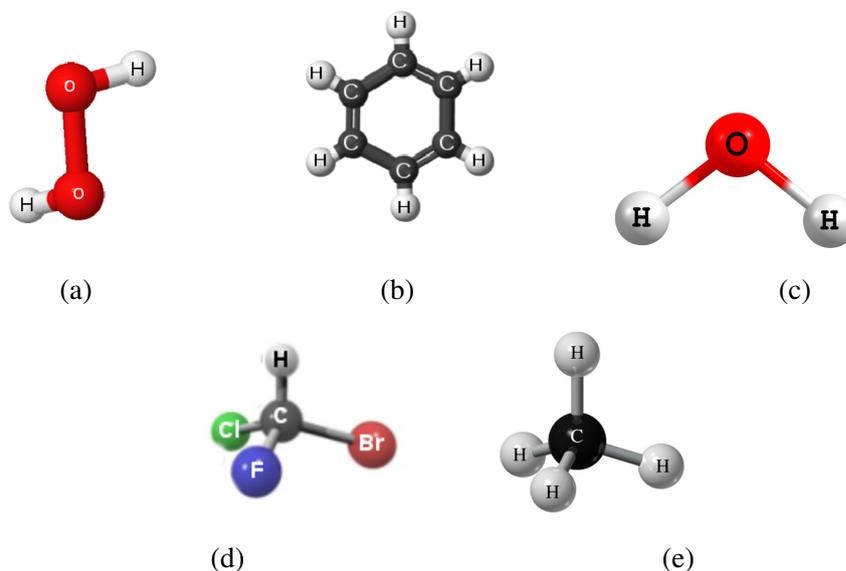


Figura 7.10 – Molécula de Peróxido de Hidrogênio (a), Molécula de Benzeno (b), Molécula de Água (c), Molécula de Bromo Cloro Flúor Metano (d) e Molécula de Metano (e)

Fonte: autor.

Nesse dia tivemos um grande número de estudantes ausentes na aula referentes aos grupos 6, 7 e 8 devido ao meio de transporte da prefeitura ter apresentado problemas mecânicos, pois estes estudantes residem na zona rural.

Após construírem as moléculas, os grupos foram orientados para que respondessem as perguntas do questionário. Foi solicitado aos estudantes que considerem o átomo central da molécula no eixo vertical para as análises em frente ao espelho. As respostas da atividade 3.2 encontra-se nas tabelas 7.13 a 7.16.

Tabela 7.13 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (a)

Grupos	Moléculas	1 questão (a): O que se observa?
1	Peróxido de Hidrogênio	A imagem ficou invertida ao se coloca na frente do espelho.
2	Benzeno	Percebemos que a molécula está invertida.
3	Água	Reflexo dela no espelho.
4	Bromo cloro flúor Metano	Se observa que as moléculas não ficam do mesmo jeito, se inverte.
5	Metano	O seu reflexo.
6	Água	Não realizaram a atividade(Faltosos)
7	Bromo cloro flúor metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)
8	Metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)

Tabela 7.14 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (b)

Grupos	Moléculas	Questão 1 (b): A imagem formada é igual a molécula?
1	Peróxido de Hidrogênio	Não, porque os lados da molécula não bate com a do espelho.
2	Benzeno	Sim
3	Água	Sim
4	Bromo cloro flúor Metano	Não
5	Metano	Sim
6	Água	Não realizaram a atividade(Faltosos)
7	Bromo cloro flúor metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)
8	Metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)

Tabela 7.15 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (c)

Grupos	Moléculas	Questão 1 (c): A molécula é simétrica em relação á operação de espelho?
1	Peróxido de Hidrogênio	Não, porque não tem simetria de espelho .
2	Benzeno	Sim
3	Água	Sim
4	Bromo cloro flúor Metano	Não
5	Metano	Sim (molécula de metano)
6	Água	Não realizaram a atividade(Faltosos)
7	Bromo cloro flúor metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)
8	Metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)

Tabela 7.16 – Atividade 3.2: Respostas da questão 1 (d)

Grupos	Moléculas	Questão 1 (d): Qual critério você usaria para dizer que uma molécula possui simetria de operação de espelho?
1	Peróxido de Hidrogênio	Apresenta moléculas diferentes.
2	Benzeno	Plano de reflexão, pois seus lados continuam iguais.
3	Água	Porque ambos as partes são iguais.
4	Bromo cloro flúor Metano	Neste caso ela não é simétrica.
5	Metano	Que seus lados continuam iguais.
6	Água	Não realizaram a atividade(Faltosos)
7	Bromo cloro flúor metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)
8	Metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)

Tabela 7.17 – Atividade 3.2: Respostas da questão 2

Grupos	Moléculas	Questão 2: Quais são as operações de rotação que você identifica nesta molécula?
1	Peróxido de Hidrogênio	Pode se rotacionar em vários ângulos como 90°, 180, 270° e 360°.
2	Benzeno	De 360°
3	Água	60°, 180°, 360°
4	Bromo cloro flúor Metano	Podemos rotacionar de 360°.
5	Metano	De 360°, 180° e 90°.
6	Água	Não realizaram a atividade(Faltosos)
7	Bromo cloro flúor metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)
8	Metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)

Tabela 7.18 – Atividade 3.2: Respostas da questão 3

Grupos	Moléculas	Questão 3: Você acha que as propriedades físicas das moléculas são, diferentes ou iguais, após essa operação de espelho? Justifique?
1	Peróxido de Hidrogênio	Não altera as propriedades físicas.
2	Benzeno	São iguais, pois como seus lados vão continuar iguais ou seja, a molécula inteira vai ser igual.
3	Água	São iguais , não alteram.
4	Bromo cloro flúor metano	São diferentes, porque elas mudam.
5	Metano	Iguais, pois seus lados vão continuar iguais, ou seja a molécula inteira vai ser igual.
6	Água	Não realizaram a atividade(Faltosos)
7	Bromo cloro flúor metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)
8	Metano	Não realizaram a atividade(Faltosos)

Com a realização da atividade 3.2, observou-se para a figura 7.11 que se refere a molécula de peróxido de hidrogênio que quando ela foi colocada em frente ao espelho, percebe-se num primeiro momento que ela induz a pensar que não apresenta plano de reflexão, pois pode-se verificar que a imagem (b) formada no espelho é diferente da sua imagem (a). Nesse sentido é importante considerar que acontece com essa molécula uma operação de Simetria chamada de "Roto reflexão" que está representado na figura 7.12. Essa operação acontece quando a molécula é colocada em frente ao espelho e em seguida temos a imagem refletida figura 7.12 (a), se girarmos em 180° em torno do eixo C_2 (no sentido horário do ponteiro dos relógios) a imagem da molécula formada no espelho figura 7.12 (b), volta a ser a molécula que estava inicialmente em frente ao espelho figura 7.12 (c). Por essa razão não podemos considerar que ela não apresenta operação de plano de reflexão. Esse é um caso particular que algumas moléculas apresentam.

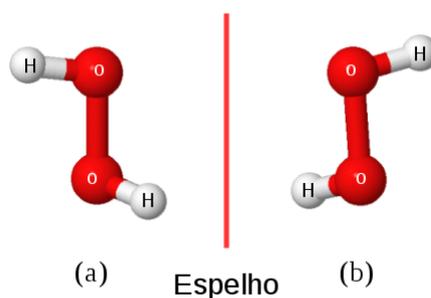


Figura 7.11 – Operação de reflexão da molécula de Peróxido de Hidrogênio
Fonte: autor.

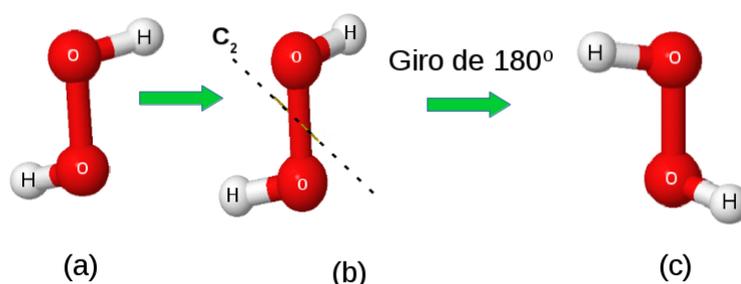


Figura 7.12 – Operação de Roto reflexão da molécula de Peróxido de Hidrogênio
Fonte: autor.

Analisando as respostas dos estudantes para o questionário da atividade 3.2. Verificou-se que o grupo 1 que analisou a molécula de peróxido de hidrogênio, relaciona a existência de “moléculas diferentes” tabela 7.16 como critério para a molécula apresentar operação de Simetria. Vale salientar que ela possui um caso especial de Simetria conhecida por “Roto reflexão”, a qual foi explicado e ilustrado na figura 7.12. O grupo 1 inicialmente, confunde o conceito de átomo com o de molécula expressa em sua resposta na tabela 7.14. Entretanto, mais grave é o fato de se confundir e inverter o raciocínio, pois a Simetria de espelho é exatamente inviabilizada quando os átomos são diferentes. Esta é exatamente a discussão que se pretendia ao propor que um grupo trabalhasse com a molécula de bromo cloro flúor metano. Acreditamos, entretanto, que o grupo está avançado na consolidação do tema em discussão, mas apresenta fragilidades ao expressar suas ideias ao responder o questionário.

Deve-se ressaltar que ocorreu nessa aula o surgimento do conceito de indistinguibilidade, que após a provocação do professor aos grupos iniciou-se um diálogo respondendo as indagações do professor. O grupo 2 quando questionado na questão 1 (a) sobre o que se observava no espelho para a molécula de Benzeno falou que a molécula fica “invertida” tabela 7.13.

Após as discussões e questionamentos dei um tempo para que o grupo refletisse, quando perguntei se a imagem formada no espelho era igual a molécula o grupo conseguiu verificar que a molécula de Benzeno ficava inalterada quando sua imagem era sobreposta a molécula. A

figura 7.13 mostra essa representação para a molécula de Benzeno em frente ao espelho com sua imagem refletida.

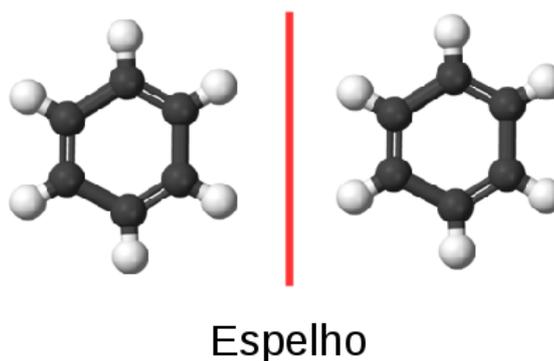


Figura 7.13 – Operação de espelho para molécula de Benzeno
Fonte: autor.

Nesse sentido, observa-se que os estudantes tiveram essa percepção considerando os átomos de hidrogênio (H) e os átomos de carbono (C) que formam a molécula sendo indistinguíveis na própria molécula. Fato esse que se torna importante em chamar a atenção para quando estabelecemos uma numeração para esses átomos da molécula de Benzeno, ao ser colocada em frente ao espelho terá sua imagem formada que não mais irá sobrepor sua imagem inicial como mostrada na figura 7.14

Recomenda-se que o professor chame atenção para esse fato o que se torna a discussão relevante para a questão 1(b) do questionário.

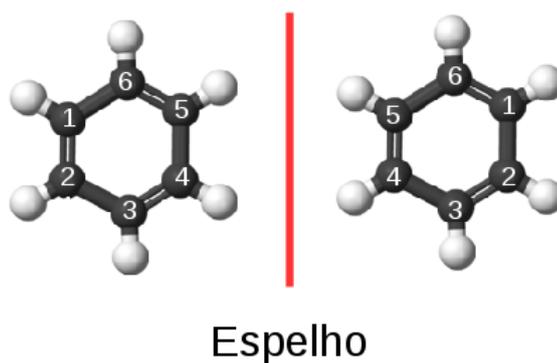


Figura 7.14 – Operação de espelho para molécula de Benzeno com os carbonos numerados
Fonte: autor.

Aula 4: O estudo da Atividade Óptica

A aula 4 apresenta como objetivo investigar a relação da Simetria das moléculas com a atividade óptica. Inicialmente os grupos tiveram alguns minutos para fazerem a leitura do texto elaborado pelo autor sobre o "*Estudo da atividade óptica*", em seguida eu refiz a leitura do texto em voz alta para que os estudantes fossem relatando o que eles tinham entendido e quais as dúvidas eles apresentavam. Os grupos relataram que nunca haviam ouvido falar sobre o *Princípio de Neuman*. A ilustração da medição do ângulo de rotação figura 7.15 chamou bastante a atenção dos grupos que perguntaram como seria um polarizador e um analisador. Após a discussão foi apresentado aos grupos a molécula de sacarose e, em seguida, a molécula de água figura 7.16, que foram construídas usando o kit de moléculas. Foi feito uma discussão sobre cada molécula e em seguida foi solicitado que eles fizessem um levantamento das hipóteses necessárias para a compreensão da presença de atividade óptica, importante para a análise das propriedades físicas e químicas destas moléculas.

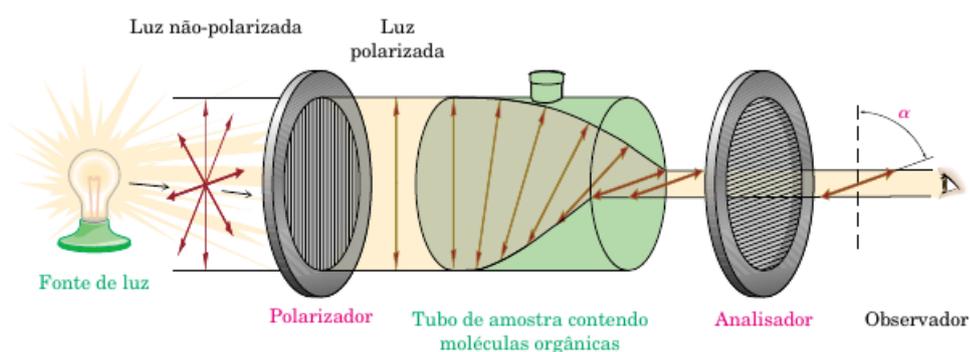


Figura 7.15 – Ilustração da medição do ângulo de rotação
Fonte: (MCMURRY, 2005, p - 40)

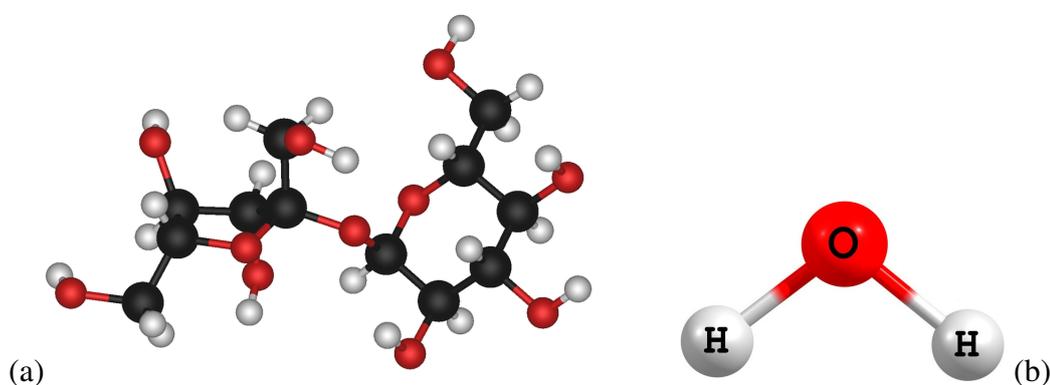


Figura 7.16 – Molécula de sacarose (a) e água (b)
Fonte: autor.

A partir da leitura do texto, foi feito um levantamento de hipóteses sobre a presença ou não de atividade óptica para moléculas de sacarose e água. As respostas dos estudantes está registrada na tabela 7.19.

Tabela 7.19 – Atividade 4.2: Respostas da questão 1 da aula 4

Grupos	Questão 1: Após a leitura do texto, faça um levantamento das hipóteses sobre a presença ou não de atividade óptica com relação as moléculas de água e de sacarose.
1	A água não desloca o raio de luz. O açúcar se desloca para um lado ou outro o raio de luz. E a sacarose ela não apresenta atividade de espelho mais sim atividade óptica.
2	Pois a molécula de água apresenta simetria (espelho) já na de sacarose não, desviando o raio de luz.
3	Uma molécula de sacarose é formada pela união de uma molécula de glicose e uma de frutose. E ela não apresenta visão de espelho por isso é chamada de atividade de óptica.
4	Pois a molécula da água apresenta operação de simetria de espelho e a molécula de açúcar não apresenta essa simetria pois um lado é diferente do outro. Assim o feixe de luz sofre modificações quando passa a água com sacarose , se desviando.
5	A molécula de água é simétrica ela não representa atividade de espelho e a do sacarose a luz sofre desvio.
6	A sacarose é uma atividade óptica porque não ocorre operação de espelho. A água é simétrica porque ocorre operação de espelho e não ocorre atividade óptica.
7	Água era simétrica, o raio não sofre desvio. Sacarose não era simétrica o raio sofre desvio.
8	Sacarose apresenta atividade óptica porque não apresenta simetria. Se colocarmos um espelho no centro da molécula de sacarose, ela não vai ser igual, porque os dois lados são diferentes.

Nesta aula recomenda-se que, durante a discussão, o professor estabeleça a ligação das hipóteses levantadas para as moléculas de água e sacarose com a operação de Simetria de espelho e use o *Princípio de Neuman* para fundamentar o entendimento teórico sobre as propriedades óticas dos matérias conhecida por atividade óptica.

Nota-se a partir das respostas dos estudantes tabela 7.19 que há uma imprecisão de linguagem. Os termos "*desviando*", "*raio sofre desvio*" e "*desloca*" sinalizam para uma confusão entre o fenômeno de rotação do plano de polarização e o desvio do raio de luz, como o observado na refração. Esta dificuldade de linguagem perpassa toda a SD e será analisada no próximo capítulo.

Ao final da discussão relatei aos grupos que poderíamos definir atividade óptica como sendo uma propriedade que certos materiais ou substâncias possuem de rodar o plano de polarização de um feixe de luz linearmente polarizada (que se desloca em uma direção). E com ajuda do analisador conseguimos verificar o ângulo de rotação de cada substância (sacarose ou água) que pode ou não girar o plano de polarização de um feixe de luz.

A escolha da molécula de sacarose e água tem o intuito de mostrar aos estudantes um propriedade Física conhecida por atividade óptica que dentro da Física apresenta uma abordagem científica diferente da abordada pela Química, que se basea-se no *Princípio de Neuman*

que está sendo resgatado para mostrar a importância de um conceito no processo de ensino aprendizagem para o ensino de Física.

Aula 5: O que é luz polarizada? Como os materiais interferem no estado de polarização da luz?

Nessa aula, o objetivo é introduzir o conceito de polarização da luz. Para isso foram realizadas duas atividades 5.1 e 5.2. A primeira envolvendo um experimento usando uma fenda como modelo mecânico e a segunda atividade experimental envolvendo o polarizador e o analisador. Na atividade 5.1 o professor fixou-se a chapa de madeira contendo a fenda, na mesa, de forma que a fenda fique na vertical, usando para isso garra metálica. Em seguida passou-se a mola pela fenda. O professor demonstrou três situações:

(a) Situação I: perturbação no sentido vertical (seta vermelha), perguntando aos estudantes o que eles observam durante a passagem da onda pela fenda.

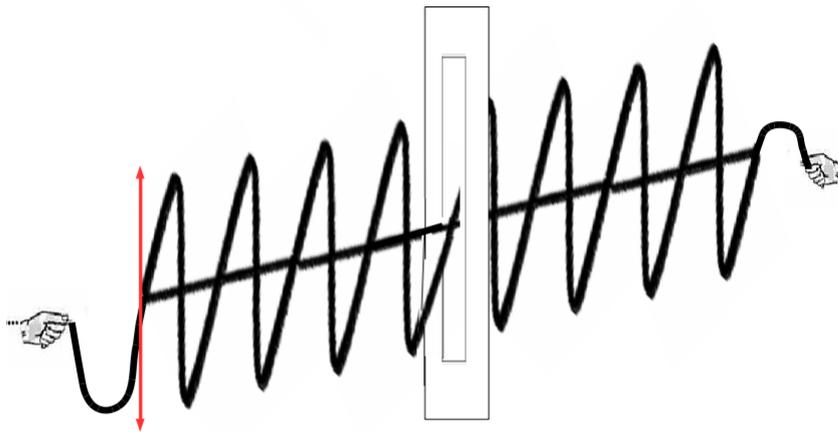


Figura 7.17 – Ilustração da situação I com modelo mecânico

Fonte: autor

(b) Situação II: perturbação foi no sentido horizontal (seta vermelha), de um lado para outro de maneira a formar uma onda.

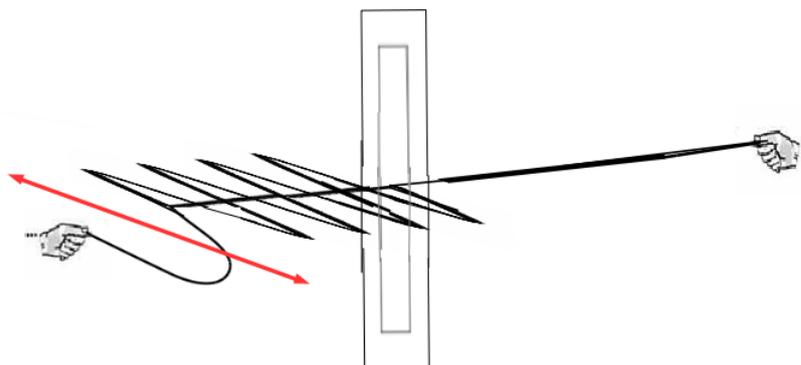


Figura 7.18 – Ilustração da situação II com modelo mecânico
Fonte: autor

(c) **Situação III:** perturbação a um ângulo de 45° em relação a superfície da mesa.

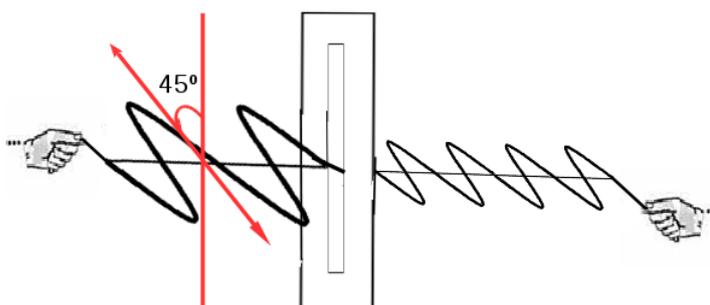


Figura 7.19 – Ilustração da situação III com modelo mecânico
Fonte: autor

Foi pedido aos estudantes a descrição das três situações detalhadamente e que usem desenhos ou esquemas que os ajudem a descrever as observações.

A atividade 5.1 apresenta uma proposta envolvendo o uso de um modelo mecânico para entender o que é polarização da luz, o que de fato inicialmente despertou a curiosidade e o interesse dos estudantes, pois percebe-se que os grupos na sua maioria conseguiram observar e descrever suas anotações para as demonstrações do modelo de uma onda mecânica. Alguns grupos utilizaram desenhos para representar o que observaram durante a demonstração do modelo mecânico. Para a situação (I) com perturbação na vertical da mola passando na fenda na posição vertical, os grupos 4, 5 e 8 utilizaram o desenho para representar o que observaram durante a demonstração.

O grupo 4 relatou que "*A onda se propaga nesse sentido*" e representou movimento da onda se propagando na vertical passando pela fenda figura 7.20.

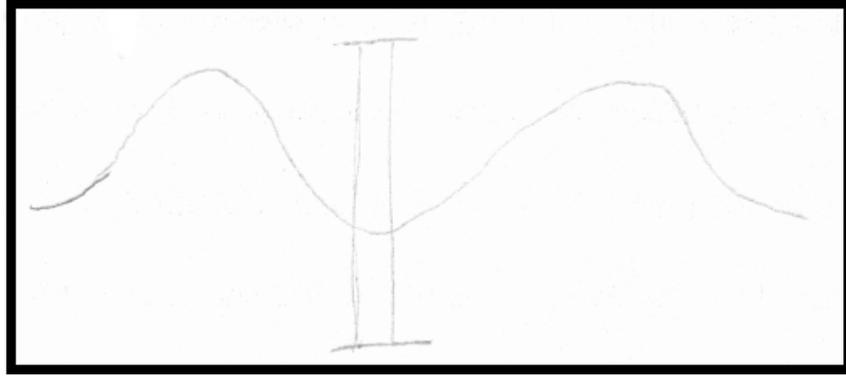


Figura 7.20 – Desenho feito pelo grupo 4 na atividade 5.1 situação I.
Fonte: autor

O grupo 5 relatou que "*A onda passou sem alteração*" e representou o movimento da onda na vertical passando pela fenda na posição vertical figura 7.21.

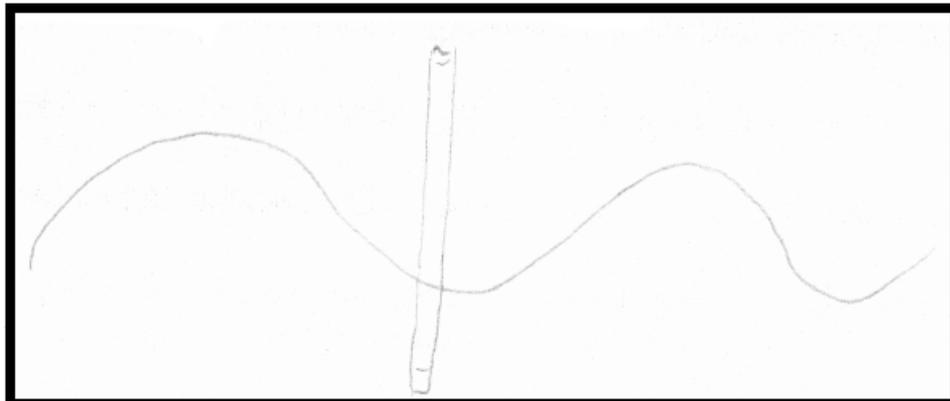


Figura 7.21 – Desenho feito pelo grupo 5 na atividade 5.1 situação I.
Fonte: autor

O grupo 8 representou o movimento da onda na vertical passando pela fenda na posição vertical através da figura 7.22. relatando que "*A onda passou no sentido vertical*".

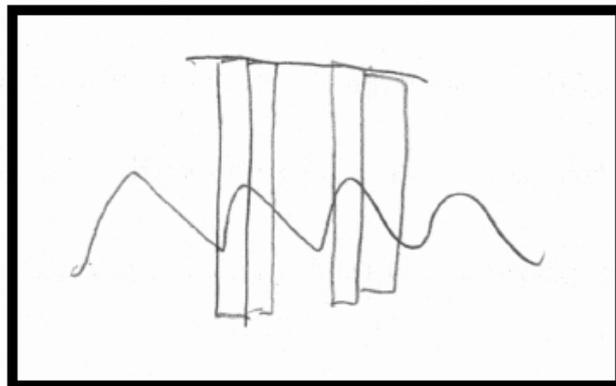


Figura 7.22 – Desenho feito pelo grupo 8 na atividade 5.1 situação I.
Fonte: autor

Os outros grupos utilizaram da escrita para relatar suas observações que se encontram na tabela 7.20.

Tabela 7.20 – Atividade 5.1: Respostas da questão 1- Situação I

Grupos	Situação I : Perturbação no sentido vertical. O que vocês observam durante a passagem da onda pela fenda? Descrevam detalhadamente. Podem usar desenhos ou esquemas que os ajudem a descrever as observações.
1	Onda passou e não apresenta alteração na vertical.
2	A onda irá passar na vertical.
3	A onda passou no sentido vertical.
4	A onda se propaga nesse sentido- figura 7.20.
5	A onda passou sem alteração- figura 7.21.
6	A onda passou sem sofrer alteração.
7	A onda passou sem sofrer alteração.
8	A onda passou no sentido vertical - figura 7.22.

Na situação (II) foi demonstrado a perturbação da mola na horizontal passando pela fenda na posição vertical somente o grupo 6 representou a onda oscilando na horizontal de um lado para outro antes da fenda, ao passar pela fenda desenharam uma linha normal com pequenas oscilações figura 7.23. O grupo (6) relata que, "A onda passou com alteração até um certo ponto".

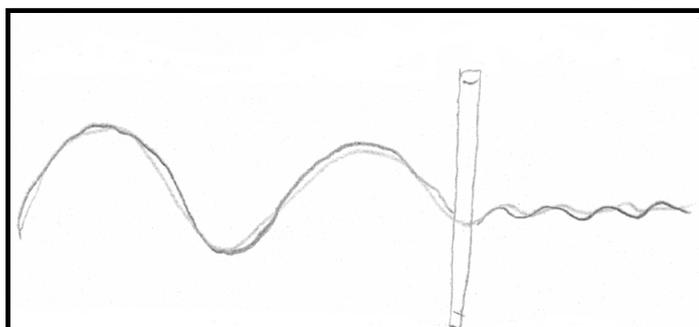


Figura 7.23 – Desenho feito pelo grupo 6 na atividade 5.1 situação II.

Fonte: autor

Os outros grupos utilizaram da escrita para relatar suas observações que se encontram na tabela 7.21.

Tabela 7.21 – Atividade 5.1: Respostas da questão 1- Situação II

Grupos	Situação II: Perturbação no sentido horizontal, de um lado para outro de maneira a formar uma onda. O que vocês observam durante a passagem da onda pela fenda? Descrevam detalhadamente. Podem usar desenhos ou esquemas que os ajudem a descrever as observações.
1	A onda não passa, porque a perturbação na horizontal não passa.
2	A onda não irá passar na horizontal, porque ela não se propaga na horizontal.
3	Quando ele passa perturbação na horizontal a onda não passa.
4	A onda não consegue se propagar nesse sentido.
5	A onda não passou na horizontal
6	A onda passou com alteração até um certo ponto.
7	A onda não passa na horizontal, pois só se propaga na vertical.
8	Não passou no sentido horizontal.

Na situação (III) foi demonstrado uma perturbação a 45° em relação a superfície da mesa. Para essa demonstração nenhum dos grupos utilizou desenhos, somente a escrita para relatar suas observações. De acordo com a interpretação da escrita dos grupos, observou-se que a maioria conseguiu observar que mesmo com a perturbação a 45° em relação a superfície da mesa, a onda conseguiu passar um pouco, esses relatos estão na tabela 7.22.

Tabela 7.22 – Atividade 5.1: Respostas da questão 1- Situação III

Grupos	Situação III: Perturbação a um ângulo de 45° em relação a superfície da mesa. O que vocês observam durante a passagem da onda pela fenda? Descrevam detalhadamente. Podem usar desenhos ou esquemas que os ajudem a descrever as observações.
1	Quando fazemos a perturbação no ângulo de 45° , “os raios de luz” chega a passar um pouco para o outro lado.
2	No ângulo de 45° , na diagonal, passa um pouco.
3	A 45° chega a passar a onda.
4	A onda no ângulo 45° passou somente um pouco para o outro lado.
5	Em 45° a onda passou um pouco.
6	A onda chega a passar um pouco.
7	A onda se propaga parcialmente em 45°
8	45° chega a passar um pouco a onda.

Na atividade 5.2, os estudantes tiveram que imaginar as demonstrações anteriores como sendo realizadas com uma onda eletromagnética. Assim como as fendas para o nosso modelo mecânico, um polarizador é um dispositivo ótico que deixa passar apenas a luz vibrando em um determinado plano de polarização. Vamos imaginar um experimento em que temos dois polarizadores. O primeiro, denominado P, é o polarizador propriamente dito. O segundo, denominado M, colocado formando um ângulo em relação ao polarizador, vamos denominar de analisador. Inserindo uma fonte de luz conforme a figura 7.24, o que você espera observar na intensidade de luz que atravessa o sistema, para as seguintes situações:

- i) situação I - $\alpha = 0^\circ$;
- ii) situação II - $\alpha = 45^\circ$;
- iii) situação III - $\alpha = 90^\circ$.

Cada grupo recebeu um questionário antes do experimento para fazer as observações com um tempo de vinte minutos. Feito isso o professor recolheu o questionário e iniciou o experimento chamando grupo por grupo.

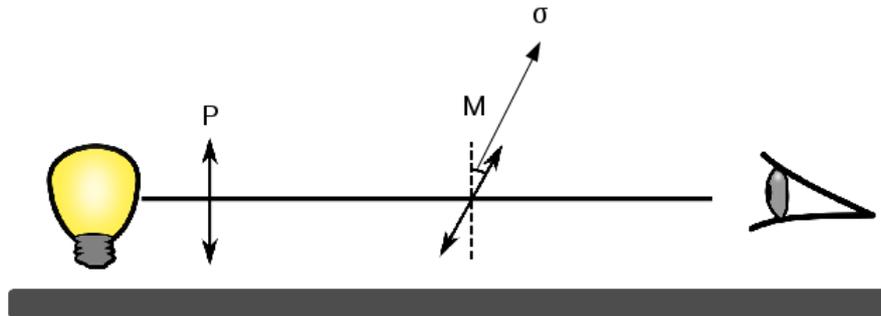


Figura 7.24 – Ilustração do Banco Óptico
Fonte: autor

Após esse tempo, o professor realizou as três situações (I, II e III) experimentalmente, montando o banco óptico com uma fonte de luz, um polarizador e um analisador. Foi entregue um segundo questionário e pedido aos grupos que faça as anotações e observações para seguinte situação:

I) Situação: o que acontece com a intensidade da luz quando fixamos o polarizador a 90° e rotacionamos o analisador para o ângulo 0° no analisador figura 7.25.

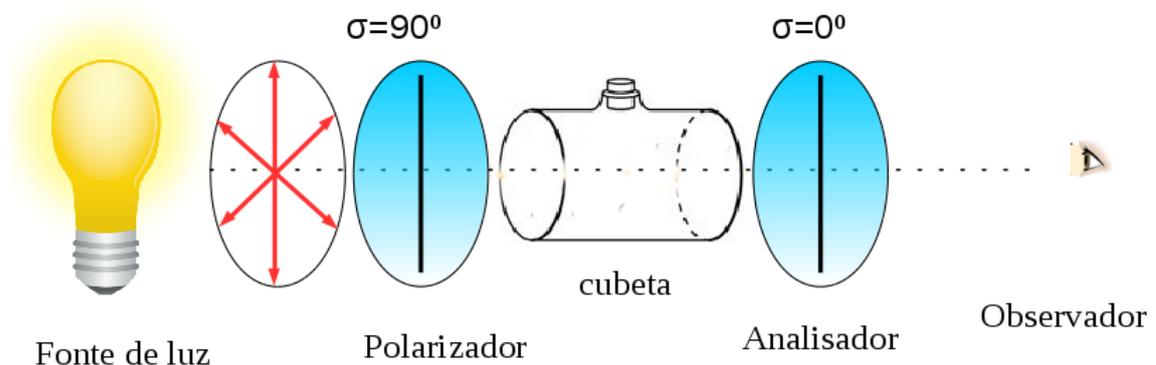


Figura 7.25 – Analisador marcando $\alpha = 0^\circ$ (zero graus)
Fonte: autor.

II) Situação: o que acontece com a intensidade da luz quando fixamos o polarizador a 90° e rotacionamos o analisador para o ângulo 45° no analisador figura 7.26.

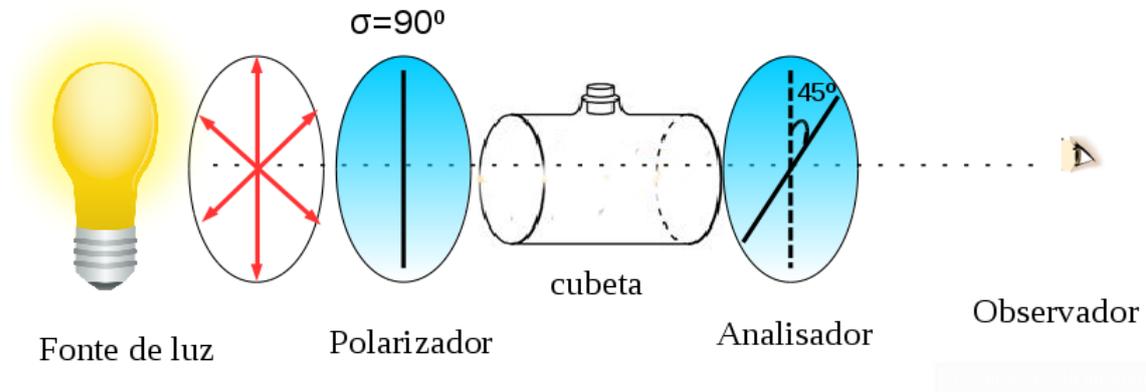


Figura 7.26 – Analisador marcando $\alpha = 45^\circ$ (quarenta e cinco graus)
Fonte: autor.

III) Situação: o que acontece com a intensidade da luz quando fixamos o polarizador a 90° e rotacionamos o analisador para o ângulo 90° no analisador figura 7.27.

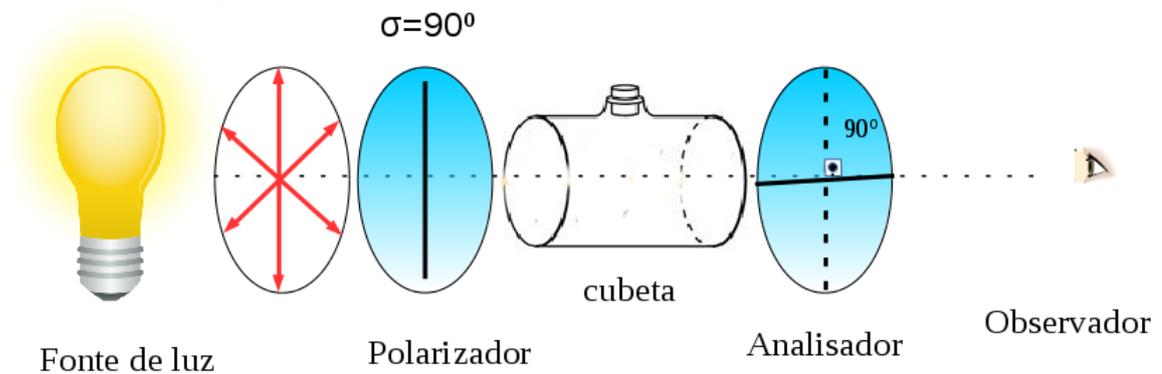


Figura 7.27 – Analisador marcando $\alpha = 90^\circ$ (noventa graus)
Fonte: autor.

A atividade 5.2 tinha como objetivo fazer a ligação do modelo mecânico de uma onda demonstrado na atividade 5.1 para uma onda eletromagnética para que o estudante possa entender o processo de polarização da luz. A atividade foi elaborada para que o estudante possa observar, refletir, transcrever seu entendimento sobre o comportamento de uma onda eletromagnética em relação aos planos de vibração da luz. De certo modo, pensou-se numa segunda atividade experimental envolvendo o banco óptico, polarizador, analisador e uma fonte de luz.

Na atividade 5.2 no qual o estudante tinha que fazer sua observação imaginando a onda como sendo uma onda eletromagnética surge um fato interessante que os grupos 3, 6 e 7 usam para fundamentar a sua explicação quando inserimos uma fonte de luz sobre um polarizador e analisador diante de três situações no qual o polarizador fica fixo a 90° e rotacionando o

analisador para os ângulos de 0° (zero graus), 45° (quarenta e cinco graus) e 90° (noventa graus). Esse fato está relacionado com o uso do termo “*raio de luz*” na escrita para justificar suas observações durante o experimento, observe nas tabelas 7.23 e 7.24.

Tabela 7.23 – Atividade 5.2: Respostas do questionário antes do experimento: Questão 1

Grupos	Ângulos	Questão (1): Vamos imaginar um experimento em que temos dois polarizadores. O primeiro, denominado P, é o polarizador propriamente dito. O segundo, denominado M, colocado formando um ângulo α em relação ao polarizador, vamos denominar de analisador. Inserindo uma fonte de luz conforme a figura 7.24, o que você espera observar na intensidade de luz que atravessa o sistema, para as seguintes ângulos:
1	0°	o raio de luz vai passar.
	45°	o raio de luz passou
	90°	não vai passar
2	0°	-
	45°	-
	90°	-
3	0°	passa
	45°	passa um pouco da luz
	90°	não vai passar
4	0°	o raio de luz vai passar
	45°	vai passar parcialmente
	90°	raio não vai passar
5	0°	sim, raio de luz passou
	45°	sim, raio de luz passou
	90°	não, o raio de luz não passou
6	0°	o raio de luz passa pelo polarizador.;
	45°	o raio de luz passa um pouco pelo polarizador
	90°	o raio de luz não passa pelo polarizador
7	0°	passa sim
	45°	vai passar bem pouco
	90°	não
8	0°	sim
	45°	sim
	90°	não

Tabela 7.24 – Atividade 5.2: Respostas do questionário depois do experimento: Questão 1

Grupos	Ângulos	Questão (1): Respostas	Justificativa
1	0°	passou a luz	As situações I, II e III bateram com as respostas anteriores.
	45°	passou a luz	
	90°	não passa por que o polarizador vai estar cruzado	
2	0°	_____	_____
	45°	_____	
	90°	_____	
3	0°	raio de luz passou	As situações I e II o polarizador não está cruzado. A situação III o raio de luz não passa pois o polarizador está cruzado.
	45°	raio de luz passou	
	90°	raio de luz não passou	
4	0°	passou	Com relação ao antes e depois da demonstração nossas observações se comprovam
	45°	passou	
	90°	não passou pois era um ângulo cruzado	
5	0°	passou a luz	Com relação a atividade anterior que já tínhamos feito, concluímos que estamos certos.
	45°	passou a luz	
	90°	não passou porque o polarizador está cruzado	
6	0°	passou	Na situação I e II o raio de luz passou, na situação três o raio de luz não passou
	45°	passou	
	90°	não passou	
7	0°	passou	Na situação I e II o raio de luz passou, na situação III não passou sendo coerentes com as observações feitas
	45°	passou	
	90°	não passou	
8	0°	passou	Verificamos que a situação I, II e III, foram iguais e acertamos.
	45°	passou	
	90°	não passou	

Nesse sentido, temos que investigar por que os estudantes começam a usar a palavra “*raio de luz*” em suas justificativas para explicar o experimento envolvendo polarizadores.

Vale ressaltar que a definição de raio de luz na Física está relacionada com a representação geométrica da trajetória da luz indicando sua direção e o sentido da sua propagação.

Nesse momento, o professor tem que estar atento as argumentações em que o estudante apresenta para construir o conceito de uma onda polarizada e não polarizada. Ressalta-se aqui a importância de verificar como o estudante compreende a propagação da onda eletromagnética após fazer a comparação de uma fenda com o polarizador, sendo intuito de nossa proposta verificar esses mecanismos em seu aprendizado. Quais argumentos, indícios, palavras que o estudante apresenta quando colocado diante de uma situação que envolve a propagação da onda eletromagnética que antes de passar pelo polarizador apresenta vários planos de vibração, que ao passar por ele se propaga em apenas um plano de vibração.

Ao final da aula, foi distribuída uma tarefa para casa, no qual cada grupo deveria realizar a preparação de uma solução de açúcar (sacarose) seguindo um roteiro específico de preparação. Como tínhamos 8 grupos aumentei mais três concentrações no roteiro para cada grupo ficar com uma concentração diferente.

O grupo 1 ficou responsável pelo solução de 0,40 g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 80g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 2 que ficou responsável pelo solução de 0,35g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 70g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 3 que ficou responsável pelo solução de 0,30g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 60g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 4 que ficou responsável pelo solução de 0,25g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 50g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 5 que ficou responsável pelo solução de 0,20g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 40g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 6 que ficou responsável pelo solução de 0,15g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 30g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 7 que ficou responsável pelo solução de 0,10g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 20g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 8 que ficou responsável pelo solução de 0,05g/mL, para preparar essa concentração seguiu-se o seguinte procedimento: Pese 10g de açúcar e adicione 200 ml de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar.

O grupo 9 foi composto pelo Professor: 200 mL de água.

Aula 6: Prática experimental: Questionário Investigativo

Na aula anterior, os estudantes usaram um modelo mecânico para entender o que é polarização da luz. Os estudantes tiveram contato com os materiais (polarizador, analisador, fonte de luz e cubeta) utilizados para a medição do ângulo de rotação. A partir da construção do conceito de polarização da luz, partiu-se para a realização da atividade experimental. Adotou-se como estratégia o uso de uma atividade experimental para medir o ângulo de rotação da sacarose em sala de aula, visando proporcionar aos estudantes uma atividade investigativa. No final da aula anterior, o professor orientou os grupos com relação ao procedimento que seria adotado para que cada grupo prepara-se sua solução de sacarose numa determinada concentração para o uso no experimento.

Inicialmente foi entregue um questionário investigativo para que os estudantes respondessem antes de fazer o experimento e, em seguida, o professor foi chamando grupo a grupo para realização do experimento. Cada grupo fez a medição do ângulo de rotação da sua solução de sacarose, a partir daí foi entregue novamente um questionário investigativo para que os grupos respondessem após realizarem o experimento. As questões do questionário investigativo antes e depois do experimento tem o intuito de verificar o aprendizado do estudante sobre os conceitos ministrados em aulas anteriores, como a polarização da luz e ainda, mostrar na prática quais as características fundamentais que podem ser constatadas durante o experimento que leve ao entendimento da atividade óptica. Os valores dos ângulos registrados durante a medição será utilizado na aula seguinte para interpretação e discussão da atividade óptica.

Com a aplicação da atividade experimental envolvendo a medição do ângulo de rotação da sacarose constatou-se que os estudantes ficaram curiosos em verificar o porque a luz linearmente polarizada passa pela solução de água e não sofre rotação no plano de polarização, mas para a solução de sacarose verifica-se a rotação no plano de polarização. Observa-se um conflito cognitivo gerado pela observação durante a realização da medição do ângulo de rotação da sacarose e da água.

Nesse sentido, foi possível perceber e constatar que, mesmo após a discussão da polarização da luz utilizando o modelo mecânico, os estudantes não foram capazes de diferenciar o conceito de “*direção de propagação*” e o conceito de “*plano de polarização*”. O que é detectado na escrita dos estudantes, com o uso do termo “*desvio*” que é usado várias vezes durante as respostas dos estudantes tanto nos questionários investigativo antes e depois do experimento indistintamente para a direção de propagação e plano de polarização.

Nesse sentido, é importante que o estudante saiba que a polarização da luz é um exemplo dentre os vários fenômenos que só pode ser compreendido através da interpretação da luz como uma onda eletromagnética. Portanto, fazer uma investigação sobre o por que os estudantes utilizam a expressão “*raio de luz*” em sua escrita para responder as indagações feitas tornasse importante para o entendimento do conceito de *direção de propagação e plano de polarização da luz*. Acredita-se que investigar e descobrir as dificuldades que cada grupo apresenta em se

expressar que uma “fonte de luz não polarizada se propaga em todos os planos, que ao passar pelo polarizador ela irá se propagar em um único plano” se torna de primordial importância para que em futuras aplicações da (SD) em sala de aula essas dificuldades sejam sanadas.

Como a atividade envolvia a coleta de informações com questionário investigativo antes e depois do experimento, deixei com que os estudantes ficassem a vontade para responder os questionários. Os dados coletados nos questionários encontram-se nas tabelas 7.25 a 7.29.

Tabela 7.25 – Atividade 6: Respostas da Questão 1

<p>Questão 1: O que podemos observar do outro lado de um polarizador quando colocamos uma fonte de luz não polarizada (uma lâmpada, por exemplo) em frente ao polarizador e rotacionamos este polarizador?</p>		
Fonte: autor.		
Grupos	Questionário	
	antes do experimento	depois do experimento
1	Quando colocamos o raio de luz em frente ao polarizador o raio de luz vai passar somente em uma direção.	O raio de luz passou em uma direção.
2	Passa em uma direção, pois a luz é polarizada.	Possou somente em uma direção.
3	Vai passar somente um raio de luz.	A luz passou e não sofreu desvio.
4	Antes da luz chegar ao polarizador ela está sendo distribuída em todas as direções, após passar por ele ela segue apenas uma direção.	O raio de luz vai passar como já tínhamos comentado.
5	Vai passar em uma direção, pois a luz foi polarizada.	O raio de luz passou em uma direção.
6	Polarizador polariza o raio de luz somente em uma direção.	O raio passa pelo polarizador em linha reta
7	Passa a raio de luz em uma direção .	Passa raio de luz em uma direção.
8	O raio de luz vai passar somente em uma reta.	Passou em uma reta.

Tabela 7.26 – Atividade 6: Respostas da Questão 2

Questão 2: O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água, alinhados e rotacionamos o polarizador?

Fonte: autor.

Grupos	Questionário	
	antes do experimento	depois do experimento
1	O raio de luz vai passar pelo polarizador e quando chega ao recipiente da água vai formar luzes na água.	O raio de luz passou em uma direção.
2	Passou em uma direção o raio de luz.	Passou sem sofrer desvio o raio de luz.
3	A luz irá passar, só que sofrerá desvio.	Sim, a luz passou e não sofreu desvio.
4	O raio atravessa a água por causa do polarizador.	O raio de luz vai passar novamente em uma direção.
5	A luz passa e não sofre desvio.	O raio de luz passa em uma direção.
6	O raio de luz passa pelo polarizador e pela água dentro do frasco em linha reta.	O raio de luz passa pelo polarizador e pela água dentro do frasco em linha reta.
7	Passa raio de luz em linha reta	Passou igual na questão 1.
8	O raio passa em uma direção.	Passou em uma direção.

Tabela 7.27 – Atividade 6: Respostas da Questão 3

Questão 3: O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com sacarose alinhados e rotacionamos o polarizador?

Fonte: autor.

Grupos	Questionário	
	antes do experimento	depois do experimento
1	A luz pode desviar para esquerda ou direita.	O raio de luz passou.
2	Vai passar mas o açúcar interfere na passagem.	O raio de luz passa sem interferência do açúcar.
3	Sim, vai passar e sofrer desvio.	A luz passou e não sofreu desvio.
4	O raio atravessa a sacarose pois a molécula dela não é simétrica.	Aqui o raio de luz também vai passar.
5	O raio de luz passa e não sofre desvio	O raio de luz passa sem desvio.
6	O raio de luz não passa pelo polarizador e pelo frasco.	O raio de luz passa pelo polarizador e não sofre desvio
7	Não passa o raio de luz.	Passou
8	O raio de luz passa	Passou

Tabela 7.28 – Atividade 6: Respostas do: Questão 4

Questão 4: O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água e um analisador alinhados e rotacionamos o analisador?

Fonte de luz Polarizador cubeta Analisador Observador

Fonte: autor.

Grupos	Questionário	
	antes do experimento	depois do experimento
1	Vai passar reto, porque a água faz com que ela não desvie.	Passa sem sofrer desvio.
2	Passa mas água acaba interferindo	Passou e a água não interfere.
3	Não sofre desvio, a luz passa sem desvio.	Passa sem sofrer desvio!
4	O raio só não vai passar de acordo com o ângulo do analisador.	O raio passou, sem desviar e sem interferência do ângulo analisador.
5	Vai acontecer o desvio de luz.	O raio de luz passa numa direção.
6	O raio de luz não sofre desvio.	O raio de luz passa sem sofrer desvio.
7	Passa	Passa sem sofrer desvio.
8	Não desvia para nenhum lado.	Passou sem desvio o raio de luz.

Tabela 7.29 – Atividade 6: Respostas do questionário antes do experimento: Questão 5

Questão 5: O que podemos observar quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com sacarose e um analisador alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o analisador?

Fonte: autor.

Grupos	Questionário	
	Antes do experimento	depois do experimento
1	Com o açúcar ocorre desvio.	Ele sofre desvio.
2	Açúcar desvia o raio de luz	Desviou o raio de luz
3	A luz sofre desvio, por causa da sacarose.	luz sofre desvio.
4	O raio passa de acordo com ângulo do analisador.	O raio vai se desviar.
5	A luz não passa e não sofre desvio.	O raio de luz sofre desvio.
6	Sofre desvio por causa da atividade óptica.	O raio de luz passa e sofre desvio
7	Não passa.	Passa sofrendo desvio.
8	Desvia para um dos lados.	Desviou.

Aula 7: Análise dos dados Experimentais

Com a coleta dos dados feita na atividade experimental da aula 6, iniciou-se o estudo e a interpretação dos dados coletados pelos estudantes. O objetivo da aula é construir o gráfico com os valores coletados dos ângulos de rotação de sacarose e fazer as discussões dos conceitos físicos relacionados a atividade óptica. Os dados coletados se encontram na tabela 7.30 com as devidas concentrações correspondentes.

Tabela 7.30 – Medidas dos ângulos coletados na atividade Experimental.

Grupos	Concentração de Sacarose (g/mL)	Medida do ângulo de Rotação(graus)
1	0,40	21,4
2	0,35	18,8
3	0,30	16,1
4	0,25	14,1
5	0,20	12,5
6	0,15	10,1
7	0,10	6,5
8	0,05	3,2
9	0,00	0

Sabendo da importância de colocar o estudante para representar, analisar e interpretar um gráfico. Entende-se que a atividade de construção e interpretação de um gráfico é fundamental para o processo de aprendizagem. Nesse sentido, saber resgatar do estudante os conceitos, desde a interpretação dos dados até sua conceituação, para que possam apresentar seus argumentos sobre a situação analisada é de primordial relevância para o processo de aprendizagem dos conceitos físicos envolvidos.

Nessa aula cada grupo recebeu um folha de papel milimetrado para que construísse o gráfico com os dados coletados durante a medição do ângulo de rotação da sacarose. Como exemplo temos os gráficos elaborados durante a atividade pelos grupos que se encontram no (APÊNDICE A).

Os grupos apresentaram dificuldade em escolher uma escala para que o gráfico fosse construído. Ao verificar que os grupos estavam tendo essa dificuldade dei uma orientação aos grupos de como poderiam escolher uma escala usando o quadro na sala de aula para esboçar um exemplo. Observe-se que mesmo passando orientações aos estudantes, eles ainda continuam tendo dificuldade em trabalhar com escalas.

Após a construção do gráfico pelos estudantes, apresentei o gráfico feito no programa SviDAVis figura 7.28.

Com a visualização do gráfico iniciei um diálogo com os estudantes questionando sobre as características que o gráfico apresenta, quais informações pode-se verificar de acordo a atividade experimental realizada em sala de aula. Foi destacado que o gráfico apresenta uma reta, que a concentração influencia no ângulo de rotação da sacarose e que com uso da matemática

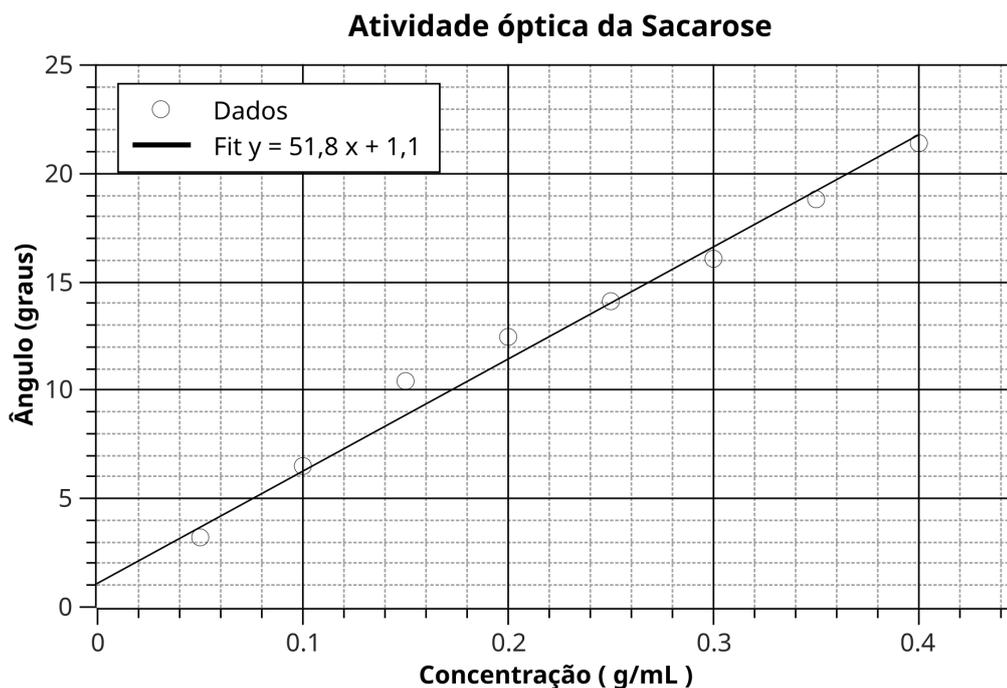


Figura 7.28 – Gráfico com dados coletados no Experimento de Medição do Ângulo de Rotação da Sacarose

pode-se determinar o valor do ângulo de rotação total¹ e a rotação específica da sacarose². Foi realizado todos os cálculos em sala de aula para a determinação da rotação específica da sacarose. Os estudantes tiveram uma boa participação nas discussões envolvendo os conceitos de Simetria e atividade óptica. Aproveitei a discussão para mostrar aos estudantes a importância do entendimento da luz polarizada e não polarizada, destacando plano de vibração da luz, direção de propagação da luz. Para isso utilizei o exemplo da solução de sacarose e água, para explicar o que aconteceu durante a medição do ângulo de rotação. Destaquei que somente um solução ativa opticamente pode rotacionar a luz linearmente polarizada e que através do analisador consegue-se obter o valor do ângulo de rotação.

Aula 8: Simetrias de Moléculas

Constatada experimentalmente a rotação do plano de polarização da luz ao passar pela solução de sacarose, ou seja, constatada a atividade óptica da sacarose, a proposta é retornar à discussão da Simetria da molécula de sacarose para problematizar o papel da Simetria na observação desta propriedade óptica. Nessa aula o objetivo é usar os conceitos de operações de Simetria de rotação e plano de reflexão para identificar a atividade óptica apresentada pela molécula de Sacarose. Na atividade 8.1 apresentou-se quatro moléculas figura 7.29, para que

¹ Ângulo de Rotação é a rotação óptica observada em graus durante a medição.

² A rotação específica é uma constante físico-química normalizada, que apresenta características das substâncias que apresentam atividade óptica. Neste caso, normalizada na concentração e no comprimento do caminho óptico.

cada grupo identifique quais as operações de Simetria elas apresentam: plano de reflexão ou rotação e se a molécula apresenta atividade óptica. O interessante neste momento é recuperar a discussão anterior sobre o fato de que a Simetria de espelho inviabiliza a presença da atividade óptica. Além disto, estabelecer a relação da ausência da Simetria de espelho pela presença de carbonos assimétricos.

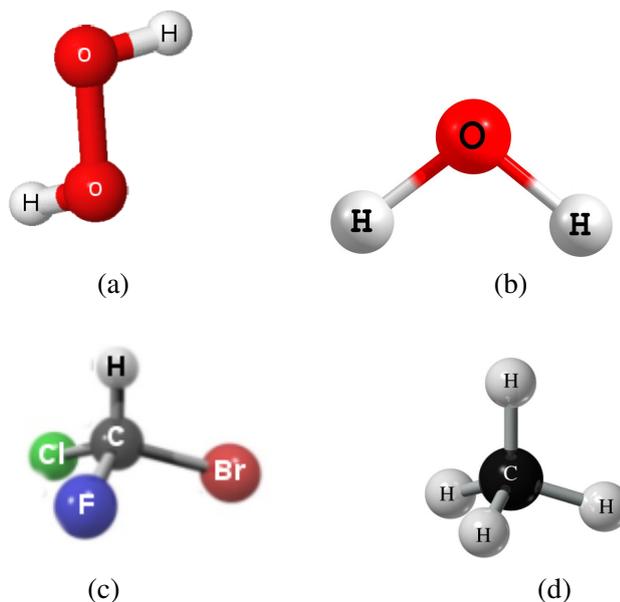


Figura 7.29 – Molécula de Peróxido de Hidrogênio (a), Molécula de Água (b), Molécula de Bromo Cloro Flúor Metano (c) e Molécula de Metano (d)

Fonte: autor.

Após analisar as operações de Simetria das moléculas e verificar a presença ou não de atividade óptica os estudantes passaram a responder a atividade 8.2 relacionada ao questionário final para que possamos investigar o aprendizado dos conceitos ministrados ao longo da (SD).

Na atividade 8. 1 no qual os grupos voltaram a ter contato com as moléculas manuseando-as e verificando as operações e elementos de Simetria, podemos observar que a grupos como 5 e 6 que não conseguiram perceber que a molécula de peróxido de hidrogênio apresenta a operação de roto reflexão, sendo um caso particular que algumas moléculas apresentam, mas que foi apresentado aos estudantes e discutido na aula. As respostas dos estudantes para atividade 8.1 encontram-se nas tabelas 7.31 a 7.34.

Tabela 7.31 – Atividade 8.1: Respostas da atividade 8.1: Questão 1: molécula de Metano

Questão 1: Pegue a molécula com o seu professor e faça a análise das operações de simetria e, em seguida, analise a possibilidade da ocorrência de atividade óptica para estas moléculas.			
Molécula de Metano			
Grupos	Operações de Simetria		Atividade óptica
	Plano de Reflexão	Rotação	
1	sim	sim	não
2	sim	sim	não
3	sim	sim	não
4	sim	sim	não
5	sim	sim	não
6	sim	sim	não
7	sim	sim	não
8	sim	sim	não

Tabela 7.32 – Atividade 8.1: Respostas do atividade 8.1: Questão 1: molécula de Peróxido de Hidrogênio

Questão 1: Pegue a molécula com o seu professor e faça a análise das operações de simetria e, em seguida, analise a possibilidade da ocorrência de atividade óptica para estas moléculas.			
Molécula de Peróxido de Hidrogênio			
Grupos	Operações de Simetria		Atividade óptica
	Plano de Reflexão	Rotação	
1	sim	sim	não
2	sim	sim	não
3	sim	sim	não
4	sim	sim	não
5	não	sim	sim
6	não	sim	sim
7	sim	sim	não
8	sim	sim	não

Tabela 7.33 – Atividade 8.1: Respostas do atividade 8.1: Questão 1: molécula de Difluoreto de Amina

Questão 1: Pegue a molécula com o seu professor e faça a análise das operações de simetria e, em seguida, analise a possibilidade da ocorrência de atividade óptica para estas moléculas.			
Molécula : difluoreto de amina			
Grupos	Operações de Simetria		Atividade óptica
	Plano de Reflexão	Rotação	
1	não	sim	sim
2	não	sim	sim
3	sim	sim	não
4	não	sim	sim
5	não	sim	sim
6	não	sim	sim
7	sim	sim	não
8	sim	sim	não

Tabela 7.34 – Atividade 8.1: Respostas do atividade 8.1: Questão 1: molécula de Bromo Cloro Flúor Metano

Questão 1: Pegue a molécula com o seu professor e faça a análise das operações de simetria e, em seguida, analise a possibilidade da ocorrência de atividade óptica para estas moléculas.			
Molécula : bromo cloro flúor metano			
Grupos	Operações de Simetria		Atividade óptica
	Plano de Reflexão	Rotação	
1	não	sim	sim
2	não	sim	sim
3	não	sim	sim
4	não	sim	sim
5	não	sim	sim
6	não	sim	sim
7	não	sim	sim
8	não	sim	sim

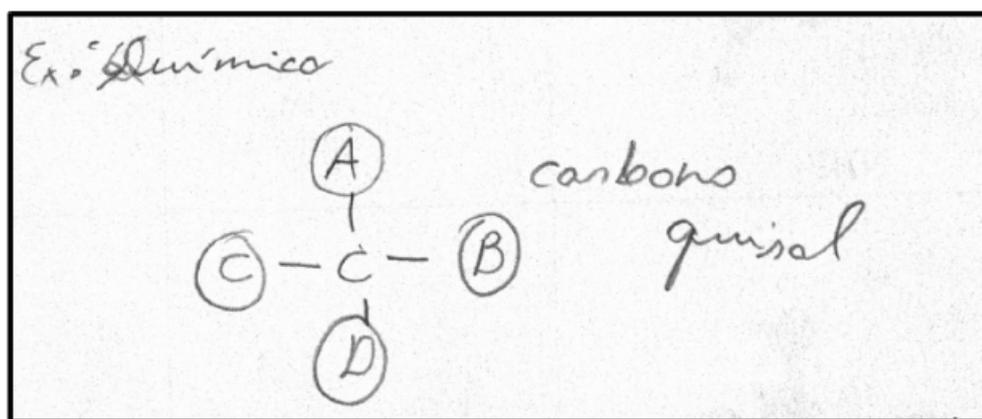


Figura 7.30 – Desenho feito pelo grupo 1 para questão 1 (d) da atividade 8.2.

Fonte: autor

Na aplicação da atividade 8.2 ocorreu um fato que chamou atenção, relacionado a forma como o grupo 1 se referiu para explicar atividade óptica do ponto de vista da Física, criando um novo termo "*óptica espelial*" para expressar o conhecimento adquirido durante as aulas. Com relação ao ponto de vista da Química para analisar atividade óptica o grupo 1 representou a figura 7.30 com a presença do *carbono quiral* (carbono) ligado a quatros substituintes diferentes (A, B, C, D).

As respostas dos estudantes para atividade 8.2 encontram-se nas tabelas 7.35 a 7.39.

Tabela 7.35 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (a)

Grupos	Questão 1 (a): Qual a operação de simetria é importante para que a molécula apresente atividade óptica? Justifique?
1	Ela não pode apresentar operação de espelho e apresenta atividade óptica.
2	Que ela não apresente operação de espelho, quando possuímos plano de reflexão, não temos atividade óptica.
3	Ela não pode apresentar operação de espelho só assim ela apresenta atividade óptica.
4	Com o plano de reflexão não há atividade óptica, sem ele atividade óptica existe.
5	A molécula de número 1 apresentou plano de reflexão por isso ela não possui atividade óptica.
6	A molécula não pode apresentar operação de espelho.
7	A molécula não pode apresentar plano de reflexão para atividade óptica.
8	Não pode apresentar plano de reflexão.

Tabela 7.36 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (b)

Grupos	Questão 1 (b): Toda substância consegue girar o plano de luz polarizada? Cite um exemplo. Justifique usando a simetria.
1	Não, porque quando jogado o raio de luz sobre a solução de água ela não rotacionou o plano de luz polarizada, pois a molécula é simétrica.
2	Não, como exemplo temos a molécula de água;
3	Não rotaciona um plano de luz polarizado, água. Ela apresenta operação de espelho.
4	Não, como a molécula de água simétrica.
5	Não, no caso da água ele não gira no plano de reflexão.
6	Água quando colocamos no polarizador não consegue girar o plano de luz polarizada.
7	Não, a água por exemplo não gira o plano de luz polarizada.
8	Não, molécula da água pois é simétrica.

Tabela 7.37 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (c)

Grupos	Questão 1 (c): Se considerarmos a molécula de água, ela pode ser considerada uma substância ativa ou inativa no processo de atividade óptica? Justifique.
1	Inativa, pois a molécula de água apresenta plano de reflexão.
2	É inativa. Porque apresenta atividade de espelho. E apresenta polarização da luz.
3	Inativa, não apresenta atividade óptica.
4	Inativa, pois ela apresenta atividade de espelho.
5	Inativa, se tiver espelho não apresenta atividade óptica.
6	A água é uma substância inativa, pois ela é um dos responsável para que o feixe de luz atravesse em linha reta.
7	Inativa, porque apresenta rotação de espelho.
8	Inativa, pois apresenta atividade espelho.

Tabela 7.38 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (d)

Grupos	Questão 1 (d): Do ponto de vista da química e da física como podemos explicar a presença da atividade óptica? Justifique.
1	Na física não apresenta óptica espelhal. Figura 10.25.
2	Na física não pode ter atividade espelho para ter atividade óptica. Na química é preciso ter uma molécula quiral ligada á 4 elementos para ocorrer atividade óptica.
3	Não apresenta, operação de espelho na física. E na química sim por conta do carbono quiral.
4	Na física só ocorre quando não tiver operação de espelho. Na química quando tem carbono quiral.
5	É quando ela não possui plano de reflexão igual a molécula da letra d se você colocar um espelho no meio da imagem ambos lados serão diferentes um do outro na física. Na química, um carbono ligado a 4 ligação diferentes.
6	Se não apresentar operação de espelho, não ocorre atividade óptica na concepção da física. Na concepção da química a molécula tem que apresentar um carbono quiral(carbono ligado a 4 substituintes diferentes.
7	Isomeria óptica estuda o comportamento das substâncias quando submetidos a um feixe de luz polarizada.
8	Quando ela apresentar plano de reflexão, ela não tem atividade óptica na física. Não colocou nada falando da concepção da química.

Tabela 7.39 – Atividade 8.2: Respostas da atividade 8.2: Questão 1 (e)

Grupos	Questão 1 (e): Você imaginava que a luz poderia revelar tantas observações com relação a propriedades dos materiais? Justifique.
1	Eu não imaginava que a luz poderia revelar esses tipos de coisas.
2	Não imaginava. Aprenderam muitas aspectos e características da luz com o estudo da óptica nas aulas de física.
3	Não
4	Não, por mim a luz não tinha capacidade para passar por alguns objetos fiquei bem surpreso.
5	Não, Porque não sabia que quando a luz bate no açúcar ela desvia.
6	Não, pois pensei que a luz ia passar direto em todas os procedimentos.
7	Não, pois eu não tinha conhecimento na matéria.
8	Não, pois não tivemos a oportunidade de entender mais sobre a luz na física.

Ao final das atividades foi realizado a sistematização das atividades com os estudantes e contextualização finalizando a aplicação da SD.

7.2 Análise dos Resultados

Durante a análise inicial dos resultados do desenvolvimento da SD aula a aula, descritos na seção anterior, foram constatados diversos pontos críticos que evidenciam as dificuldades dos estudantes no processo de aprendizagem dos conceitos abordados. Foram constatadas dificuldades que podem ser denominadas de conceituais, envolvendo a articulação de novos conceitos

com os conceitos prévios dos estudantes. Assim, embora Simetria seja um conceito básico que não era desconhecido dos estudantes, sua formalização na forma proposta afluou dificuldades que serão descritas a seguir. Por outro lado, algumas dificuldades apresentadas pelos estudantes podem ser remetidas a entraves de linguagem e comunicação. Assim, a presente análise pretende aprofundar a investigação sobre estes pontos.

A apresentação dessa análise foi estruturada em tópicos. O primeiro relata as dificuldades de construção conceitual baseadas em duas categorias: "*Simetria de Reflexão*" e "*Simetria Rotação*". O segundo, aborda as dificuldades de linguagem em relação: "*Eixo de Rotação*" e "*Operação de Rotação*". Uma investigação do significado do uso da palavra "*Desvio*" para descrever a rotação da polarização da luz se segue, bem como as dificuldades encontradas na construção do conceito do "*Princípio de Neuman*". Finalmente apresentaremos nossas reflexões sobre "*Atividades Colaborativas e Investigativas*".

a) **Dificuldades com o conceito de Simetria:**

Durante a aplicação da SD observa-se que os estudantes apresentam dificuldades de construção conceitual com relação aos assuntos envolvendo dois conceitos principais, os conceitos de Simetria de reflexão e de Simetria de rotação. Passamos a apontar algumas dessas dificuldades, ressaltando pontos importantes para que essas sejam interpretadas e refletidas ao longo de nossa análise.

Em relação ao conceito de Simetria de reflexão, de forma geral, os grupos utilizam o senso comum para explicar que a borboleta apresenta "*lados iguais*". Entretanto, ao serem confrontados com o conceito mais formal de que a Simetria de Reflexão é determinada pela invariância à operação de espelho, a maioria tem dificuldade em utilizar a nova proposta de forma natural. Assim, a formalização conceitual que envolve a Simetria de reflexão precisa ser aprofundada.

Vale ressaltar que quando cada grupo foi questionado sobre a definição de Simetria pode-se observar algumas palavras que surgem ao longo de seus respectivos relatos como, por exemplo: "*partes iguais; lados iguais, harmonia da imagem, iguais*" como sendo palavras contidas em seu conhecimento prévio que estão sendo usadas para especificar o que eles entendem por Simetria. Logo, observa-se que os grupos apresentam um conhecimento para uma interpretação sobre o conceito de Simetria relacionado ao senso comum.

Outro fato observado foi que os grupos não sabem distinguir uma operação de rotação, pois eles consideram o giro de 360° como uma rotação. Sendo que a figura do símbolo do Ying e Yang apresenta operação de rotação C_2 (giro de 180°) permanecendo inalterada. Somente o grupo 2, conseguiu identificar corretamente a operação de rotação C_2 durante a realização da atividade.

Ao analisar as dificuldades encontradas pelos estudantes no transcorrer das atividades da aula 1, o erro mais frequente foi o de confundir a Simetria de rotação com giro de 360° .

Sendo que toda figura, objeto, imagens apresentam essa operação de Simetria conhecida por identidade.

Quando os estudantes tiveram que analisar a possibilidade de um objeto realizar mais de uma operação de Simetria, a maioria respondeu “*sim*”, mas somente os grupos 2, 5, 6 e 7 identificam no hexágono regular essa possibilidade.

Quando os estudantes passaram a analisar a molécula utilizando as operações de espelho e de rotação, ficou evidente que, mesmo estimulando habilidades que envolvam a capacidade de observação e investigação, os estudantes continuam usando senso comum para se expressar seu entendimento sobre operação de espelho. Isso pode ser verificado ao constatar o uso dos seguintes termos: “*partes iguais*”, “*lados iguais*”.

O grupo 1 teve dificuldade na compressão da operação de espelho para molécula de peróxido de hidrogênio. Vale ressaltar que o grupo apresenta dificuldades em distinguir moléculas de átomos e ainda inverte o raciocínio para relatar que seu critério para molécula apresentar operação de espelho é ter moléculas diferentes. A operação de espelho é exatamente inviabilizada quando os átomos são diferentes. É importante ressaltar que essa molécula apresenta um caso particular de operação de Simetria conhecida por “*Roto reflexão*”. Essa operação consiste em uma conjugação de uma operação de rotação com uma operação de espelho no plano perpendicular ao eixo. Observa-se que a confusão entre átomos e moléculas pode ter sido uma das possibilidades que dificultou a análise da operação de espelho.

Quando os estudantes foram questionados sobre a influência de uma operação de Simetria nas propriedades físicas das moléculas, ressaltando que cada grupo tinha uma molécula específica para analisar, pode-se verificar que os grupos 1, 2, 3 e 5 responderam que para as moléculas que apresentam Simetria de espelho as propriedades físicas continuam inalteradas. O grupo 4 que analisou a molécula de bromo cloro flúor metano e apontou que a molécula não apresenta operação de espelho, relatou em sua resposta que as propriedades físicas são diferentes tabela 7.18. O significado destas observações é inigmática. Observe que o estudante naturalmente relaciona as operações de Simetria de espelho com ter “*mesmas propriedades físicas*”, o que mostra talvez que dever-se-ia ter discutido uma propriedade Física concreta para evitar a imprecisão na linguagem.

Vale ressaltar que durante o início da aplicação da SD, tivemos um texto introdutório, o qual tinha o objetivo de orientar os estudantes com relação ao tema de estudo. Nesse momento, foi que os estudantes tiveram o primeiro contato com o termo “*propriedade física*”. Em relação às propriedades ópticas, os estudantes tinham conhecimento somente de dois fenômenos, reflexão e refração. É evidente que o estudante começa a construir seu conhecimento a partir de conceitos que ainda estão sendo construídos ao longo das atividades.

b) Diferenciação entre Eixo de Rotação e Operação de Rotação:

Como já foi destacado, os dados referentes ao conhecimento prévio dos estudantes em relação a Simetria e as operações de Simetria nos revelam que o estudante tem um conhecimento da Simetria baseado no senso comum somente para operação de espelho. Desse ponto em diante, iniciou-se a busca para identificar quais os mecanismos os estudantes se baseiam-se para identificar o eixo de rotação. Verificou-se que os estudantes apresentam dificuldades na compreensão do significado sobre "*eixo de rotação e operação de rotação*". Veja que mesmo tendo proporcionado uma atividade para que o estudante construa o conceito de Simetria de rotação, os estudantes apresentam dificuldades em perceber a distinção dos significados de operação de rotação e eixo de rotação. Porém observa-se que os estudantes conseguiram observar que girando o triângulo para os ângulos 120° , 240° e 360° e o quadrado para os ângulos 90° , 180° , 270° e 360° ambas figuras ficam inalteradas. A grande maioria dos estudantes não consegue assimilar de forma satisfatória que com um eixo de rotação se faz 3 operações de rotação para triângulo e 4 operações de rotação para o quadrado.

Percebe-se que aprendizado do conceito envolvido acontece de forma incompleta, mesmo aparecendo indícios em seu vocabulário do uso da palavra "*eixo de rotação*".

No momento em que os estudantes passam a manipular um cubo e o tetraedro regulares para indentificar os eixos de rotação, cujo o eixo não estava mais identificado na figura geométrica, possibilitou averigar mais uma situação em que os estudantes poderiam ou não identificar os eixos de rotação. O estudante foi colocado diante de uma situação que terá que identificar o eixo de rotação nas figuras geométricas, apresentando ao final de sua análise o número total de cada figura. Com a realização da atividade foi possível verificar que os estudantes apresentam dificuldades em identificar e visualizar o eixo de rotação em figuras geométrica tridimensionais. As possíveis causas para isso podem ser dificuldades na visualização do eixo de rotação na figura em observação. O estudante não consegue perceber que ao definir o eixo de rotação, pode-se realizar operações de rotações envolvendo ângulos distintos.

Quando foi apresentado aos estudantes o simulador *Symmetry* em sala de aula, aproveitei para fazer alguns apontamentos com relação a essa dificuldade que os estudantes apresentam com relação distinguir "*Eixos de rotação e Operação de Rotação*". Mesmo com a ajuda da tecnologia, mostrando as animações identificando os eixos de rotação e mostrando as operações de rotações envolvidas por cada eixo de rotação que o tetraedro e cubo apresentam, os estudantes continuam com dificuldade em analisar agora as moléculas. Esse fato pode ser observado quando cada grupo foi colocado diante de um modelo para verificar as operações de rotação. Verificou-se que mesmo dialogando com os grupos, através de questionamentos envolvendo as moléculas que estavam analisando, chamando a atenção para as operações de rotação que a molécula apresenta ou não, os estudantes continuam com dificuldades em identificar as operações de rotação, o que pode ser verificado pelos valores relatados para os ângulos de giro da sua molécula em análise na tabela 7.17.

Em síntese, durante a aplicação da SD é importante que o professor esteja atento para identificar a eventual dificuldade do estudante em diferenciar os conceitos de operação de rotação e eixo de rotação.

c) Diferenciação entre rotação do plano de polarização e mudança da direção de propagação:

A leitura do material coletado durante as atividades proporcionou verificar quais foram os indícios apresentados durante a transposição didática com o uso do modelo mecânico para o entendimento da polarização da luz. Nesse sentido, fazer a comparação entre o que foi planejado e o trabalho realizado torna-se um dado relevante para nosso estudo. E ainda fazer os apontamentos no qual ocorreram momentos de fugas em relação ao que foi planejado? Quais foram as causas que provocaram esses momentos de fuga em relação ao que foi planejado para atividade? A estratégia adotada na atividade obteve sucesso nas ações didáticas?

Com a análise dos questionários da aula cinco foi constatado que os estudantes utilizam em sua escrita a seguinte expressão “*raio de luz*” para justificar a passagem da luz pelo polarizador. Veja que os estudantes não conseguem explicar que a luz ao passar pelo polarizador se torna polarizada percorrendo um plano de vibração em uma direção de propagação. De certo modo, acredito que as possíveis razões para essa dificuldade possa estar ligadas as concepções relacionadas ao senso comum, visto que os estudantes apresentam dificuldades em entender e visualizar os planos de vibração da luz antes e depois da sua passagem pelo polarizador. O que em sua maioria acarretou a utilização da expressão “*raio de luz*” para se expressarem sobre o que observam e entendem do fato observado durante o experimento.

Em virtude dos fatos mencionados, acredito que os estudantes apresentam dificuldades em interpretar, realizar as observações qualitativas. Vejo que mesmo estimulando a interpretação do experimento e fazendo as discussões sobre polarização da luz, os estudantes não conseguiram fazer a conexão com o modelo mecânico, pois os estudantes não foram capazes de discriminar/diferenciar o conceito de “*direção de propagação*” e o conceito de “*plano e polarização*”.

Isso tornou-se mais evidente após a realização da atividade experimental, com a aplicação dos questionários antes e depois do experimento envolvendo a medição do ângulo de rotação da sacarose.

Com a leitura, interpretação, análise das respostas aos questionários antes e depois da atividade experimental detectou-se que os estudantes utilizam do senso comum para expressar o seu entendimento sobre a luz através da expressão “*raio de luz*”.

Nota-se que os estudantes interpretam uma fonte de luz como sendo formada por um raio de luz. Eles se baseiam no senso comum para expressar que o brilho da lâmpada pode ser representado por raios radiais a lâmpada figura 7.31. Isso acaba influenciando o estudante na compreensão dos planos de vibração da luz não polarizada e polarizada.

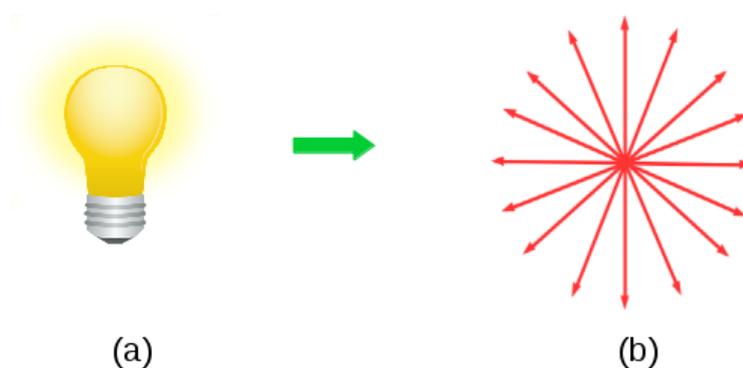


Figura 7.31 – (a) Fonte de luz não polarizada e (b) Planos de vibração da luz não polarizada
 Fonte: autor.

Em sua interpretação ele utiliza da expressão "*raio de luz*" para relatar a representação geométrica do trajeto seguido pela luz. Observa-se que os estudantes apresentam dificuldades em compreender o raio de luz como um modelo. Isso mostra que as concepções pré existentes sobre a luz no seu cotidiano geram um conflito cognitivo com os conceitos que almejamos ensinar em nossa atividade. Vale ressaltar que as concepções no dia a dia do estudante acaba sendo proveitoso, mas de certo modo acaba tornando persistente e difícil de ser retirado de sua concepção.

A conduta utilizada no ensino formal e que aparece nos livros didáticos para explicar, representar graficamente a direção e o sentido de propagação da luz a partir de uma fonte luminosa, é feita por segmentos de retas orientadas denominados por "*raio de luz*". Veja que essa conduta pode levar o observador (estudante) a ter dificuldades em associar um diagrama de raios aos *planos de vibração da luz*.

A maioria dos livros apresentam os planos de vibração da luz não polarizada igual a representação da figura 7.32 (b). Observe que o estudante apresenta dificuldades em relacionar os segmentos de retas da figura 7.32 (b) com os planos de vibração da figura 7.32 (a). Para a explicação utilizam somente a figura 7.32 (c) destacando somente o plano de vibração vertical e horizontal representados pelos segmentos de retas.

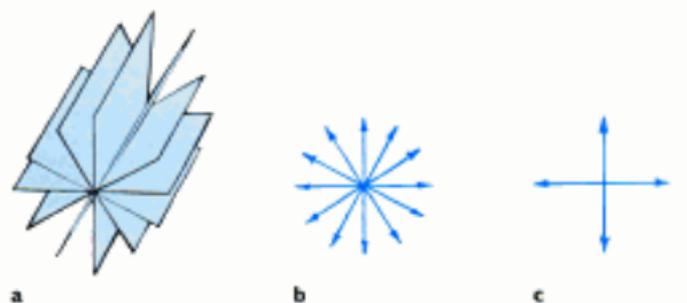


Figura 7.32 – (a) Planos de vibração luz não polarizada, (b) Planos de vibração da luz não polarizada por segmentos de retas e (c) Planos de Vibração da Luz na vertical e horizontal feito com segmentos de retas.

Fonte: (HEWITT, 2008, p-505)

Observa-se que essas concepções que estão contidas no senso comum pode afetar o aprendizado dos estudantes na interpretação e observações qualitativas de fenômenos físicos. Vejo que a dificuldade na compreensão do plano de polarização e direção de propagação possa ter induzido os estudantes a utilizarem o termo “*raio de luz*” que está contido no senso comum.

Vale ressaltar que mesmo os grupos apresentando dificuldades na compreensão de luz polarizada, plano e direção de propagação, os estudantes conseguiram perceber que quando os polarizadores estiverem 90° entre si não vão transmitir luz para o observador.

É evidente que os estudantes começam a perceber que a luz que ultrapassar o polarizador tem alguma relação com o ângulo de giro. O que acaba levando a eles automaticamente a perceberem que nas situações em que os polarizadores não estavam cruzados entre si a luz pode ser transmitida para o observador.

Esse fato também foi observado por estudantes quando Santos et al. (2016) trabalharam com simulações envolvendo o uso de Gif com o uso do software de Mathematica® para o estudo da luz polarizada.

Quando os estudantes foram realizar o experimento envolvendo a rotação da polarização da luz por um meio ativo usando a solução de sacarose (açúcar), fica evidente que mesmo eles apresentando dificuldades na compreensão do plano de polarização, conseguem observar que a luz é transmitida, fato esse comprovado com o uso da palavra “*desvio*”. Observe que agora entre os dois polarizadores a uma solução ativa que consegue rotacionar o plano de polarização da luz. Isso pode ser verificado nas respostas dos estudantes para questão cinco do questionário antes e depois da atividade experimental na tabela 7.29.

Esse momento despertou curiosidade dos grupos, pois quando realizaram a medição do ângulo de rotação para a água não observaram nenhuma rotação no plano de polarização usando o analisador. E para a solução de sacarose foi constatado a rotação no plano de polarização, o que foi identificado pelo uso da palavra “*desvio*”. Note que mesmo passando pelos grupos questionando, lembrando a discussão do texto da aula 4 e da atividade experimental

da aula 5 os estudantes apresentam dificuldades em distinguir direção de propagação e o plano de polarização.

Observe que os estudantes apresentam um conflito cognitivo em compreender a luz como uma onda eletromagnética que é formada por vários planos de vibração, isso faz com que eles não compreendam a rotação do plano de polarização quando usamos a solução de sacarose no experimento. Nem quando o plano de polarização não sofre desvio como no caso da água. Portanto, estudante apresenta sua concepção influenciada pela observação que foi feita no *analisador*, mas o entendimento do conceito físico envolvido fica incompleto. Essa dificuldade na compreensão do plano de polarização e direção de propagação possa ter induzido os estudantes a utilizarem o termo “*desvio*” que está contido no senso comum.

d) **Construção do conceito de *Princípio de Neuman*:**

O estudo da Simetria e das propriedades ópticas dos materiais possibilitou trabalhar em sala de aula com o conceito relacionado ao *Princípio Neuman*. A atividade número um continha um texto intitulado “*Simetria e propriedades ópticas dos materiais*” que apresenta uma orientação aos estudantes sobre o tema em estudo.

Esse tipo de atividade que envolve a interpretação de texto é comum que as dificuldades de compreensão apresentadas pelos estudantes sejam uma fonte de frustração para nós professores, mas de fato temos que ficar atentos, pois muitos estudantes que não se interessam pela matéria apresentam dificuldades com a leitura. Nesse sentido, é possível aprimorar a leitura através do incentivo e do desenvolvimento da capacidade de compreensão do texto.

Em nossa primeira discussão, adotei como estratégia fazer uma leitura conjunta com os estudantes e fazer um relato superficial sobre o *Princípio de Neuman* abordando apenas que ele foi um dos primeiros princípios da Física da Matéria Condensada. De acordo com ele, as propriedades físicas de um material devem ser influenciadas pela Simetria de sua estrutura cristalina. Neste sentido, pode-se destacar a relação da estrutura molecular com a atividade óptica que é uma propriedade Física da matéria.

Nesse primeiro momento os estudantes comentaram que nunca haviam falar sobre tal princípio. Relatei a eles que com a aplicação das primeiras atividades envolvendo o estudo sobre Simetria e das operações de Simetria com moléculas eles conseguiram entender o *Princípio de Neuman*.

A partir desse momento, já havia planejado uma atividade que seria realizada na aula 4 da SD envolvendo as moléculas de água, sacarose e o *Princípio de Neuman*. Esse momento foi o que utilizei para dialogar e construir com os estudantes sobre tal conceito.

Nessa atividade tive o cuidado em proporcionar um tempo para que os estudantes lessem o texto, em seguida refizéssimos a leitura juntos e em voz alta passando parágrafo por parágrafo. A intenção é proporcionar ao estudante o modo como temos que fazer a leitura para analisar suas principais informações. Trabalhar com texto em sala de aula requer uma atenção e cuidado, pois

devemos sempre incentivar o estudante a leitura, para que ele passe a ter prazer pela leitura e obtenção de novos conhecimentos. Com a leitura do texto notei que os estudantes participaram mais, perguntando e questionado sobre alguns termos que eles não sabiam o significado. Nesse momento, o professor recomenda-se conduzir a aula mostrando ao estudante que a interpretação do texto é importante para que possamos entender alguns termos sobre o assunto principal abordado no texto.

A partir da leitura conjunta professor estudante, torna-se viável iniciar a construção conceitual. Com a realização do levantamento de hipóteses para compreender a presença de atividade óptica para molécula de sacarose e a molécula água, dei início a construção conceitual com os estudantes sobre o *Princípio de Neuman*.

Em minhas anotações no diário de campo, fiz uma descrição sobre o momento em que estava dialogando com os grupos na aula 4. O fato observado refere-se ao momento que perguntei o seguinte: Por que a água não desloca o raio de luz linearmente polarizado e a sacarose desloca? Como chegaram nessa conclusão?

“Professor a molécula de sacarose não apresenta atividade de espelho, já molécula de água sim”.

O que isso tem haver com *Princípio de Neuman* e com a atividade óptica?

“É que em nossa leitura entendemos que simetria está envolvida com análise da atividade óptica, e que o Princípio de Neuman pode nos ajudar a entender o porque isso ocorre quando estamos inserindo a luz para atravessar a soluções de água e sacarose”.

Então, vocês estão me dizendo que a luz revelou uma importante informação sobre as Simetrias e as propriedades físicas que as moléculas apresentam?

“Sim, professor”.

Nesse momento fiz uma intervenção relatando que agora que vocês perceberam a importância da Simetria na análise da atividade óptica. Posso confirmar as hipóteses que vocês levantaram sobre as operações de Simetria, que estão de acordo com cada molécula. E que de acordo com o *Princípio de Neuman* sabemos como as propriedades físicas de um material devem ser influenciadas pela Simetria de sua estrutura cristalina. Portanto, as Simetrias geométricas envolvidas na configuração das moléculas e nas estruturas cristalinas refletem-se nas propriedades físicas dos materiais. Nesse caso, a atividade óptica pode ser considerada como um exemplo. Nesse sentido, observem a importância da leitura e da compreensão do texto das atividades anteriores para que vocês chegassem a essa conclusão.

Com a apresentação da molécula de sacarose e a molécula de água, fica evidente que os estudantes começam a relacionar e entender a ligação do *Princípio de Neumann* com a *Simetria*, devido a mediação do professor. Ele promove o diálogo e a reflexão sobre os trechos abordados ao longo texto 2. Os grupos conseguiram identificar naturalmente que a molécula de

água apresenta operação de espelho e a molécula sacarose não apresenta operação de espelho. Kleiman (2009) relata em seus estudos que o estudante apresenta dificuldade de localizar as informações no texto, estabelecer relações de causa e consequência, entre outros. Acredito que isso pode se tornar um fator que influencie na aprendizagem dos estudantes no momento da atividade. Vejo que o papel do professor aqui foi importante durante a mediação da construção dos conceitos, pois a discussão livre, pode influenciar e deixar os estudantes inseguros quanto ao tema em discussão. Acredito que isso pode se tornar um fator que influencie na aprendizagem dos estudantes no momento da atividade.

Durante as minhas observações e reflexões notei que para conseguir alcançar os objetivos dessa aula, tive que estar presente a todo momento, desde as orientações de leitura e releitura, fazendo questionamentos, levando aos grupos refletirem sobre suas hipóteses levantadas.

e) Investigação dos dados coletados na Atividade Experimental durante a medição da atividade óptica da Sacarose:

Os dados coletados na atividade experimental permitem construir gráficos para que seja determinado o ângulo total de rotação e a rotação específica da sacarose. Verifica-se que os estudantes apresentaram dificuldades na construção do gráfico. Isso foi detectado nos gráficos elaborados pelos grupos durante a atividade. Observa-se na figura (A.7) do APÊNDICE (A) o gráfico que o grupo 7 construiu durante a atividade. A nomeação dos eixos e as descrições das variáveis feitas pelos os estudantes estão de acordo, mas com relação as escalas traçadas, verifica-se que estão em discrepância na folha milimetrada. Pode-se verificar que essa dificuldade apresentada pelos estudantes pode estar associada á compreensão dos valores numéricos apresentados na escala, pois é necessário que seja estabelecido uma proporcionalidade entre os pontos na escala adotada para construção do gráfico.

Abulquerque (2010) argumenta que essa dificuldade se dá em função da escolha de estabelecer uma proporcionalidade entre os pontos explícitos na escala adotada. De acordo, com os fatos observados é importante que os estudantes reflitam sobre a importância e a aplicabilidade da escala para se construir um gráfico corretamente.

A partir do momento que todos os grupos tinham concluído a construção do gráfico, iniciou-se a discussão referente aos dados coletados durante o experimento. A discussão iniciou-se com a pergunta sobre o comportamento expresso no gráfico, se era uma relação linear ou quadrática. Nesse momento, foi feita a conexão da Matemática com a Física, para que os estudantes pudessem interpretar e compreender o gráfico. Os grupos responderam que o gráfico esboçado representava uma reta. Seguiu-se uma discussão sobre o que essa reta pode nos fornecer de informação sobre o fenômeno analisado. O grupo 4 relatou que o gráfico mostra a relação dos ângulos de rotação coletado na medição com a concentração de sacarose que cada

grupo preparou. O grupo 6 relatou que como temos uma reta podemos observar que a medida que aumentamos as concentrações os ângulos aumentam.

Nesse momento, fiz uma intervenção relatando aos grupos que com o aumento da concentração de sacarose o ângulo de rotação aumentava e que o grupo 6 estava certo em sua observação. Tornei a chamar atenção dos grupos, pelo fato que quando temos uma fonte de luz não polarizada, ela possui vários planos de vibração. A partir do momento que os planos de vibração da luz não polarizada passam pelo polarizador, ele caminha em uma direção de propagação. Somente uma substância opticamente ativa (sacarose) consegue rotacionar o plano de polarização linearmente polarizado. A rotação do plano de polarização linearmente polarizada pode ser verificada com a ajuda do analisador através do ângulo de rotação. Dessa maneira, podemos observar uma propriedade Física conhecida como *atividade óptica*. A rotação do plano de polarização linearmente polarizado é detectada no analisador pelo observador, devido a solução em análise sacarose rotacionar o plano de polarização de um feixe de luz linearmente polarizada, igual temos na figura 7.33 e que mostrei aos estudantes durante as discussões.

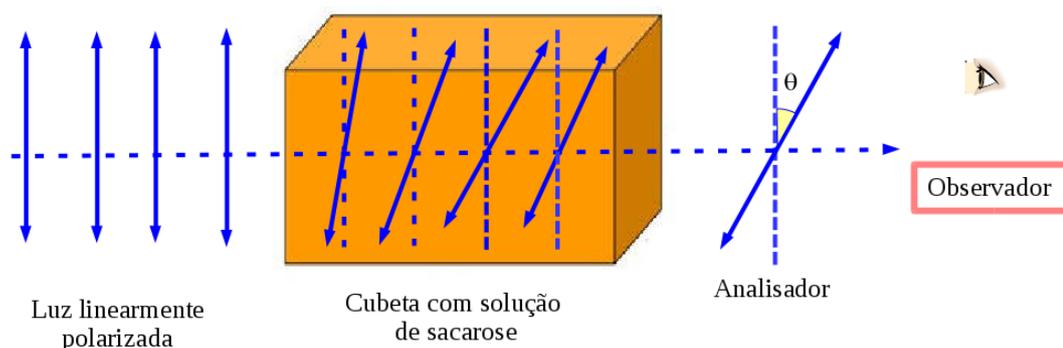


Figura 7.33 – Rotação de um feixe de luz linearmente polarizada pela solução de sacarose.

Fonte: autor.

Agora com relação a água o que vocês observaram? Qual foi o ângulo de rotação da água? Maioria dos grupos respondeu que não houve alteração no plano de luz linearmente polarizado para a solução de água e por isso ela não apresentou nenhum ângulo de rotação. Questionei os estudantes: mas o porque vocês acham que isso irá acontecer? Porque o raio de luz linearmente polarizado não sofre desvio? O grupo três relatou o seguinte:

“Professor é porque a molécula de água é simétrica, por isso ela não desvia o raio de luz”.

Perguntei ao restante dos grupos se alguém queria acrescentar alguma coisa, aí o grupo 6 relatou:

“Então professor no caso da água, ela apresenta operação de espelho, com isso raio de luz passa na solução e não consegue rodar o plano de luz polarizada”.

Então, relatei ao grupo que eles estavam certo, em seguida fiz uma intervenção mostrando na figura 7.34 aos estudantes que se fosse a água esse raio de luz linearmente polarizado iria passar sem sofrer rotação, por isso não identificamos o ângulo de rotação no analisador. Fiz um apontamento ao grupo 6 e aos demais, que o uso do termo "desvio" está errado, pois sabe-se que não ocorre a "rotação" do raio de luz linearmente polarizado para solução de água.

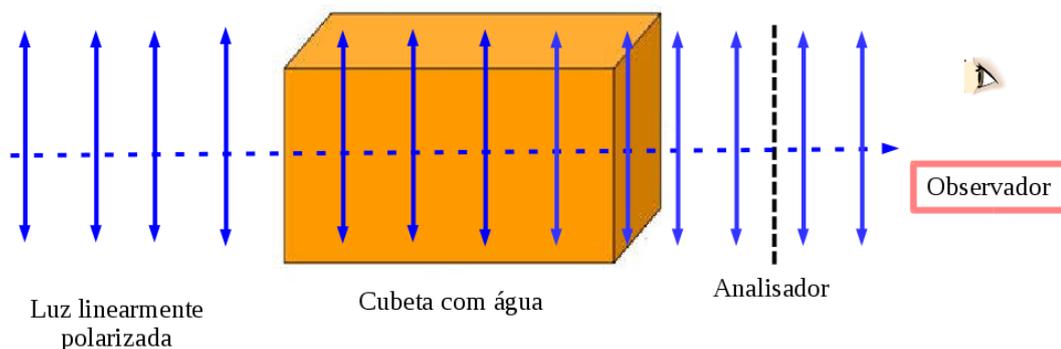


Figura 7.34 – Não rotação de um feixe de luz linearmente polarizada em água.

Fonte: autor.

Passou-se à análise do gráfico experimental obtido. Discutiu-se o processo de achar a melhor reta que descreve os dados experimentais, apresentando a fórmula característica da equação do primeiro grau, identificando os coeficientes angulares e lineares. Foi observado que para achar esses valores poderíamos escolher dois pontos na reta e resolver o sistema. Então escolheu-se o ponto A com as coordenadas ($x = 21,4$; $y = 0,40$) e ponto B com as coordenadas ($x = 3,2$; $y = 0,05$). Com essas coordenadas pode-se montar um equação para cada ponto e com isso obter um sistema, resolvendo esse sistema encontra-se os valores do coeficiente angular e linear.

Resolvendo o sistema encontramos os seguintes valores para $a = 52$ e $b = 1$. Assim a equação da reta: $F(x) = 52x + 1$.

A intensidade da rotação do plano de polarização da luz neste experimento depende de diversos fatores. Como se trata de uma grandeza extensiva, depende do caminho óptico percorrido na amostra, da concentração da solução e da atividade óptica intrínseca da Sacarose.

Seja $[\alpha]_{\lambda}^t$ a rotação específica da Sacarose para a temperatura t e comprimento de onda λ , seja L o tamanho da cuba óptica e, portanto, do caminho percorrido pela luz na amostra e seja c a concentração da solução. Por razões históricas, L é medida em decímetros (dm) e a concentração c em $\frac{g}{mL} = \frac{g}{cm^3}$. Assim, a rotação específica de soluções é determinada em unidades de $\frac{graus \times cm^3}{dm \times g}$.

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{L \times c} \quad (7.1)$$

O ângulo de rotação total da amostra α é dado por:

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^t \times L \times c. \quad (7.2)$$

Assim, a rotação específica da sacarose pode ser determinada se conhecemos a curva experimental de α vs. c .

O comprimento de onda tabelado é o da lâmpada de sódio, usualmente indicado pela letra D. Assim $[\alpha]_D^t$, por exemplo, significa que foi utilizada a raia D do sódio, isto é, $\lambda = 589nm$. Nosso experimento foi conduzido com luz branca. Logo substituindo os valores citados anteriormente na equação (8.1) e lembrando que a temperatura no dia da realização do experimento foi de $26^{\circ}C$, obtem-se uma rotação específica

$$[\alpha]_{Branca}^{26^{\circ}C} = +52 \frac{graus \times cm^3}{dm \times g}$$

Fazendo uma consulta no Handbook segundo Lide (2016) pode-se verificar que o ângulo de rotação específica da sacarose é $[\alpha]_{\lambda}^t = \pm 66,5 \frac{graus \times cm^3}{dm \times g}$. Comparado com o valor obtido durante o experimento, levando em conta que o experimento foi realizado em sala de aula, no qual foram os próprios estudantes que fizeram a sua respectiva solução, seguindo as orientações do professor para análise, é um valor satisfatório para ser considerado. Ressalte-se ainda que não há controle de pureza dos compostos utilizados, nem mesmo da concentração de enantiômeros.

Carvalho (2011) aponta que atividade experimental apresenta um papel fundamental que é dar condições para que os estudantes façam as observações, reflitam e aprendam conceitos com experimento. Essa atividade envolveu coleta de dados durante a realização do experimento, sendo que o estudante vivenciou este momento, isso é importante para que o estudante possa dar significados para o seu entendimento sobre o assunto estudado. O professor tem que estar ciente de que ele pode agregar valores na aprendizagem do estudante no momento em que proporcionar uma relação entre a Física e a Matemática dando significado aos dados coletados através de conceitos que podem ser levantados durante a discussão.

Tendo em vista os aspectos observados durante a construção e interpretação do dados coletados no experimento, nota-se a importância de resgatar o uso de atividades desse tipo em sala de aula principalmente para mostrar aos estudantes as relações entre Matemática, Física e a Química na interpretação de informações referentes ao estudo da atividade óptica.

f) Reflexões do Professor sobre a Abordagem colaborativa e Investigativa

A partir da experiência que tive em desenvolver uma abordagem colaborativa e investigativa no Ensino Médio em uma turma do segundo ano com o tema sobre a Simetria e as propriedades ópticas dos materiais para entender a atividade óptica, percebi que a estratégia adotada oferece condição ao estudante a expor seu conhecimento prévio e desenvolver um novo conhecimento através do diálogo com seus colegas e professor.

As atividades foram realizadas em grupos, observou-se que com essa dinâmica o trabalho favoreceu o diálogo entre os estudantes e a construção de argumentos para a realização das atividades. O que está de acordo com Barbosa (2008) que aponta que uma característica da ação do diálogo é a colaboração, organização e união. Nesse sentido, a atividade colaborativa requer dois ou mais indivíduos dialogando, compartilhando ideias e experiências.

Nessa perspectiva, a interação dialógica e problematizadora, favorece a interação de novos conhecimentos. As estratégias utilizadas durante a realização das atividades da SD despertou a atenção dos grupos devido a ser uma atividade investigativa, que segundo Carvalho (2004) aponta que, iniciar uma atividade propondo um problema pode induzir a investigação fazendo o estudante expor seu conhecimento prévio acerca do assunto.

Em virtude dos fatos mencionados é fundamental que o professor estimule e oriente no processo de aprendizagem, para isso proporcionar um ambiente com atividades estimulantes, que coloque o estudante a investigar um problema, dialogar, refletir e construir sua argumentação são fundamentais no processo de ensino.

Por exemplo, quando trabalhei com as figuras geométricas: triângulo equilátero, quadrado, retângulo, cubo, tetraedro e hexágono regulares envolvendo situações problemas, notei que os estudantes se interessaram naturalmente, sendo que a atividade proporcionou aos estudantes momentos de discussões e observações. Percebe-se que esse momento faz com que o estudante teste e observe suas concepções formando assim o seu ponto de vista sobre o assunto. Sabe-se que atividades que levem os estudantes a perceberem semelhanças e diferenças, identificarem regularidades está de acordo com Carvalho (2004) que aponta isso como uma característica da aula investigativa.

Observa-se que as figuras geométricas aliada a atividade investigativa representa o papel da Matemática no desenvolvimento do estudante. A aquisição dos conceitos matemáticos são importantes para o desenvolvimento intelectual, por exemplo, a capacidade analisar, criticar, concluir e verificar a validade de uma conclusão. Nesse sentido, aproveitar a Simetria para desenvolver habilidades, que embasam a forma de raciocinar, de pensar do estudante favorece o estudo e a aprendizagem de outras disciplinas, em nosso caso da Física. Nesta perspectiva, eu como educador tenho um papel fundamental em estimular os estudantes, no desenvolvimento da criatividade, senso crítico, da compreensão da importância do estudo da Simetria e investigação e também da capacidade de estabelecer relações.

Tendo em vista os aspectos observados pode-se destacar que a interdisciplinaridade da Matemática com Física pode ajudar no pensamento geométrico, por meio de exploração de situações de aprendizagem que levem o estudante a interpretar, construir conceitos relacionados aos elementos e operações de Simetria. Pode-se observar que as áreas de conhecimento que possuem um núcleo comum podem comunicar-se com outras disciplinas, como por exemplo a Matemática crie um entrelaçamento com as disciplinas de Física e Química.

Segundo Carvalho (2004), um dos tipos de atividades investigativas usadas são as demonstrações investigativas que podem contribuir para o ensino de Física, desde que envolvam

uma investigação acerca de uma apresentação de um problema. No momento que introduzi a tecnologia usando o simulador Symmetry os estudantes já haviam passado pelo momento de investigação e manipulação das figuras geométricas cubo e do tetraedro regulares usando as varetas para identificar número de eixos de rotação que cada figura apresentava.

De acordo com Levy (2010) a tecnologia não é boa, nem má, mas depende do uso que faz dela. O uso da tecnologia ajudou a mostrar aos estudantes a importância de identificar corretamente o eixo de rotação e as operações de rotação que se quer analisar na figura geométrica.

Carvalho (2004) relata que outro tipo de atividade investigativa que pode ser usada em sala de aula é uso de questões abertas, cujo entendimento está correlacionado ao conceito discutido e construído durante as aulas anteriores. Nesse sentido, a atividade acaba favorecendo e ajudando o estudante no desenvolvimento da argumentação e da escrita, o que foi constatado na atividade através das concepções dos estudantes. Em especial, na atividade envolvendo a operação de espelho em uma molécula do ponto de vista microscópico.

O professor que questiona o estudante durante a atividade e mostra a importância de refletir sobre o que está sendo feito durante a atividade, favorece o processo de aprendizagem tanto do professor como do estudante. É importante que o estudante reflita durante a atividade sobre seu erro, pois assim ele consegue construir um entendimento sobre o assunto abordado, o que acaba favorecendo o processo de aprendizagem em nosso caso de operações de Simetria.

O professor que elabora uma boa questão numa atividade, fazendo com que o estudante possa antecipar o seu conhecimento espontâneo, a partir de uma atividade manipulativa ou da visualização de fenômeno consegue proporcionar um momento de verificação do que pensou com o que realmente estão observando ou porque dessa resposta para essa questão. Geralmente é a partir desse momento que ele é exposto ao conflito cognitivo, pois nesse momento o estudante começa a refletir sobre o que pensou e o que observou. Nesse sentido, começa a superar os conflitos cognitivos. Daí em diante que ocorre a aprendizagem efetiva (CARVALHO, 2004). Portanto, trabalhar com atividades que leve o estudante a manipular, observar, fazer levantamento de hipótese pode favorecer as demonstrações investigativas no processo de ensino de Física.

Outro fato observado durante a aplicação da SD foi que as atividades sempre estiveram relacionadas aos mecanismos apontados por Carvalho (2004): O primeiro mecanismo está relacionado com a observação. O estudante precisa ser motivado a observar, verificar, estar exposto a situações que levem a ele a pensar, refletir para que possa organizar seu pensamento. O segundo mecanismo está relacionado ao estudante realizar a atividade para fazer suas verificações.

O terceiro mecanismo refere-se apresentar ao estudante um problema, diante dele o estudante inicia a busca por uma solução, isso faz com que o estudante se comunique, troque ideias, façam levantamento de hipóteses, expondo o seu ponto de vista entre os colegas e criando argumentações para resolver o problema exposto pelo professor.

O quarto mecanismo refere-se realizar a sistematização do conhecimento construído pelo estudante através de suas respostas para a atividade. Nesse momento torna-se importante

que o estudante relate sua resposta ao problema, falando sobre como conseguiu chegar e resolver o problema. Os outros colegas ao ouvirem, o estudante responder o questionamento do professor, começam a lembrar o que fizeram e colaboram também na construção do conhecimento que está sendo sistematizado. Nesse momento que o aprendizado vai sendo construído e sistematizado e com isso existe a possibilidade de ampliação do vocabulário dos estudantes e que com a ajuda do professor ele pode melhorar a sua argumentação de suas ideias.

O quinto mecanismo refere-se a contextualização de todo processo. Ao final da sistematização, o professor tem que fazer um fechamento das ideias expondo ao estudante como pode entender o conceito abordado.

O sexto mecanismo é a análise da escrita do estudante para verificar o que realmente o estudante aprendeu com a atividade.

Assim, a elaboração de atividades práticas colaborativas, investigativas e problematizadoras pode ajudar na compreensão da teoria com a prática despertando a linguagem científica. O laboratório didático é um espaço importante na escola, pois faz a consolidação e o aprimoramento dos conceitos científicos. O que está de acordo com as ideias de Pereira e Moreira (2017).

O uso da abordagem colaborativa e investigativa durante as atividades mostrou-se como uma boa ferramenta para o ensino de Física. O modo como aulas foram planejadas apresentando um problema a ser estudado, manipulações a serem feitas, o desenvolvimento de hipóteses e a interação entre o estudante e professor agregou condições para que as aulas se tornassem produtivas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente dissertação encontra-se o relato da descrição e as análises de todas as atividades desenvolvidas utilizando a abordagem de conceitos de Simetria, polarização da luz e do *Princípio de Neuman* para o entendimento da atividade óptica.

As atividades realizadas em sala de aula contaram com o uso das atividades colaborativas e investigativas propiciando realizar um estudo sobre o conhecimento prévio dos estudantes do segundo ano do Ensino Médio sobre as operações de Simetria. Nesse sentido, conseguiu verificar que o estudante apresenta uma concepção através do senso comum para expressar seu entendimento sobre a operação de espelho. Não conseguem definir a Simetria conceitualmente, mas conseguem aplicar a operação de Simetria de espelho envolvendo figuras geométricas, imagens e moléculas. Por exemplo, a imagem da borboleta é Simétrica pois ao colocar o espelho sobre a sua metade apresenta os lados iguais. Esse tipo de compreensão os estudantes apresentam sobre a operação de espelho. Portanto, os estudantes apresentam um conhecimento intuitivo do senso comum. E com a realização das atividades em sala de aula, conseguiram relacionar a Física a importância da operação de espelho, baseado no *Princípio de Neuman* para expressar seu entendimento sobre a propriedade Física conhecida por atividade óptica.

Com relação a segunda operação de Simetria pesquisada intitulada como rotação foi verificado que os estudantes não conseguem definir o seu conceito mesmo utilizando imagens, moléculas e figuras geométricas. Observe-se que os estudantes apresentam dificuldades em distinguir “*operação de rotação de eixo de rotação*”, mas foi possível verificar que quando os estudantes foram colocados diante de atividades que propiciassem a construção do conceito de rotação os estudantes utilizaram-se em seu vocabulário da expressão “*eixo de rotação*”. O que foi observado na atividade da aula 2 com o uso das figuras geométricas: triângulo equilátero e quadrado regular. Portanto, tornasse necessário colocar o estudante para realizar mais atividades envolvendo a identificação do eixo de rotação, para que ele possa observar que com esse, podemos realizar várias operações de rotações para determinados ângulos.

Com relação ao aprendizado do conceito sobre o *Princípio de Neuman*, um dos fatores que ajudou os estudantes no aprendizado foi a mediação do professor durante a leitura dos textos. Nesse sentido, o professor conseguiu despertar a atenção dos estudantes fazendo observações, apontamentos no momento da leitura envolvendo os conceitos de Simetria relacionados a molécula de água e sacarose sobre a presença ou não de atividade óptica. Entretanto, essa atividade possibilitou notar que os grupos estavam mais envolvidos e questionavam mais sobre algumas palavras que estavam no texto. Essa estratégia de ensino funcionou bem pois proporcionou aos grupos a oportunidade de apresentarem hipóteses relevantes sobre a presença ou não de atividade óptica com relação as moléculas de água e de sacarose.

A construção do conceito sobre luz polarizada e não polarizada através do uso do modelo mecânico agregou informações importantes sobre as atividades ministradas em sala de aula. Com isso foi possível verificar que os estudantes apresentam dificuldades em compreender uma onda eletromagnética. Uma das dificuldades identificadas foi com relação a representação dos

planos de vibração da luz polarizada e não polarizada. Os estudantes apresentam dificuldades em visualizar e entender os planos de vibração da luz não polarizada e polarizada, mesmo com a ajuda do modelo mecânico. Portanto, foi identificado o uso da palavra “*Desvio*”, nas atividades que envolviam a passagem da luz pelos polarizadores e analisadores. Isso mostrou que os estudantes não conseguiram entender o conceito de plano de vibração e direção de propagação da luz polarizada. Quando realizou-se a atividade experimental colocando-se a solução de sacarose e água para a coleta dos ângulos de rotação ficou comprovado que os estudantes, realmente apresentam sua concepção influenciada pela observação que foi feita no analisador, mas o entendimento do conceito físico envolvido fica incompleto.

Veja que o estudante apresenta uma grande dificuldade em visualizar os planos de vibração da luz, sendo assim, é preciso que o professor mostre aos estudantes como seriam os planos de vibração da luz não polarizada e polarizada, para que eles possam conseguir fazer a ligação do modelo mecânico com uma onda eletromagnética. Pois mesmo realizando a atividade do modelo mecânico os estudantes não conseguiram entender o que seria o plano de vibração da luz e direção de propagação da luz.

A atividade final, permitiu verificar, constatar que há alguns grupos que não conseguiram entender a operação de Roto reflexão, mesmo o professor dialogando e mostrando em sala de aula como ocorre essa operação de Simetria. Pode-se destacar pela verificação das respostas dos questionários que os estudantes entenderam, que a operação de espelho está ligada a presença ou não de atividade óptica. Vale ressaltar que mesmo os estudantes apresentando dificuldades no entendimento do processo de polarização da luz, eles conseguem entender a importância da operação de espelho no processo de análise de atividade óptica.

Pela observação dos aspectos analisados durante a aplicação da SD foi possível perceber que o uso de atividade colaborativas e investigativas no estudo da atividade óptica a partir de conceitos relacionados as operações e elementos de Simetria oferece condições para que o estudante exponha seus conhecimentos prévios e desenvolva novas ideias, através do diálogo com seus colegas e professor.

Entende-se que a SD foi planejada e elaborada visando colaborar para uma sistematização da aprendizagem dos conceitos de Simetria para o entendimento da propriedade Física conhecida como atividade óptica. Para isso utilizou-se de várias atividade chaves e estratégias para dar condições tanto para estudantes como professor de construir um conhecimento através de observações, leitura de textos, demonstrações de experimentos e diálogo.

O uso da abordagem investigativa durante as atividades mostrou-se como uma boa ferramenta para o ensino de Física. O modo como aulas foram planejadas apresentando um problema a ser estudado, manipulações a serem feitas, o desenvolvimento de hipóteses e a interação entre os estudantes e professor agregou condições para que as aulas se tornassem produtivas.

Nota-se que as atividades conseguiram proporcionar interações entre os estudantes no grupos, fazendo com que eles apresentassem ideias, esse tipo de situação promove a aproximação com o ambiente científico através de levantamento de dados e construção de argumentos.

Dessa maneira, acredito que o uso de uma estratégia envolvendo um abordagem investigativa pode resultar na construção do conhecimento criando potencialidades nos estudantes, que aprimorem e estimulem seu raciocínio, desenvolvendo seu senso crítico, além de incentivar a gosto pela Física.

Levando-se em conta o que foi observado na elaboração, aplicação e análise das atividades, pode-se relatar que isso só foi possível graças ao processo de construção do conhecimento que passei durante as atividades desenvolvidas no Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física da Universidade Federal de Lavras. Percebe-se que com desenvolvimento das técnicas de ensino, consegui complementar as atividades em sala de aula conduzindo os estudantes para mais perto do ambiente científico tornando-os capazes de dialogarem de forma crítica e resolverem situações problemas ao seu redor.

Enfim, acredito que após as atividades vivenciadas e ao conhecimento adquirido, posso concluir que todas as atividades desenvolvidas no curso de mestrado me proporcionaram aprimorar minha formação como professor e contribuir para o aumento da experiência enquanto docente.

REFERÊNCIAS

- ABULQUERQUE, M. R. G. C. de. **Como adultos e crianças compreendem a escala representada em gráficos**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e tecnológica) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. Tese (doutoramento) — Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Portugal, 2010.
- BARBOSA, A. C. L. S. **Abordagens educacionais baseadas em dinâmicas colaborativas on line**. São Paulo, 2008.
- BASSALO, M. S. D. C. e 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, p. 3304, 2009.
- BATISTA, K. R. et al. Ensino das propriedades da luz e sua natureza no ensino fundamental por meio da investigação. In: (ENPEC), X. E. N. de Pesquisa em Educação em C. (Ed.). **The Teaching of the Properties of Light and its Nature Through research in Elementary Education**. Florianópolis, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/lista_area_01.htm>.
- BAUER, D. M. B. O estudo da simetria de reflexão através das mídias digitais. **Lume Repositório Digital- UFRGS**, 2015.
- BORGES, R. M. e. V. M. d. R. L. R. M. R. **Museu Interativo: fonte de inspiração para a Escola**. 2^a (revisada e ampliada). ed. Porto Alegre: EDIPUC, RS, 2008.
- CARUSO, F. Estudo da simetria de translação e de suas consequências: uma proposta para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 3309, 2008.
- CARVALHO, A. M. P. d. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (sei). **O uno e o diverso na educação. Uberlândia: EDUFU**, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. de. **Ensino de Ciências - Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo, SP: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- CARVALHO, A. M. P. de. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa**. In: **Carvalho, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo, SP.: Cengage Learning, 2013.
- CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; FILHO, J. de P. A. Potencialidades do ensino por investigação para promoção da motivação autônoma na educação científica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 101–129, 2015.
- COLOMBO, E. Polarização da luz: uma proposta de experiências simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. Especial, p. 280–296, 2004.
- CONSTANTINO, M. G. **Química Orgânica: volume 2: Curso Básico Universitário**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005.
- DAMIANI, M. F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar em revista**, n. 31, p. 213 – 230, 2008.

- DIAS, C. P.; REIS, P. O desenvolvimento de atividades investigativas com recurso à web 2.0 no âmbito da investigação e inovação responsáveis. **isyphus-Journal of Education**, v. 5, n. 3, p. 68–84, 2017.
- FERREIRA, A. B. d. H. **Miniaurélio: o dicionário da Língua Portuguesa** . 7. ed. São Paulo: Positivo, 2008.
- FONSECA, C. R. C. da. **Conceito de Simetria em Livros Didáticos de Matemática para o Ensino Fundamental**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e tecnológica) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- FREITAS, F. L. e. **Aprendizagem Cooperativa**. Porto: Edições Asas, 2003.
- HENRIQUES, V. B.; PRADO, C. P.; VIEIRA, A. P. Editorial convidado: Aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p. 01–02, 2014.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008.
- KLEIMAN, A. **Oficina de leitura: teoria e prática**. Campinas, Sp: Pontes Editores, 2009.
- LEVY. **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Editora 34, 2010.
- LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Saraiva, 2013.
- LIDE, D. R. **CRC handbook of chemistry and physics: a ready-reference book of chemical and physical data**. 97^a. ed. Florida: Boca Raton, Flórida, 2016.
- LITTLE, E. P. Pssc: A physics program. **Educational Leadership**, v. 17, n. 3, p. 167–69, 1959.
- LOPES, M. S. S. **Avaliação da aprendizagem em atividades colaborativas em EaD viabilizada por um fórum categorizado**. Dissertação (Mestrado em Informática) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- LUDKE, M.; ANDRÉ, E. D. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Epu, 2007.
- MCMURRY, J. **Química Orgânica:combo**. Rio de Janeiro, RJ: Cengage Learning, 2005.
- MONTENEGRO, S. G. P.; JAHN, A. P. Reflexões sobre simetria em dois contextos: matemática e física. **Exacta**, v. 40, n. 1, p. 549–572, 2003.
- MOREIRA, M. A. Ensino de física no brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94–99, 2000.
- MOREIRA, M. A. Pesquisa básica em educação em ciências: uma visão pessoal,. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10–17, 2004.
- MOTTA-ROTH, G. R. H. D. **Produção textual na universidade**. 1^o. ed. São Paulo, SP: Parábola, 2010.
- MULLER, L. V. M. F. e M. Sistema sensor com câmera usb para uso em experimentos de polarização da luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 636 – 648, 2017.
- NOVAES, S. F. **Uma Década em busca da Simetria na Natureza**. São Paulo, 2005.

- PASQUANI, H. J. B. R. C. G. **Simetria: História de Um Conceito e suas Implicações no Contexto Escolar**. São Paulo: Série história da Matemática para o ensino, 2015.
- PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. do A. Atividades prático-experimentais no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265–277, 2017.
- PEREZ, D. G.; CASTRO, P. V. La orientación de las practicas de laboratorio como inveti-gación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las ciencias**, v. 14, n. 2, 1996.
- PIZZO, A. M. **O conceito Moderno de Simetria: Uma proposta de aborgagem para o Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) — Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.
- RICHTER, S. S. **Interação colaborativa em hipermídia educacional no ensino aprendizagem de física**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Maria, 2013.
- SALMASIO, J. L.; RAGONI, V. F.; SANTOS, C. M. dos. O uso do espelho e da régua no ensino de simetria para o 7º ano do ensino fundamental. 2016.
- SANTOS, M. A. da Conceição dos et al. Geração de imagens animadas gif com o mathematica®: Simulações didáticas de ondas eletromagnéticas e polarização da luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 1502, 2016.
- SASSERON, L. H. **O Ensino por Investigação na Prática, disciplina “Fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de Ciências”:** A Sala de Aula do curso de **Licenciatura em Ciências da USP/UNIVESP**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impresos/plc0704_12.pdf>.122>.
- SILVEIRA, A. V. C. d. O conceito de simetria em física e sua importância para aprendizagem da disciplina de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 3, p. 41–53, 2008.
- SUART, M. E. R. M. Rita de C. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50 –74, 2009.
- Sá, E. F. de. **Discursos de professores sobre ensino de ciências por Investigação**. Tese (doutorado - FACULDADE DE EDUCAÇÃO) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- VIEIRA, G.; PAULO, R. M.; ALLEVATO, N. S. G. Simetria no ensino fundamental através da resolução de problemas: possibilidades para um trabalho em sala de aula. **Boletim de Educação e Matemática**, v. 27, n. 46, p. 613–630, 2013.
- VIEIRA, L. P.; AGUIAR, C. E. Verificação da lei de malus com um smartphone. **Simpósio Nacional de Ensino de Física XXI**, 2009.
- WALLE, J. A. Van de. **Matemática no ensino fundamental**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67 – 80, 2011.

APÊNDICE A – Respostas da atividade da Aula 7

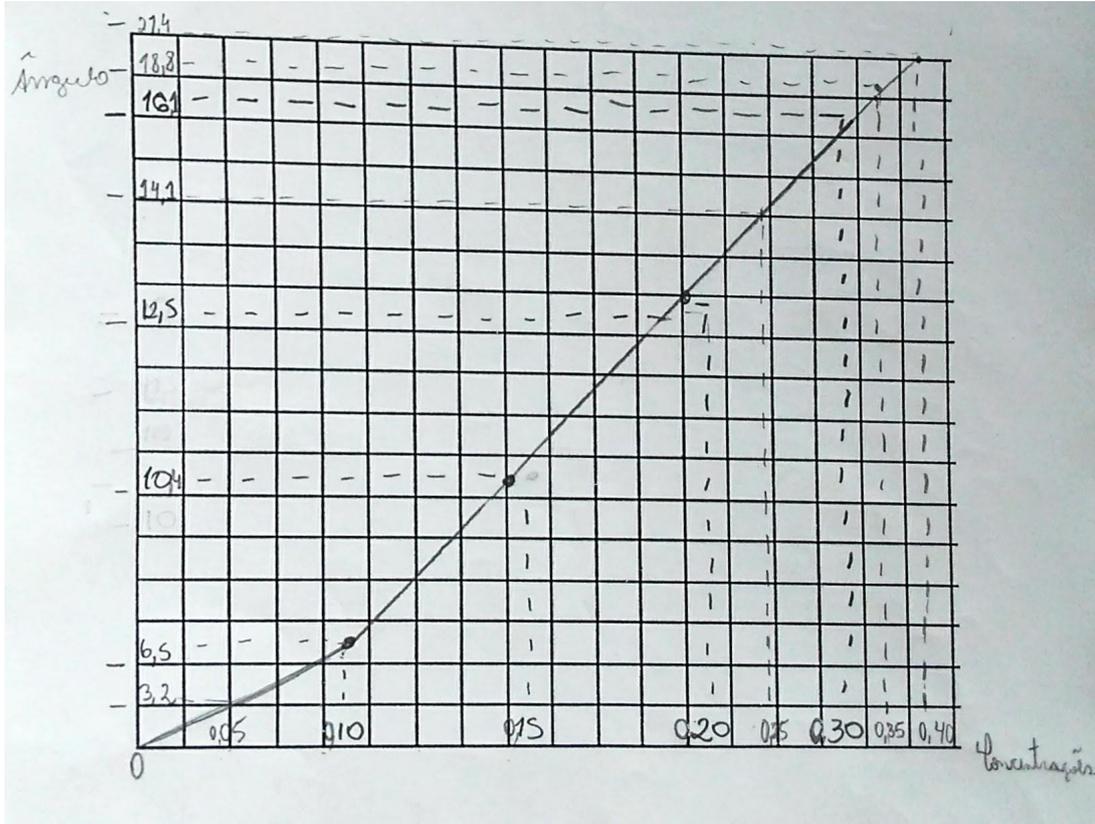


Figura A.1 – Gráfico do Grupo 1

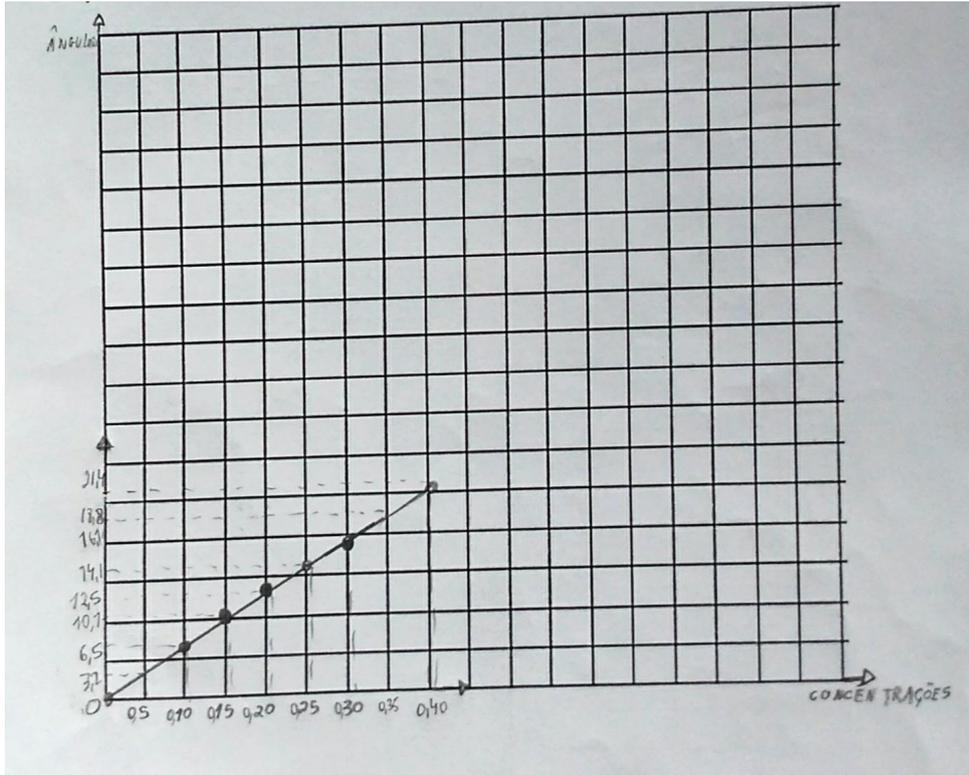


Figura A.2 – Gráfico do grupo 2

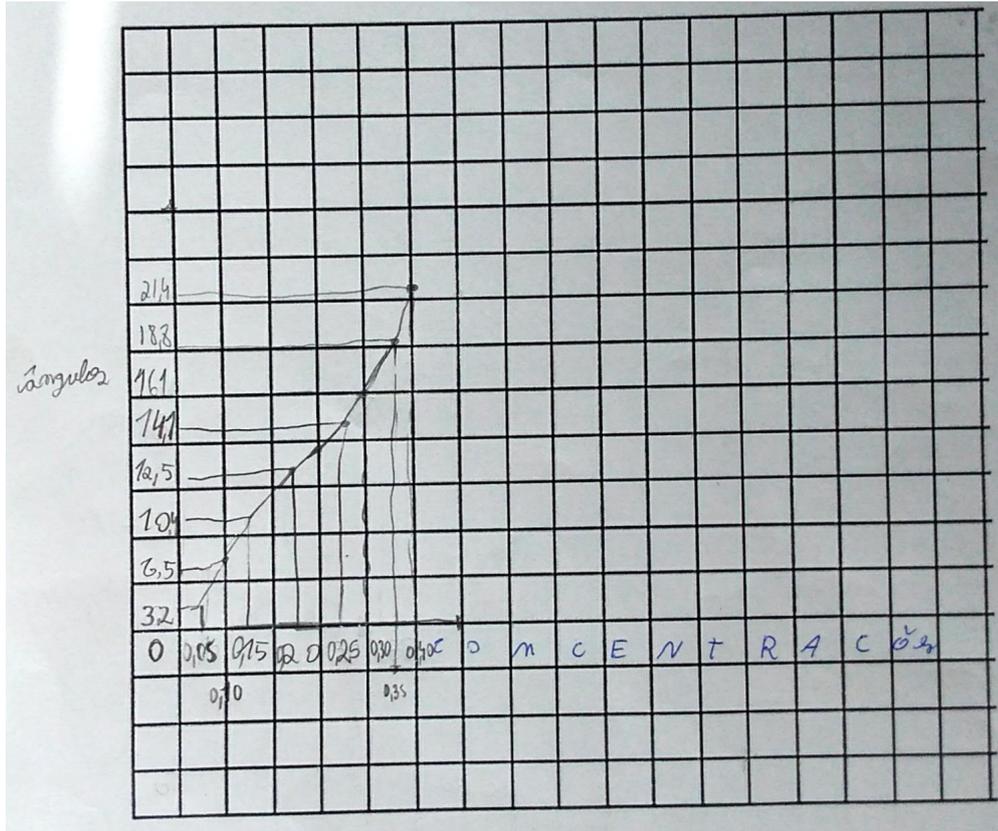


Figura A.3 – Gráfico do grupo 3

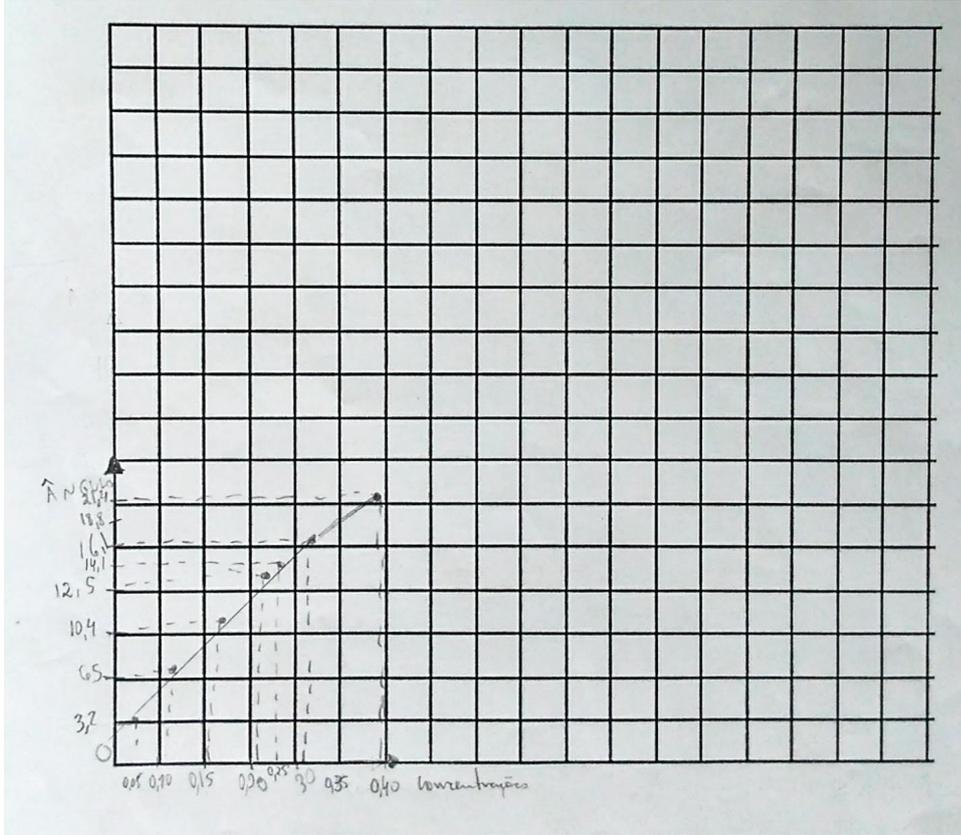


Figura A.4 – Gráfico do grupo 4

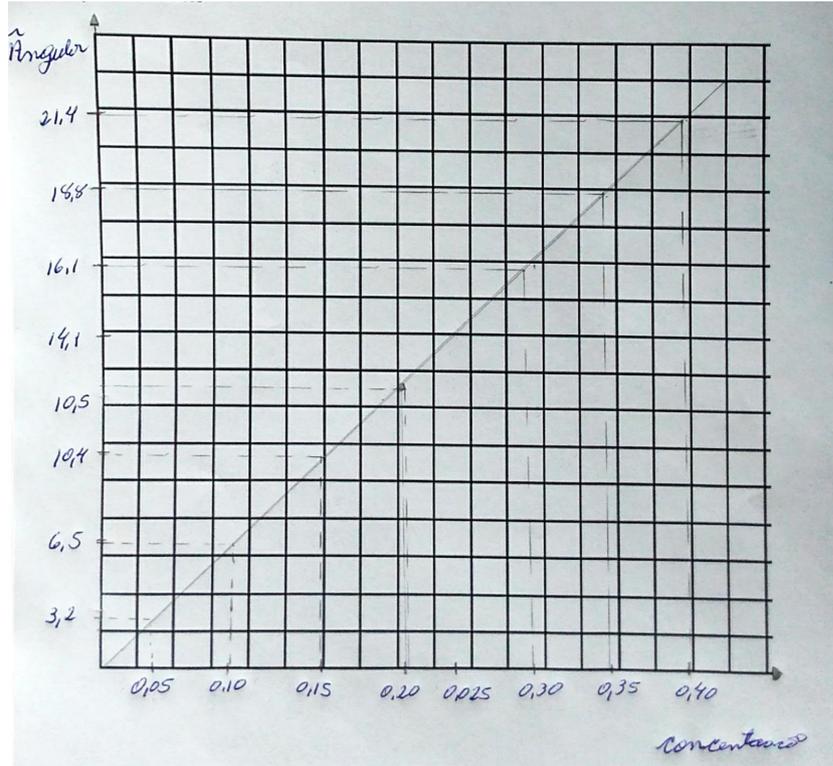


Figura A.5 – Gráfico do grupo 5

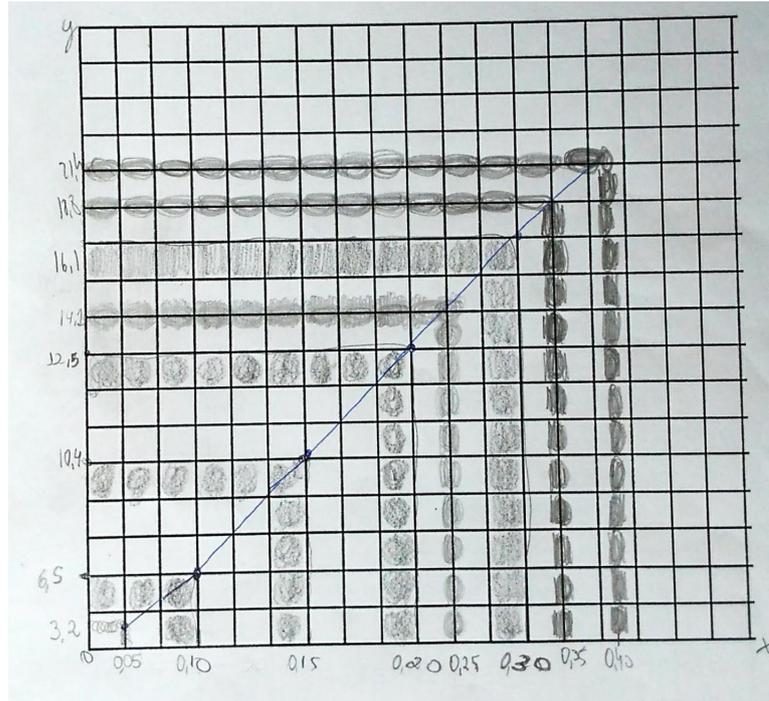


Figura A.6 – Gráfico do grupo 6

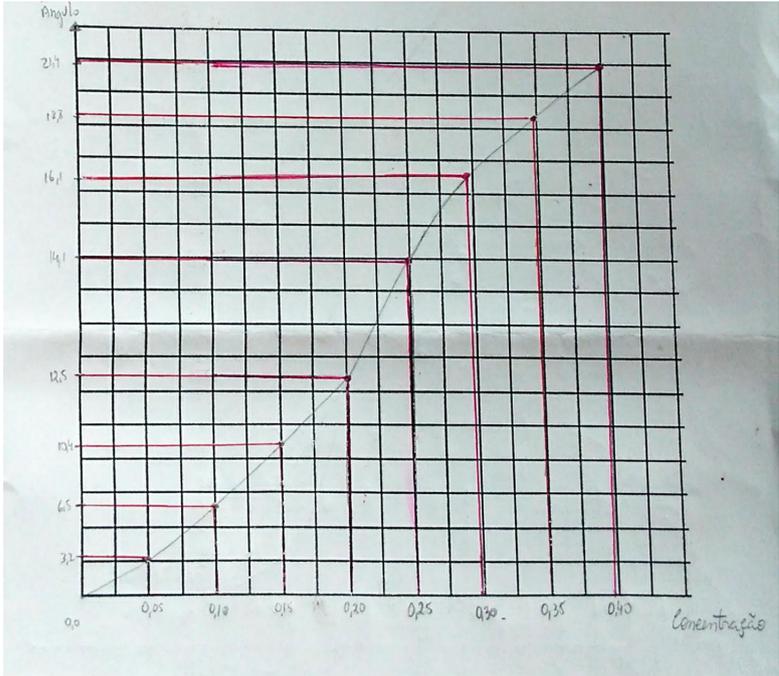


Figura A.7 – Gráfico do grupo 7

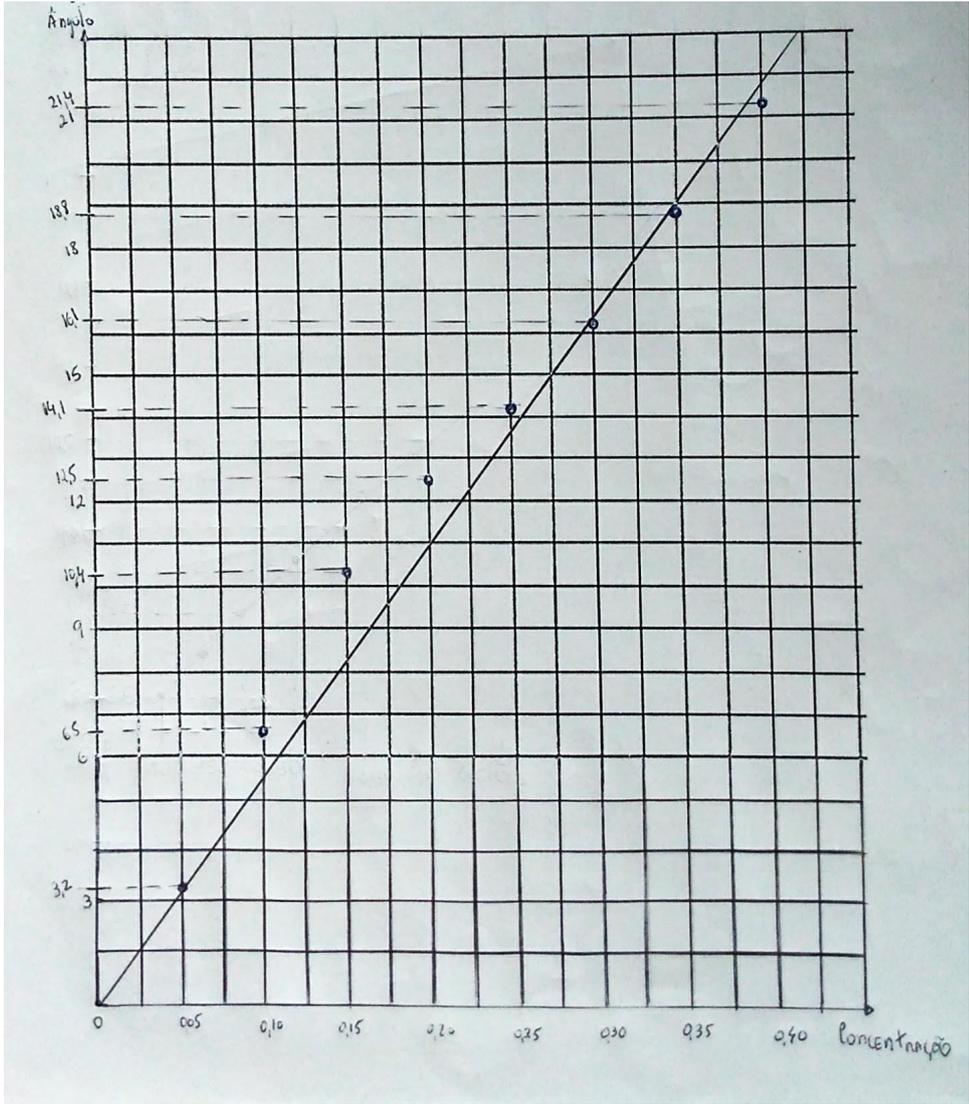


Figura A.8 – Gráfico do grupo 8

APÊNDICE B – Sequência Didática

Apresentação da Proposta de Trabalho

Essa sequência didática tem como objetivo apresentar ao professor do Ensino Médio propostas de algumas atividades e experimentos envolvendo o estudo do comportamento da luz quando atravessa determinados meios materiais. Para isso, apresentamos, inicialmente, um estudo sobre a Simetria de Estruturas Moleculares e sua relação com as propriedades físicas de materiais em geral, definindo as operações de Simetria e a identificação de suas relações com a Simetria presente nas estruturas moleculares de alguns materiais. A seguir, verificaremos como o estado de polarização da luz é afetado pelas Simetrias moleculares. Finalmente, aplicaremos os conceitos de Simetria para investigar a atividade óptica de uma solução de sacarose.

A sequência é composta por nove aulas de cinquenta minutos, assim distribuídas: a primeira será apresentação da proposta e verificação das concepções sobre Simetria, a segunda e a terceira estão reservadas para construção dos conceitos dos elementos e operações de Simetria. Na quarta aula, trabalharemos com um texto que apresenta os conceitos de atividade óptica e do Princípio de Neuman. Na quinta faremos uma revisão do conceito de polarização da luz. Na sexta e sétima aulas realizaremos uma atividade experimental envolvendo atividade óptica, usando água e soluções de sacarose. Na oitava aula faremos uma atividade para verificar como os estudantes utilizam os conceitos aprendidos de Simetria para analisar atividade óptica de algumas moléculas. Na última aula será feito uma sistematização e contextualização dos conceitos construídos ao longo das atividades na SD.

Aula 1: Simetria e Propriedade Óticas dos Materiais

Orientações: Caro estudante, para o desenvolvimento desta aula e compreensão do conteúdo, trabalharemos com a leitura de um texto e com uma atividade em grupo para iniciarmos a discussão sobre simetria. A leitura do texto deverá ser feita em silêncio por cada um de vocês e, depois, deverá ser discutida com seu grupo antes da realização da atividade sobre a presença de simetrias no nosso cotidiano. Bom trabalho.

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Apresentar a proposta de trabalho.

Duração: 20 minutos

Texto 1: Simetria e Propriedades Óticas dos Materiais

A compreensão das propriedades dos materiais é um componente importante para o avanço da tecnologia atual. Você já parou para pensar no quanto de tecnologia em nosso cotidiano vem do uso das propriedades dos materiais? Dentre estas propriedades, quantas são advindas da interação da luz com a matéria? O que acontece com a luz quando ela passa através de um vidro, de um cristal ou de um líquido? Existe algum comportamento físico da luz além daqueles associados aos fenômenos de refração e reflexão? Afinal, existe alguma lei que nos permita relacionar as propriedades físicas de um material e a posição ou arranjo dos átomos em seu interior?

Estas e muitas outras perguntas ocupam um grande número de pesquisadores nos últimos dois séculos. Elas fazem parte de uma área de investigação da física que se chama Física da Matéria Condensada e Física dos Materiais. Atualmente, 70 dos físicos no mundo trabalham nesta área, que é responsável por boa parte da revolução tecnológica de nossos dias.

Esta é também uma área multidisciplinar, em que físicos, químicos, matemáticos e engenheiros trabalham juntos para estudar as propriedades dos materiais. Além de querer verificar o que estas propriedades nos revelam sobre a natureza, os pesquisadores são também motivados pela possibilidade de aplicação tecnológica e desenvolvimento de novos dispositivos e aplicações. Assim nasceram diversas tecnologias que conhecemos e utilizamos. Semicondutores, cristais líquidos, materiais piezoelétricos, ferroelétricos e magnéticos são a base de tecnologias como os LEDs, a Touchscreen, as TV's de LED, OLCD, memórias de estado sólido, gravação magnética e magneto-óptica, etc...

Ao investigar as propriedades dos materiais os pesquisadores, inicialmente, descobriram que os átomos que constituem os materiais são arranjados de formas bem definidas, determinando moléculas e estruturas cristalinas com uma distribuição espacial e uma simetria específi-

cas. Um dos primeiros princípios da Física da Matéria Condensada é conhecido como *Princípio de Neuman*. Ele estabelece que as propriedades físicas dos materiais devem revelar a sua estrutura cristalina. Assim, as simetrias envolvidas na configuração das moléculas e nas estruturas cristalinas se refletem nas propriedades físicas dos materiais.

Mas, o que é simetria? Como podemos analisar a simetria das moléculas e das estruturas cristalinas? O que a luz pode nos revelar sobre as simetrias e as propriedades físicas do material que ela atravessou? Em especial, como as propriedades físicas dos materiais interferem no estado de polarização da luz?

Nesta sequência didática vamos investigar estas questões. Inicialmente, vamos tentar explorar o conceito de simetria. Vamos investigar a simetria de figuras geométricas e de moléculas. A seguir, utilizando polarizadores, vamos investigar como o estado de polarização da luz se altera quando passa por alguns meios.

Esperamos que com esta sequência didática, consigamos construir uma ideia de como a beleza da simetria, presente em tudo na natureza, se revela ainda mais maravilhosa quando investigamos a sua relação com as propriedades físicas dos materiais. Bom trabalho!

Atividade 1: O que é Simetria?

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Explorar o conceito de Simetria.

Duração: 30 minutos

1) Observe as imagens abaixo. Elas são simétricas? Como você classificaria os diferentes tipos de simetria que você observou nas figuras?

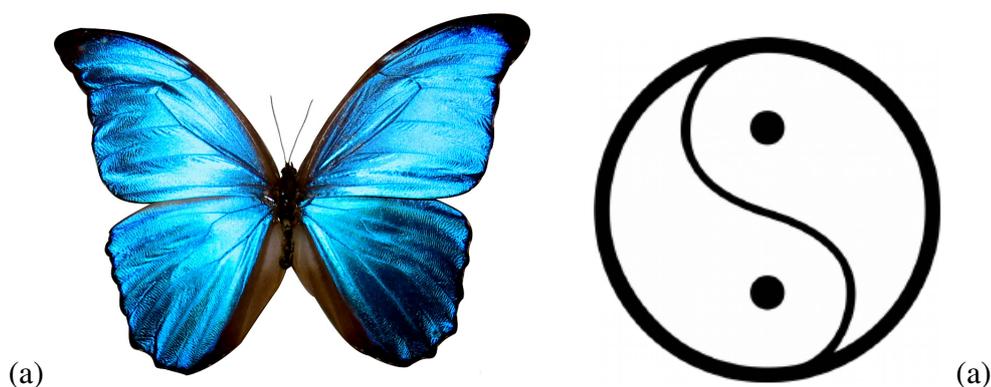


Figura B.1 – Borboleta (a) e Símbolo do Ying e Yang (b)

Fonte (a):Disponível em: <https://br.pinterest.com/explore/borboletas/>. Acessado em 12/08/2018.

Fonte (b): autor .

2) Questões orientadoras:

a) Em qual critério você se basearia para especificar a simetria, caso exista, na imagem da borboleta? Justifique.

b) Este critério também se aplica ao símbolo do Ying Yang? Com qual critério você poderia especificar a simetria neste caso? Justifique.

c) Imagine um espelho posicionado no plano vertical em relação a folha de papel. Existe alguma posição para o espelho de modo que as figuras fiquem inalteradas? Justifique.

d) Se fixarmos o centro da figura no plano da folha com um alfinete, por exemplo, e rotacionarmos cada uma delas, existe alguma situação em que as imagens das figuras ficassem inalteradas? Justifique.

e) Em vista destes exemplos você seria capaz de definir “Simetria”? Tente escrever o que entende por simetria.

f) Cite um exemplo da presença de simetria do seu cotidiano.

Aula 2: Operações de Simetria

Orientações: Esta aula está dividida em 3 partes. A primeira parte faremos um estudo com as figuras geométricas sobre eixo de rotação em 2D. Na segunda parte, um estudo sobre a possibilidade das figuras geométricas possuírem tanto a simetria de espelho quanto a de rotação. Na terceira parte, faremos uma atividade prática, com manipulação do cubo e do tetraedro para verificação dos eixos de rotação.

Atividade 2.1: Operação de rotação de figuras geométricas em 2D

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Construir o conceito de Simetria de rotação em figuras 2D.

Duração: 15 minutos

1) Em cada um dos casos abaixo, pegue a figura geométrica com seu professor e coloque dentro do transferidor no plano da folha, em cima da sua própria imagem desenhada dentro do transferidor. Em seguida, fixe o centro da figura com uma tachinha. É importante que você marque um ponto no desenho da folha como referencial para realizarmos as medições quando você girar a figura em torno do eixo, que neste caso será a tachinha.

(a) **Triângulo:** Quando girarmos o triângulo no plano da folha de 120° , no sentido horário, o que acontece com a figura em relação a sua imagem na folha? E quando giramos 240° ? E 360° ? Que conclusões podemos tirar a partir dessas observações? Descreva detalhadamente os observações e respectivas conclusões.

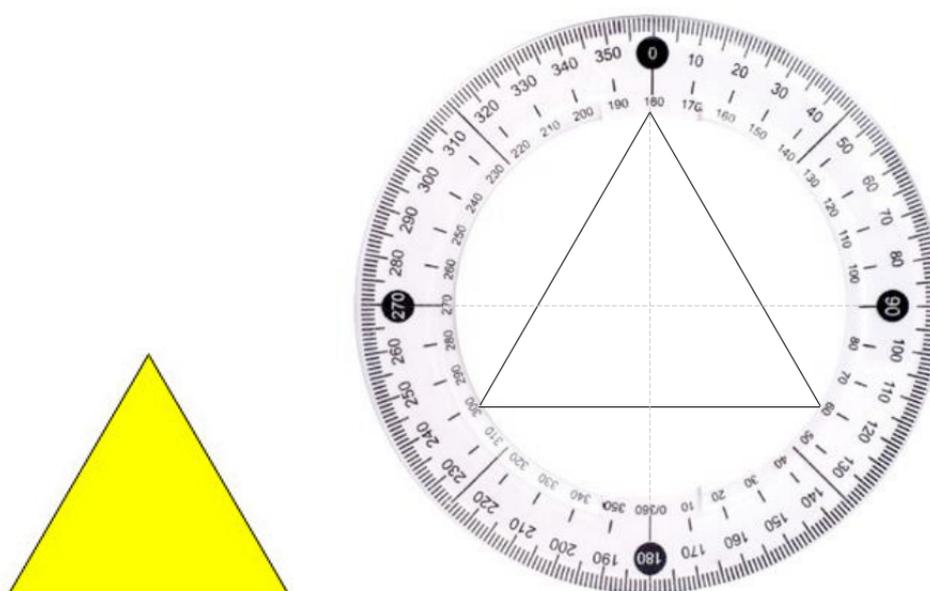


Figura B.2 – Transferidor com o triângulo em seu centro

Fonte: autor.

(b) **Quadrado:** Quando girarmos o quadrado no plano da folha de 90° , no sentido horário, o que acontece com a figura em relação a sua imagem na folha? E quando giramos 180° ? E 270° ? E 360° ? Que conclusões podemos tirar a partir dessas observações? Descreva detalhadamente os observações e respectivas conclusões.

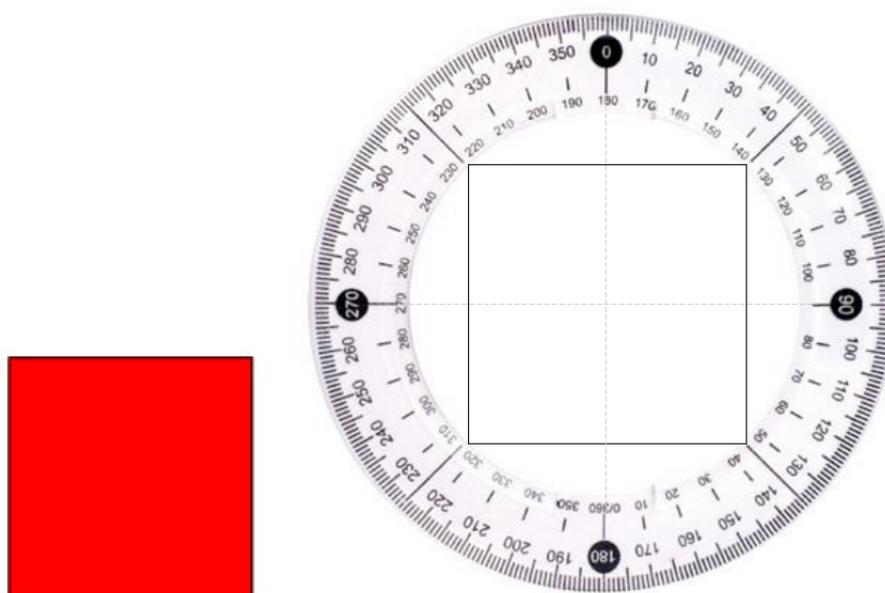


Figura B.3 – Transferidor com o quadrado em seu centro
Fonte: autor.

Atividade 2.2: Aprofundando o conceito de Operação de espelho

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Verificar se as figuras geométricas apresentam mais de uma operação de Simetria.**Duração:** 15 minutos

1) Observe as figuras geométricas abaixo e analise as operações de simetria presentes em cada uma delas. As simetrias de espelho e de rotação estão presentes em ambas? Justifique.



Figura B.4 – Retângulo e Hexágono regulares

Fonte: autor.

2) Pode existir mais de uma operação de simetria em um objeto? Justifique?

Atividade 2.3 : Trabalhando com Simetria em 3D

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Construir o conceito de Simetria de rotação em figuras 3D.**Duração:** 30 minutos

1) Pegue o material com o professor e identifique o número de eixos de rotação. Vamos considerar um cubo e um tetraedro regular. Considerando a rotação no espaço, identifique os eixos de rotação usando as varetas.

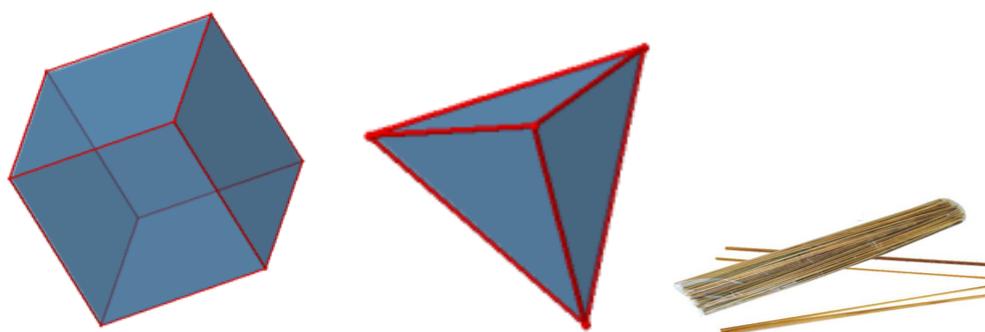


Figura B.5 – Cubo e Tetraedro regulares

Fonte: autor.

Aula 3: Simetria de moléculas

Orientações: Nesta aula, inicialmente, o professor fará uma demonstração com o uso do simulador Symmetry, usando os exemplos do tetraedro e do cubo abordados na aula anterior. Deste modo, caro aluno preste atenção e verifique as respostas dadas na atividade 2.3. Após esta primeira etapa, os grupos deverão construir com materiais manipulativos, as moléculas apresentadas na atividade 3.2.

Atividade 3.1: Aplicativo Symmetry

Aluno(s): _____

Turma.: _____ Data: _____

Objetivo: verificar as operações de rotação e os eixos de rotação do tetraedro e cubo regulares com Symmetry.

Duração: 15 minutos

1) Verificando o número de eixo de rotação do cubo através Symmetry. Caro aluno, preste atenção na demonstração que o professor está fazendo e represente no cubo os eixos apresentados no Symmetry. Para isso você terá cubo e dezesseis varetas especificadas para rotações de 90° ; 120° , 180° .

Atividade 3.2: Operação de simetria em Moléculas

Orientação: Cada grupo irá construir suas moléculas (duas moléculas), para isso pegue com seu professor o material: bolinha de isopor, varetas e tinta guache. Em seguida responda as questões 1, 2 e 3 relacionada a molécula construída pelo grupo.

Aluno(s): _____

Turma.: _____ Data: _____

Objetivo: Construir com os estudantes o conceito de uma operação de rotação e espelho em moléculas.

Duração: 35 Minutos

Construção das Moléculas

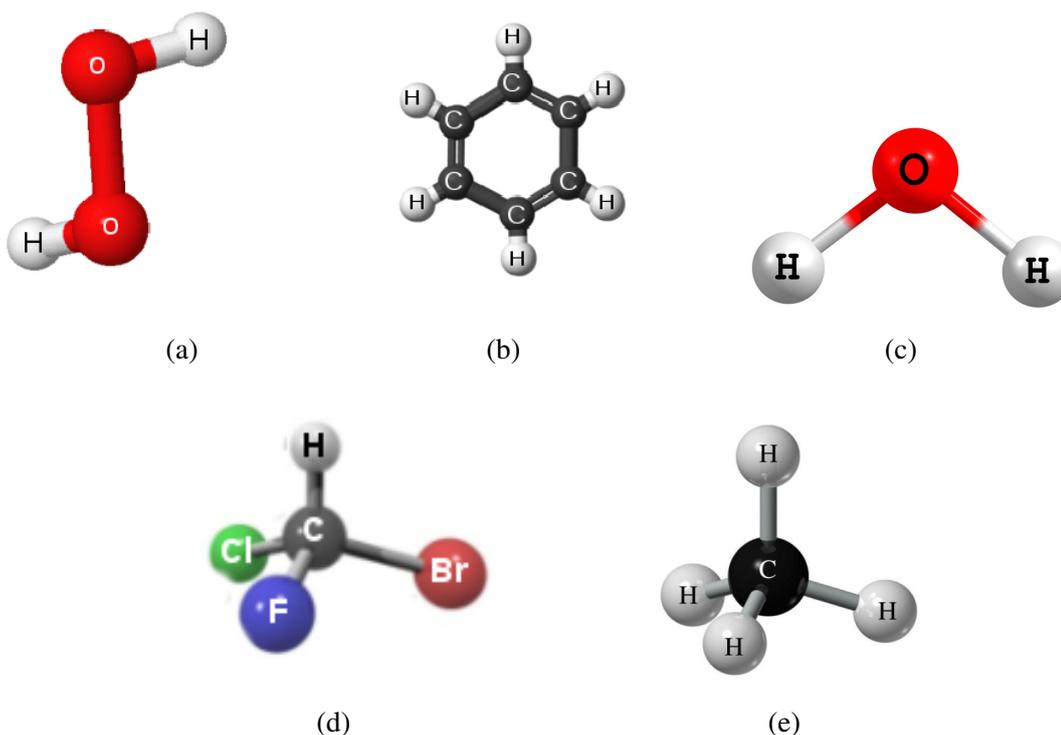


Figura B.6 – Molécula de Peróxido de Hidrogênio (a), Molécula de Benzeno (b), Molécula de Água (c), Molécula de Bromo Cloro Flúor Metano (d) e Molécula de Metano (e)

Fonte: autor.

Observação: Atividade foi planejada para oito grupos, sendo assim, pode repetir molécula para os outros grupos. Lembre-se de quantas ligações cada elemento pode realizar para isso utilize a tabela periódica, em caso de dúvida.

1) Após ter a molécula, imagine um espelho no plano vertical, em frente a molécula.

a) O que se observa?

b) A imagem formada é igual a molécula?

c) A molécula é simétrica ?

d) Qual critério você usaria para dizer que uma molécula possui a simetria de operação de espelho?

2) Quais são as operações de rotação que você identifica nesta molécula?

3) Você acha que as propriedades físicas das moléculas são diferentes ou iguais após essa operação de espelho? Justifique.

Aula 4: Estudo da atividade óptica

Atividade 4.1: Leitura e discussão do texto

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: fazer a leitura do texto.

Orientação: Caro aluno faça a leitura do texto

Duração: 15 minutos

Texto 2: O Estudo da Atividade Óptica

A polarização da luz é um fenômeno muito estudado, tanto na química quanto na física, para a análise de materiais e soluções. É importante ressaltar que soluções são formadas por moléculas que apresentam características físicas e químicas que, por sua vez, resultam da sua estrutura molecular.

Ao iniciar nossas atividades fizemos a leitura do texto 1, no qual uns dos trechos relatava o seguinte:

“... o Princípio de Neuman estabelece que as propriedades dos materiais devem revelar a sua estrutura cristalina. Logo, as simetrias geométricas envolvidas na configuração das moléculas e nas estruturas cristalinas refletem-se nas propriedades físicas dos materiais. O que a luz pode revelar sobre as simetrias e as propriedades físicas do material que ela atravessou?”

Vamos investigar agora um fenômeno denominado atividade óptica, utilizado para fazer a análise das propriedades de determinadas substâncias usando a luz como fator principal para descoberta de alterações nas propriedades físicas e químicas destes materiais.

O procedimento é bem simples. Para verificar se a substância apresenta atividade óptica basta incidir uma fonte de luz linearmente polarizada através de um tubo contendo uma amostra da substância. Após o tubo colocamos um analisador, o qual medirá o desvio de rotação do feixe de luz polarizada. Na figura (B. 7) abaixo encontra-se a ilustração de um aparato experimental utilizado para a medição deste ângulo de rotação.

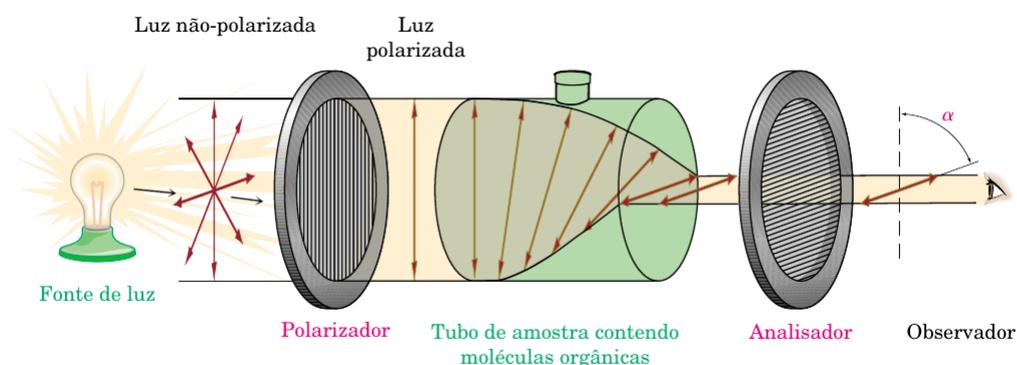


Figura B.7 – Ilustração da medição do ângulo de rotação

Fonte: (MCMURRY, 2005, p - 40)

Exemplos típicos de substâncias que apresentam atividade óptica são: ácido láctico e a sacarose. O ser humano quando realiza atividades físicas libera em seu organismo o ácido láctico, que gera energia. Já a sacarose é conhecida como açúcar comum, que é uma substância orgânica natural encontrada em diversas plantas, principalmente na beterraba e na cana-de-açúcar.

Mas, por quê estas substâncias apresentam atividade óptica? O que elas têm em comum?

Até o momento já aprendemos como são realizadas as operações de simetria com espelho. Vamos agora analisar a molécula de água e a molécula de sacarose e tentar fazer um levantamento de hipóteses que ajude-nos a compreender a presença da atividade óptica, que é muito importante para análise das propriedades físicas e químicas destas moléculas.

Atividade 4.2: Levantamento de hipótese

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Identificar qual operação de Simetria é fundamental para se ter ou não a atividade óptica baseado no *Princípio de Neuman*.

Duração: 35 minutos

1) Após leitura do texto, faça um levantamento das hipóteses sobre a presença ou não de atividade óptica com relação as moléculas de água e de sacarose.

Aula 5: O que é luz polarizada? Como os materiais interferem no estado de polarização da luz?

Orientação: Nesta aula, os estudantes irão responder um questionário pré. Em seguida o professor, com ajuda de um estudante, fará uma demonstração sobre o que é a polarização da luz, usando uma mola e uma fenda. Posteriormente, os estudantes deverão responder a um questionamento e realizarem uma verificação para confrontar com as hipóteses levantadas pelos grupos.

Questionário Investigativo da Aula 5

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: apresentar um modelo mecânico para entender o que é polarização da luz

Atividade 5.1: Um modelo mecânico para entender o que é polarização da luz

Duração: 20 minutos

Orientação: Pegue o material com o professor e realize o experimento.

1) Vamos fixar a chapa de madeira, contendo a fenda, na mesa, de forma que a fenda fique na vertical, usando para isso as garras metálicas. Em seguida, vamos passar a mola pela fenda. Estamos prontos para iniciar a nossa demonstração. O professor e o seu ajudante deverão esticar a mola a uma distância considerável para que ela fique tensionada. Em seguida, um dos dois deverá produzir uma perturbação na mola, a partir das situações descritas abaixo. Cada grupo deverá responder as questões relativas a cada situação.

Situação 1: Perturbação no sentido vertical. O que vocês observam durante a passagem da onda pela fenda? Descrevam detalhadamente. Podem usar desenhos ou esquemas que os ajudem a descrever as observações.

Situação 2: Perturbação no sentido horizontal, de um lado para outro de maneira a formar uma onda. O que vocês observam durante a passagem da onda pela fenda? Descrevam detalhadamente. Podem usar desenhos ou esquemas que os ajudem a descrever as observações.

Situação 3: Perturbação a um ângulo de 45° em relação a superfície da mesa. O que vocês observam durante a passagem da onda pela fenda? Descrevam detalhadamente. Podem usar desenhos ou esquemas que os ajudem a descrever as observações.

Atividade 5.2: Um modelo mecânico para entender o que é polarização da luz

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: fazer a ligação do modelo mecânico de uma onda demonstrado na atividade 5.1 para uma onda eletromagnética para que o estudante possa entender o processo de polarização da luz.

Duração: 20 minutos

1) Vamos imaginar que estamos fazendo as demonstrações anteriores com uma onda eletromagnética. Assim como as fendas para o nosso modelo mecânico, um polarizador é um dispositivo óptico que deixa passar apenas a luz vibrando em um determinado plano de polarização. Vamos imaginar um experimento em que temos dois polarizadores. O primeiro, denominado P, é o polarizador propriamente dito. O segundo, denominado M, colocado formando um ângulo em relação ao polarizador, vamos denominar de analisador. Inserindo uma fonte de luz conforme o desenho, o que você espera observar na intensidade de luz que atravessa o sistema, para as seguintes situações:

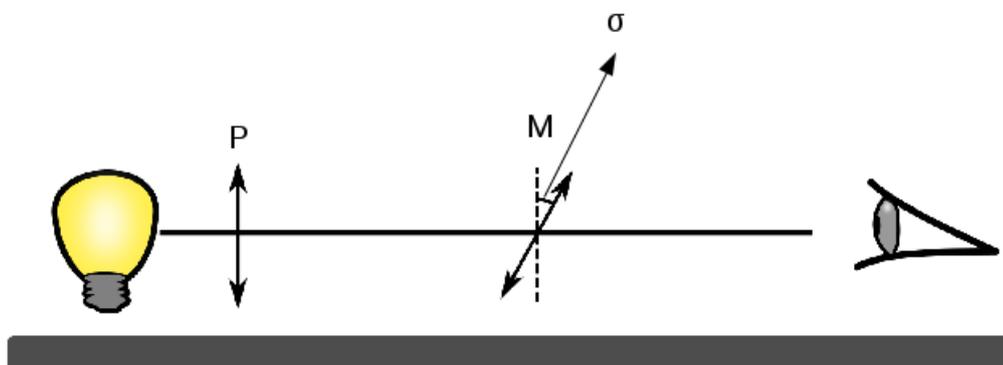


Figura B.8 – Ilustração do Banco Óptico
Fonte: autor

I - $\alpha = 0^\circ$. Explique?

II - $\alpha = 45^\circ$. Explique?

III - $\alpha = 90^\circ$. Explique?

Agora vamos observar experimentalmente as situações I, II e III, montando o banco óptico figura (B.9) com uma fonte de luz, um polarizador e um analisador.

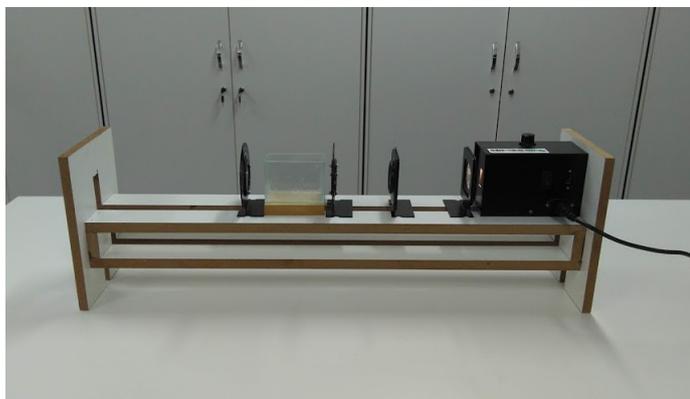


Figura B.9 – Ilustração da Montagem dos Equipamentos
Fonte: autor

Observe o que acontece com a intensidade da luz quando fixamos o polarizador a 90° e rotacionamos o analisador para os seguintes ângulos:

I - $\alpha = 0^\circ$.

II - $\alpha = 45^\circ$.

III - $\alpha = 90^\circ$.

Em cada situação, descrevam as observações e comparem-nas com as previsões feitas anteriormente.

Orientações para Tarefa de Casa

Agora você estudante terá uma tarefa para realizar em casa. Prepare uma solução de açúcar obedecendo o seguinte procedimento.

Duração: 10 minutos

1) Roteiro de preparação das soluções:

Grupo 1: Pese 80g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 2: Pese 70g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 3: Pese 60g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 4: Pese 50g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 5: Pese 40g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 6: Pese 30g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 7: Pese 20g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 8: Pese 10g de açúcar e adicione 200 mL de água aos poucos e mexa até diluir todo o açúcar. Em seguida guarde a solução e traga para próxima aula.

Grupo 9: Professor: solução de água de 200 mL de água.

Aula 6: Prática Experimental - questionário Investigativo

Orientação: Nesta aula, inicialmente os grupos deverão responder um questionário antes do experimento, em seguida realizar um experimento, obtendo algumas medidas dos ângulos de rotação do plano de polarização da luz da sacarose, finalizando aula responderam o questionário depois do experimento.

Questionário Investigativo 6: antes do experimento

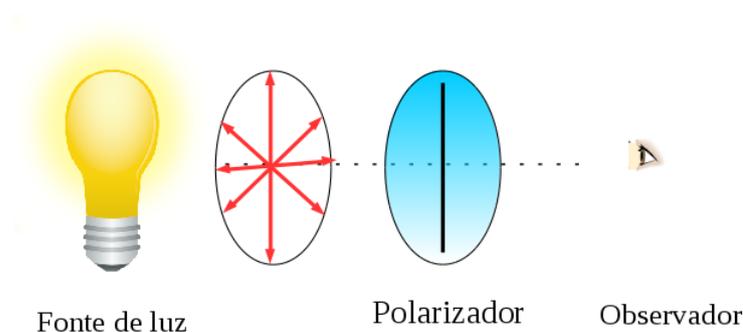
Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Responder o questionário antes do experimento

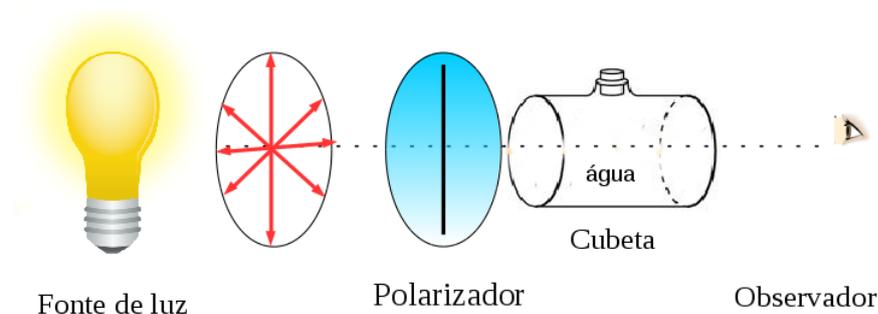
Duração: 10 minutos

1) O que podemos observar do outro lado de um polarizador quando colocamos uma fonte de luz não polarizada (uma lâmpada, por exemplo) em frente ao polarizador e rotacionamos este polarizador?



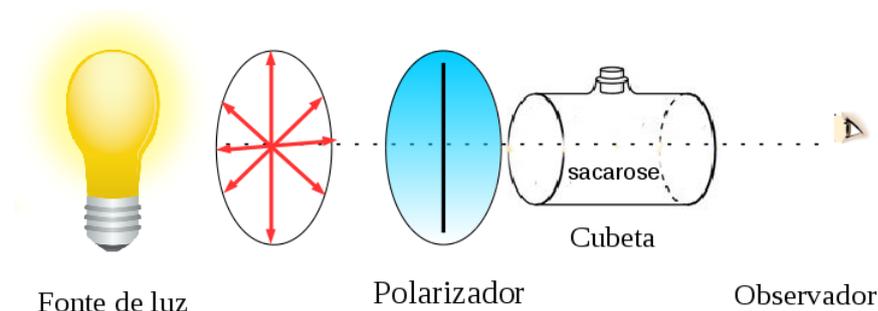
Fonte: autor.

2) O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água, alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o polarizador?



Fonte: autor.

3) O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com sacarose alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o polarizador?



Fonte: autor.

4) O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água e um analisador alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o analisador?

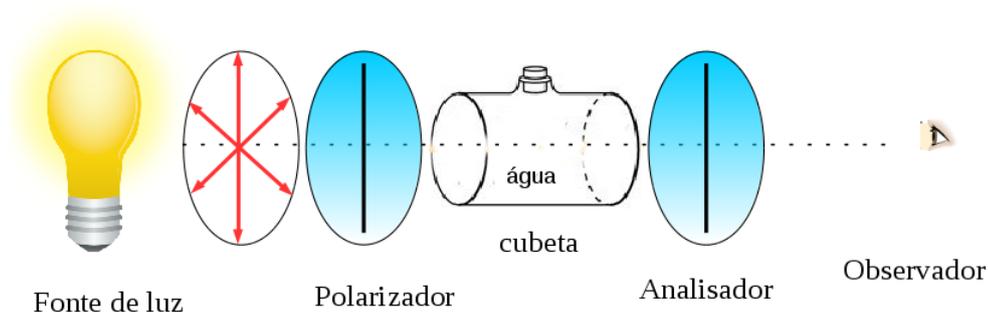
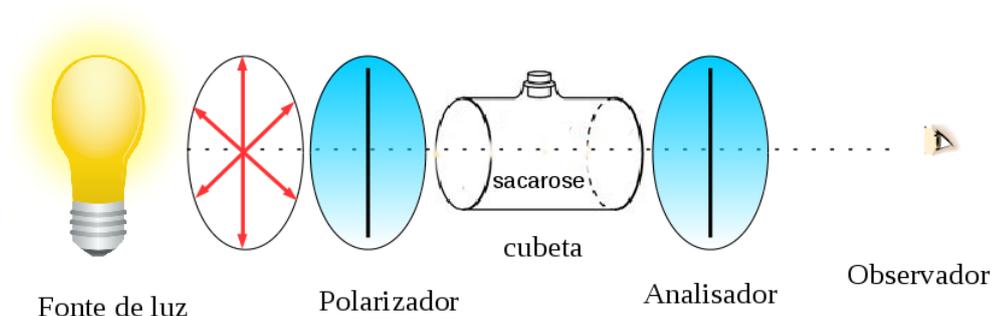


Figura B.10 – Fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água e um analisador alinhados
Fonte: autor.

5) O que podemos observar quando colocamos um a fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com sacarose e um analisador alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o analisador?



Fonte: autor.

Prática Experimental

Orientação: O professor irá chamar grupo a grupo para realizar a medição do ângulo de rotação da sacarose.

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: fazer a medição do ângulo de rotação da sacarose.

1) Medição do Ângulo de Rotação da solução de sacarose e água.

Duração: 30 minutos

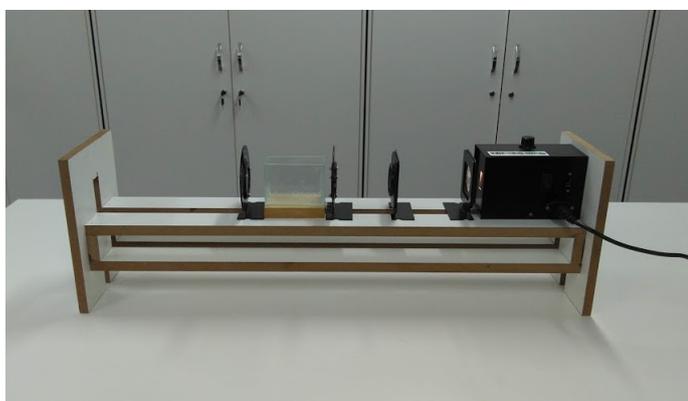


Figura B.11 – Montagem dos Equipamentos

Fonte: autor

2) Vamos juntos completar a tabela com dados obtidos durante a análise da solução de sacarose e água.

Tabela B11 – Dados da Solução de Sacarose coletados durante o experimento

Grupos	Concentrações(g/mL)	Ângulo de rotação (Graus)
1	0,40	
2	0,35	
3	0,30	
4	0,25	
5	0,20	
6	0,15	
7	0,10	
8	0,05	
9	0,0	

Questionário Investigativo 6: depois do experimento

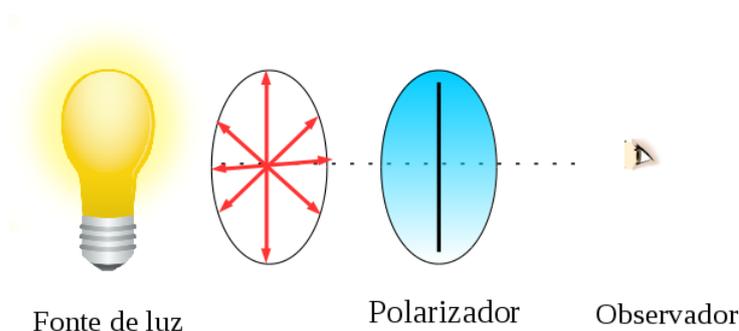
Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Responder o questionário depois do experimento

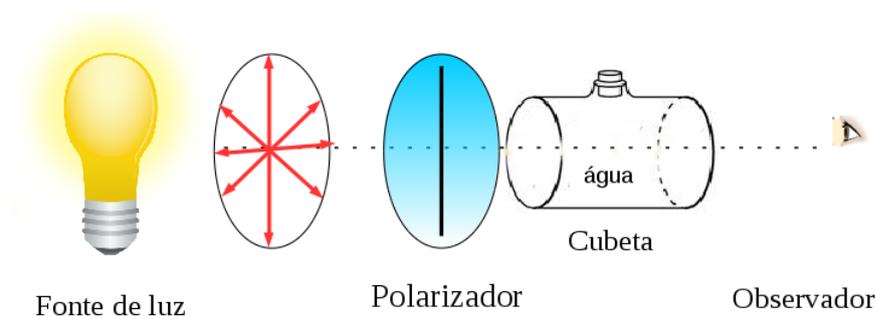
Duração: 10 minutos

1) O que podemos observar do outro lado de um polarizador quando colocamos uma fonte de luz não polarizada (uma lâmpada, por exemplo) em frente ao polarizador e rotacionamos este polarizador?



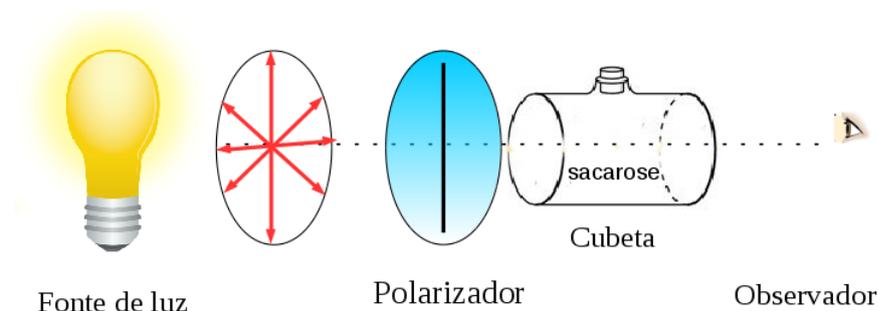
Fonte: autor.

2) O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água, alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o polarizador?



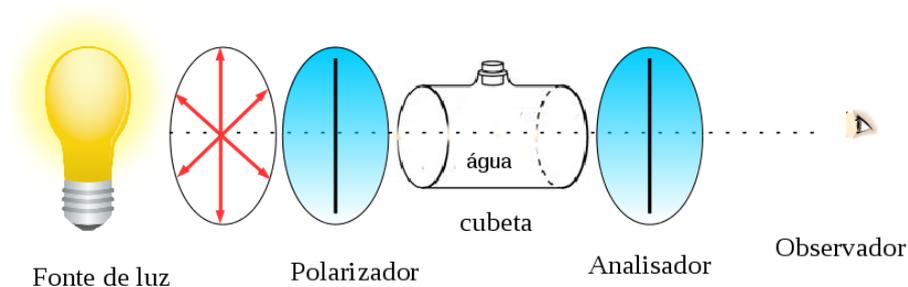
Fonte: autor.

3) O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com sacarose alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o polarizador?



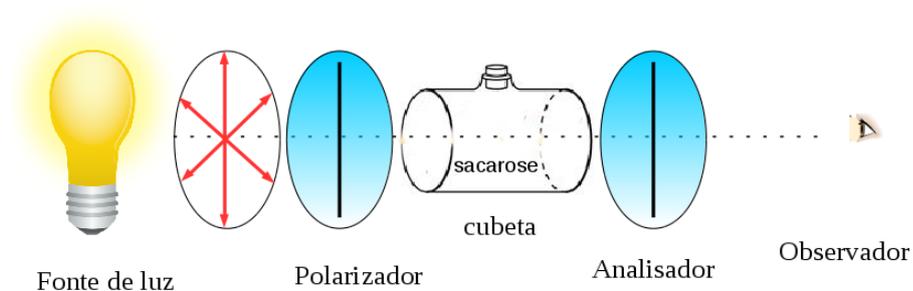
Fonte: autor.

4) O que podemos observar do outro lado quando colocamos uma fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com água e um analisador alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o analisador?



Fonte: autor.

5) O que podemos observar quando colocamos um a fonte não polarizada, um polarizador e um recipiente com sacarose e um analisador alinhados conforme figura abaixo e rotacionamos o analisador?



Fonte: autor.

Aula 7: Análise dos Dados Experimentais

Orientação: Caro aluno, vamos usar os dados coletados no experimento para construir o gráfico e fazer sua análise.

Atividade 7.1: Construindo gráfico

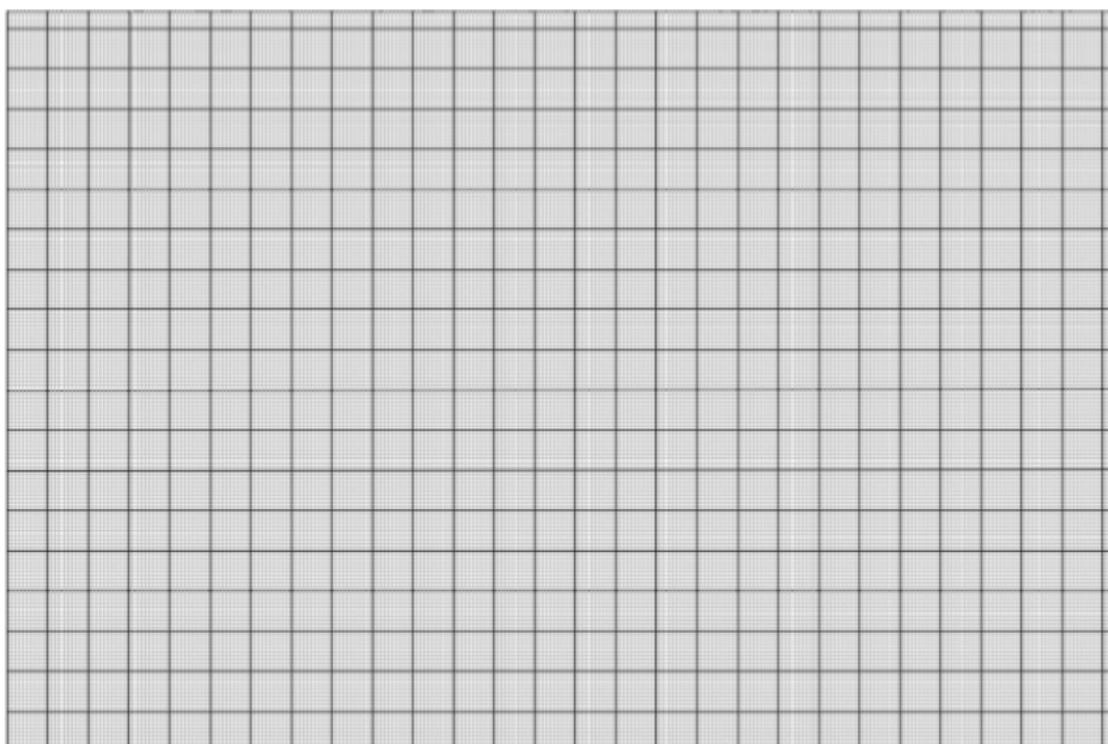
Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: construir o gráfico com os valores coletados dos ângulos de rotação de sacarose e fazer as discussões dos conceitos físicos relacionados a atividade óptica.

Duração: 25 minutos

1) A partir da tabela construída na aula anterior, façam o gráfico usando o papel milimetrado. Considere o eixo y valor do ângulo e o eixo x valor das concentrações.



Fonte: autor.

Aula 8: Simetrias de Moléculas

Orientação: Caro aluno, vamos usar os conceitos aprendidos durante as aulas passadas para analisar algumas moléculas.

Questionário da Atividade 8.1: Analise da Simetrias

Aluno(s): _____

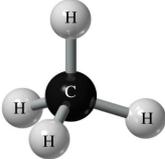
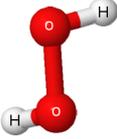
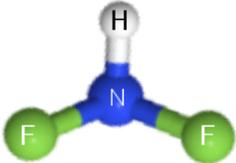
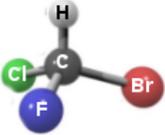
Turma: _____ Data: _____

Objetivo: Fazer com que os alunos através das operações e elementos de Simetria possam distinguir a presença de atividade óptica ou não.

Duração: 20 minutos

1) Pegue as moléculas com o seu professor e faça a análise das operações de simetria e, em seguida, analise a possibilidade da ocorrência de atividade óptica para estas moléculas.

Tabela B11 – Moléculas

Moléculas	Operações de Simetria		Atividade óptica
	Plano de Reflexão	Rotação	
			
			
			
			

Questionário da Atividade 8.2

Orientação: Caro aluno, vamos usar os conceitos aprendidos durante as aulas passadas para responder o questionário.

Aluno(s): _____

Turma: _____ Data: _____

Objetivo: verificar os conceitos aprendidos durante o desenvolvimento da SD

Duração: 30 minutos

Questão 1: responda as alternativas, abaixo:

a) Qual operação de simetria é importante para que a molécula apresente atividade óptica? Justifique?

b) Toda substância consegue girar o plano de luz polarizada? Cite um exemplo. Justifique usando a simetria.

c) Se considerarmos a molécula de água, ela pode ser considerada uma substância ativa ou inativa no processo de atividade óptica? Justifique.

d) Do ponto de vista da Química e da Física como podemos explicar a presença da atividade óptica? Justifique.

e) Você imaginava que a luz poderia revelar tantas observações com relação a propriedades dos materiais? Justifique.