

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**PAULO FERNANDO ZARATINI DE OLIVEIRA E SILVA**

**EXPERIMENTAÇÃO EM ÓPTICA NAS SÉRIES FINAIS DO ENSINO  
FUNDAMENTAL: UMA COMPREENSÃO FENOMENOLÓGICA**

**DISSERTAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2014**

**PAULO FERNANDO ZARATINI DE OLIVEIRA E SILVA**

**EXPERIMENTAÇÃO EM ÓPTICA NAS SÉRIES FINAIS DO ENSINO  
FUNDAMENTAL: UMA COMPREENSÃO FENOMENOLÓGICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia, do Programa de Pesquisa e Pós- Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Ciência, Tecnologia e Ensino.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sani de Carvalho Rutz da Silva

**PONTA GROSSA**

**2014**

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa  
n.02/15

S586 Silva, Paulo Fernando Zaratini de Oliveira e

Experimentação em óptica nas séries finais do ensino fundamental: uma  
compreensão fenomenológica. / Paulo Fernando Zaratini de Oliveira e Silva. --  
Ponta Grossa, 2015.

94 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

Co-orientadora: Profª. Drª. Sani de Carvalho Rutz da Silva

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

1. Ciências (Ensino fundamental). 2. Física - Experiências. 3. Óptica. 4.  
Fenomenologia. I. Neves, Marcos Cesar Danhoni. II. Silva, Sani de Carvalho Rutz  
da. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 507



Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus de Ponta Grossa  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Título de Dissertação Nº 81/2014

**EXPERIMENTAÇÃO EM ÓPTICA NAS SÉRIES FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL:  
UMA COMPREENSÃO FENOMENOLÓGICA**

por

**Paulo Fernando Zaratini de Oliveira e Silva**

Esta dissertação foi apresentada às **08 horas** de **23 de maio de 2014** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, com área de concentração em Ciência, Tecnologia e Ensino, linha de pesquisa em Educação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva  
(UEPG)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josie Agatha Parrilha da Silva  
(UEPG-UTFPR)

Prof. Dr. Marcos César Danhoni Neves  
(UEM-UTFPR) - **Orientador**

Visto do Coordenador:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggiato  
Silveira  
**Coordenadora do PPGECT**

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE  
REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR – CÂMPUS PONTA GROSSA

## AGRADECIMENTOS

As Forças Coulombianas, e de outras naturezas ainda desconhecidas, por me conceder a graça de poder existir.

Aos meus pais pelo incentivo aos estudos, e por acreditarem que a dedicação a Ciência é pessoalmente recompensadora.

A minha esposa Juliana Ferreira Zaratini, por me acompanhar nestes anos com muito amor, cuidado, parceria, mesmo nos momentos de ausência ou presenças excessivas.

Aos professores do programa de mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia da UTFPR, Campus de Ponta Grossa e, em especial ao Professor Marcos Cesar Danhoni Neves, em sua orientação, grande incentivador na busca pela essência e da grandiosidade que é a Fenomenologia. Às professoras Dr<sup>a</sup> Sani de Carvalho Rutz da Silva, co-orientadora, à Dr<sup>a</sup> Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira, pelo convite à escrita, à Dr<sup>a</sup>. Josie Aghata Parrilha, pela leitura e correções, à Dr<sup>a</sup>. Rita Stadler pelas norteadoras correções e sugestões.

Agradeço também, às Gestoras do Colégio Sant'Ana, Ir. Maria Alúisia Rhoden e Marli Conceição Dias, pela oportunidade de desenvolver o trabalho nas instalações do Colégio Sant'Ana. A professora, Ms. Fátima Costa, Esp. Lucio Mauro, pelo crivo na Metodologia da Pesquisa, preciosos colegas de profissão, que estiveram dispostos a colaborar nesta pesquisa. Por fim e não menos importante aos alunos da 8<sup>a</sup> série 1 turma do ano de 2014, que contribuíram em suas essências, significativas para a realização deste trabalho.

Ofereço este trabalho a meus filhos, que quando ao certo chegarem a esse mundo, poderão ver com seus próprios olhos, o quão maravilhoso ele é.

[...] dada uma regra qualquer, por fundamental e necessária que se afigure para a ciência, sempre haverá circunstância em que se torna conveniente ignorá-la. Como adotar a regra oposta. Qualquer ideia, embora antiga e absurda, é capaz de aperfeiçoar o nosso conhecimento [...] o conhecimento de hoje pode, amanhã, passar a ser visto como conto de fadas; essa é a via pela qual o mito mais insignificante pode vir a transformar-se na mais sólida peça da ciência.

(Paul Feyerabend, 1977)

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral analisar sob uma perspectiva fenomenológica, as contribuições que o emprego de atividades experimentais proporcionam para o ensino e aprendizagem em óptica. A opção metodológica foi pela pesquisa de natureza aplicada, qualitativa, exploratória e viés interpretativo. Durante o desenvolvimento, foram reconstruídos pelo autor experimentos que pudessem evidenciar os fenômenos ópticos sobre a natureza da luz, reflexão, refração e difração. O trabalho foi desenvolvido com a participação de 28 (vinte e oito) alunos regularmente matriculados nas séries finais do Ensino Fundamental em uma escola particular no Município de Ponta Grossa-Pr. Na fundamentação teórica contempla-se aspectos históricos do método experimental, inaugurado por Galileu Galilei, estendendo-se às contribuições realizadas por Isaac Newton, no tocante às atividades experimentais para o desenvolvimento da óptica. Apresentam-se também, as diferentes abordagens e enfoque, atualmente aplicados ao trabalho experimental para o ensino de Ciências, realizando uma reconceitualização do método experimental. As externalizações realizadas pelos alunos ocorreram fundamentalmente em dois momentos; antes da experimentação, evidenciando os conceitos prévios, e após a atividade experimental, por meio do discurso e mapas conceituais. Os resultados indicam que a atividade experimental para ensino de óptica, reconceitualizada a luz do construtivismo, aproxima-se de um método plural para o ensino, pois além de proporcionar uma variedade de conflitos cognitivos aos alunos, permite ao experimentador a ligação entre o mundo dos objetos reais, das linguagens simbólicas, leis e teorias com o mundo dos conceitos em óptica, favorecendo a evolução conceitual.

**Palavras-chave:** Experimentação. Ensino de Ciências. Óptica. Fenomenologia.

## ABSTRACT

This work aimed to analyze under a phenomenological perspective, the contributions that the use of experimental activities provide for teaching and learning in optics. The methodological option was by nature applied research, qualitative, exploratory and interpretive bias. During development, they were reconstructed by the author experiments that could show the optical phenomena of the nature of light, reflection, refraction and diffraction. The study was conducted with the participation of 28 (twenty eight) students enrolled in the final grades of primary education in a private school in the city of Ponta Grossa-Pr. In theoretical foundation includes up historical aspects of the experimental method, inaugurated by Galileo Galilei, extending to the contributions made by Isaac Newton, with respect to experimental activities for the development of optics. It is also present, the different approaches and focus currently applied to the experimental work for the teaching of science, performing a reconceptualization of the experimental method. The externalizations performed by students occurred mainly in two stages; before the trial, showing the previous concepts, and after the experimental activity, through discourse and conceptual maps. The results indicate that the experimental activity to optical teaching, reconceptualized the light of constructivism, approaches a plural method for teaching, as well as providing a variety of cognitive conflict students, allows the experimenter the link between the world of real objects, symbolic languages, laws and theories with the world of concepts in optics, favoring conceptual evolution.

**Keywords:** Experimentation. Science Teaching. Optics. Phenomenology.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trajetória de um projétil disparado de um canhão, de acordo com a teoria aristotélica sobre o movimento dos projéteis.....	17
Figura 2 - Trajetória de um projétil disparado de um canhão, de acordo com a abordagem Galileana sobre o movimento dos projéteis .....	18
Figura 3 - Mapa conceitual sobre conceitos básicos da Aprendizagem Significativa .....	33
Figura 4 - Atividade contendo os conceitos prévios do aluno P.L associados à Óptica.....	42
Figura 5 - Espectro Visível ao homem .....	43
Figura 6 - Modelo Mental elaborado por uma aluna de 8 série, com auxílio do programa X-Mind, após a aula introdutória de óptica.....	44
Figura 7 - Aparato Experimental de Dirck .....	45
Figura 8 - Aparato de Dirck - Reflexão parcial da Luz.....	46
Figura 9 - Aparato de Dirck, funcionando sob alta intensidade luminosa, com predominância da continuidade óptica .....	47
Figura 10 - Imagem do raio de luz incidente, raio refletido e a reta normal.....	50
Figura 11 - Materiais para montagem do caleidoscópio .....	52
Figura 12 - Vista dos espelhos que fazem ângulo de $60^{\circ}$ para formação do caleidoscópio.....	52
Figura 13 - Fixação do Tubo .....	53
Figura 14 - Caleidoscópio Dinâmico.....	53
Figura 15 - Imagens Conjugadas pelo Caleidoscópio .....	54
Figura 16 - Imagens conjugadas pelo caleidoscópio.....	54
Figura 17 - Relatório de A. C, revelando sua experiência na construção do caleidoscópio.....	55
Figura 18 - Imagem do contorno dos microrganismos presentes na água após de difração.....	57
Figura 19 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água....	58
Figura 20 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água, projeção no anteparo .....	58

Figura 21 - Recorte do modelo mental de uma Aluna Participante da Atividade.....	59
Figura 22 - Raio incidente, refratado, normal .....	60
Figura 23 - Utilização de lentes de Vidro para demonstração da Refração .....	61
Figura 24 - Linhas deformadas pelo fenômeno da Refração no dispositivo construído pelo autor.....	62
Figura 25 - Concepções e modelo mental elaborado pelo Aluno X.M, após participação na Unidade de Refração .....	63
Figura 26 - Mapas conceituais elaborado por um aluno participante da Pesquisa B. C. ....	65
Figura 27 - Desenho elaborado por um aluno participante da Pesquisa M. A. ....	66
Figura 28 - Mapa de conceitos elaborado por um aluno participante da Pesquisa M. A. ....	67
Figura 29 - Mapa de conceitos elaborado por um aluno participante da Pesquisa P. L.....	68
Figura 30 - Mapa de conceitos elaborado por um aluno participante da Pesquisa A.C .....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ordem Cronológica do desenvolvimento da óptica anterior a Isaac Newton .....	23
Quadro 2 - Atividade contendo perguntas e respostas do aluno P.L associados à atividade Aparato de Dirck. ....	48
Quadro 3 – Unidades de significados convergentes .....	74

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

DCE	Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná
LNE	Laboratório não Estruturado
MC	Mudança Conceitual
OECE	Organização para a Cooperação Econômica
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO MÉTODO EXPERIMENTAL: LEGADOS DE GALILEU GALILEI E ISAAC NEWTON E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA .....	16
2.2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL E AS ATUAIS ABORDAGENS DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	24
2.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	29
2.4 MAPAS CONCEITUAIS E O MUNDO DOS CONCEITOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	32
<b>3 MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>36</b>
3.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA E POPULAÇÃO .....	36
3.1.1 Classificação da Pesquisa .....	36
3.1.2 Construção do Instrumento de Pesquisa .....	38
3.1.3 Instrumentos de Coleta de Dados.....	40
<b>4 A APROPRIAÇÃO DO FENÔMENO NOS DISCURSOS .....</b>	<b>64</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>70</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE A - Atividade para investigação de conceitos prévios dos alunos associados à Óptica.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE B - Protocolo de Anotações após as Investigações .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE C - Carta de ApresentaçãoUNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE C - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE D - Termo de Consentimento.....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE E - Carta de Apresentação .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE F - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ineficiência e os problemas inerentes ao sistema de ensino no Brasil, especificamente no Ensino de Física, têm sido verificados ao longo de décadas, contribuindo assim para o surgimento de estudos, a fim de revelar as suas razões, seus efeitos, e promover soluções. A ascendente desmotivação dos alunos nas aulas de Física, com reflexos no respectivo aproveitamento, tem sido verificada desde as Séries Finais do Ensino Fundamental até o Ensino Superior (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Somado a esse cenário, a modalidade de ensino centrada no conteúdo exacerbado e a ausência de materiais potencialmente significativos aos alunos, têm como consequência a aprendizagem mecânica, sendo caracterizada com pouco ou nenhuma relação com os conceitos relevantes. No tocante a suas causas, há um consenso de que o ensino apenas teórico e livresco, presente em algumas escolas brasileiras, centrado na narrativa do professor e passividade do aluno, contribui diretamente para a manutenção de quadros de baixa qualidade.

Dentro dos possíveis encaminhamentos para melhoria do quadro que se apresenta no ensino e aprendizagem em Física, está a utilização das Atividades Experimentais, que segundo as Diretrizes Curriculares de Educação Básica do Estado do Paraná (DCE):

[...] a experimentação no Ensino de Física é importante metodologia de ensino, que contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, proporcionando melhor interação entre professor e estudantes, e isso propicia o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar. (PARANÁ, 2008, p. 56).

Sendo assim, ao fazer a utilização das atividades experimentais, alunos e professores compartilham um espaço com interações diretas com os fenômenos naturais, promovendo uma significativa melhora na formação dos estudantes, ampliando as interações que os alunos podem ter com o mundo dos objetos, e o das linguagens simbólicas.

Apesar das orientações contidas nos DCE, estarem disponíveis há aproximadamente 6 (seis) anos no Estado do Paraná, o uso do método experimental, como estratégia de ensino em Ciências é ainda incipiente em algumas escolas de

Ensino Fundamental, Médio e Superior, mantendo um panorama de um trabalho educativo propedêutico, ou seja, mínimo ou introdutório.

Além do amparo da Legislação, Gaspar (2003), Zômpero e Laburú (2011) Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006), argumentam que o uso de atividades experimentais tem reconhecida importância na aprendizagem significativa em Ciências, como contribuinte e estratégica, no ensino, pois promovem um número incalculável de interações sociais, minimizando as dificuldades, potencializando a aprendizagem. Embora seja consensual que a experimentação seja promotora de interações sociais no entorno das Ciências, essa possui diferentes abordagens e inúmeros contextos. (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Apesar da sua necessidade, a atividade experimental, compartilhada pelo professor não é condição única e suficiente para realização da construção da evolução conceitual com alunos. Segundo esses autores, os recursos do trabalho experimental devem ser acompanhado de uma reconceitualização à luz de uma perspectiva construtivista social da natureza da Ciência.

Gil (2010) aponta que o construtivismo pode ser concebido como uma postura que defende o papel ativo do sujeito em sua relação com o objeto de conhecimento e a construção da realidade. Assim, o conhecimento é entendido como algo que não se encontra nem nas pessoas nem fora delas, mas é construído progressivamente pelas interações estabelecidas.

No tocante a sua importância, o ensino de ciências na qual podem derivar as tecnologias, deve abranger um conjunto de competências específicas, que possibilitem ao cidadão associar os fenômenos naturais aos artefatos tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos em evolução por ela construídos. Portanto, a sua compreensão, torna-se componente importante na formação do indivíduo, enaltecendo o seu papel de contribuir para clarificar as conhecidas leis que modelam a Natureza, refutando-as, incrementando as teorias passadas, modificando, evoluindo, ou formulando outras.

Dessa forma, pensar em atividades experimentais, como método para ensino de Ciências, remete-nos a busca de encaminhamentos ou direções que oportunizem a participação plena de indivíduos na sua formação científica, contribuindo para elevar o nível de alfabetização científica dos alunos envolvidos. Neste sentido, a compreensão dos fenômenos físicos de um modo específico, tem lugar destaque nas

Ciências, uma vez que um número incalculável de tecnologias também originam dela, e ocasionam inúmeras interferências sociais. (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

Neste trabalho apresenta-se o emprego do método experimental para o ensino de óptica, com diferentes abordagens. Refaz-se, uma reconceitualização da atividade experimental, como método, apoiado nos fundamentos da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, enaltecendo-a, como material potencialmente significativo para aprendizagem em ciências.

Investiga-se o ensino e aprendizagem de óptica, na tentativa de obter uma compreensão fenomenológica no tocante a ensinar e aprender óptica nas Séries Finais no Ensino Fundamental por meio de atividades experimentais.

Diante do que foi apresentado, a presente pesquisa, preocupa-se em buscar respostas fundamentadas ao seguinte problema:

Que contribuições às atividades experimentais para o Ensino de óptica, corroboram para mudança conceitual de alunos da 8ª Série dos anos Finais do Ensino Fundamental?

A fim de analisar, as possíveis contribuições estruturou-se a presente pesquisa, dirigida a atender os seguintes objetivos específicos:

Buscar na literatura os fundamentos históricos da atividade experimental procurando evidenciar o incremento epistemológico de físicos contribuintes no desenvolvimento das Ciências, tais como: Galileu Galilei, Isaac Newton, entre outros; aplicar uma sequência com 5 (cinco) experimentos de óptica física, fundamentada em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), para alunos de 8ª Série das séries finais do ensino Fundamental; analisar a reestruturação ou mudanças conceituais dos alunos numa perspectiva fenomenológica, ou seja, desvelar a essência, evidenciando o fenômeno de apreender os fundamentos da óptica por meio de atividades experimentais.

Por final, desenvolver um caderno pedagógico para os professores de Ciências da 8ª Série das séries finais do ensino fundamental, versando sobre o desenvolvimento das atividades que foram utilizadas neste trabalho.



## 1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para contemplar o objetivo da pesquisa, além da breve introdução, esta dissertação contém 5 (cinco) capítulos. Nas páginas do primeiro, encontra-se o referencial teórico, contemplando aspectos históricos do Método Experimental, iniciado por Galileu Galilei no século XV e as contribuições de Isaac Newton (1645), dentre outros filósofos, no desenvolvimento da óptica. Utilizam-se, como apoio, elementos sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa, para oferecer suporte à reestruturação e mudança conceitual.

No segundo Capítulo são descritos os materiais e método para coleta e análise de resultados.

No terceiro Capítulo é descrita uma sequência com 5 (cinco) Experimentos para o ensino de Óptica, por meio de uma unidade de ensino potencialmente significativa.

No quarto capítulo apresenta-se a análise dos relatos elaborados pelos sujeitos da pesquisa, sob uma perspectiva fenomenológica.

No quinto capítulo estão as considerações finais, compreendendo em uma discussão sobre as implicações dos resultados obtidos para o ensino de ciências para trabalho futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO MÉTODO EXPERIMENTAL: LEGADOS DE GALILEU GALILEI E ISAAC NEWTON E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo são apresentados sob um ponto de vista histórico fatos que contribuíram para o desenvolvimento do Método Experimental na Física. Tal desenvolvimento, foi devido a contribuição de filósofos, físicos-matemáticos, dentre muitos, Galileu Galilei, pioneiro da experimentação (1564-1642) e Isaac Newton (1642-1727), que se propuseram a explicar as propriedades da luz não por hipóteses, mas sugerí-las por meio de raciocínio e por experiências.

Historicamente o denominado Método Experimental remonta uma história de mais de 400 anos, formalizada, por assim dizer, pelos trabalhos do físico pisano Galileu Galilei, na Itália. A partir das contribuições de Galileu, aliado ao método cartesiano e baconiano, novos métodos surgiram no sentido de superar a cegueira causada pelo próprio empirismo, além dos extravios do puro racionalismo, e que acabariam reformulando novas ideias na história do pensamento científico.

Influenciado pelas obras de Euclides e de Aristotéles, Galileu deixou a área médica e interessou-se pelas ciências matemáticas. De 1592 a 1632, desenvolveu estudos envolvendo a descrição geométrica dos movimentos, detalhando suas descobertas telescópicas no seu *Sidereus Nuncius*, revolucionando a Física e a Astronomia e destronando o sistema aristotélico-tomista como descrição do mundo físico. (RESQUETTI; NEVES, 2011).

Nos primeiros documentos de Galileu, nota-se forte influência da Física desenvolvida no *Medioevo*<sup>1</sup> sobre os trabalhos do físico pisano, especialmente relativos ao movimento dos corpos, e, a princípio de forma teórica, sem ainda a presença predominante da atividade experimental. Segundo os mesmos autores, até 1604 por influência de Nicollò Tartaglia, Galileu acreditava que a velocidade dos corpos em queda era proporcional à distância percorrida; Tartaglia, não acreditava em movimentos mistos, ou seja, com dois componentes de velocidade. Este defendia que

---

<sup>1</sup> Medioevo "Idade Média" termo que aparece pela primeira vez no século XV.

a velocidade de um corpo, durante o movimento natural de descida, aumentava em função do espaço percorrido e não de uma suposta aceleração.

Embora Tartaglia tenha se equivocado com relação as afirmações anteriores, ele foi o primeiro a submeter a ciência do lançamento de projéteis a um rigor matemático. (KOYRÉ, 1982).

Com a obra **Discursos e Demonstrações Matemáticas acerca de duas Novas Ciências** (1638), uma de suas obras mais importantes, Galileu Galilei, apresenta sob outro viés a Mecânica, em um diálogo rico realizado entre três interlocutores: *Salviati*, o próprio o Galileu sábio experimentador; *Sagredo*, o homem prático, de mente progressiva e sem raízes ou crenças, e *Simplicio*, apresentador de um ponto de vista aristotélico de professor dogmático, que defende velhas teorias, procurando a todo custo, fundir as teorias reformuladas com as teorias de Aristóteles. Nesta obra, Galileu conduz o diálogo para que a explicação dos fenômenos observáveis em mecânica não possa ser totalmente caracterizada por meio de uma abordagem qualitativa, teórica e imaginária.

Galileu revela em seu diálogo, que não basta observar o mundo a nossa volta para a compreensão dos fenômenos físicos, pois as observações qualitativas como as realizadas por Aristóteles, não foram suficientes para teorização ou construção de leis coerentes, em especial sobre os movimentos dos corpos. (RESQUETTI; NEVES, 2011). As Figuras 1 e 2 apresentam respectivamente a visão Aristotélica e Galileiana a respeito do lançamento de projéteis.

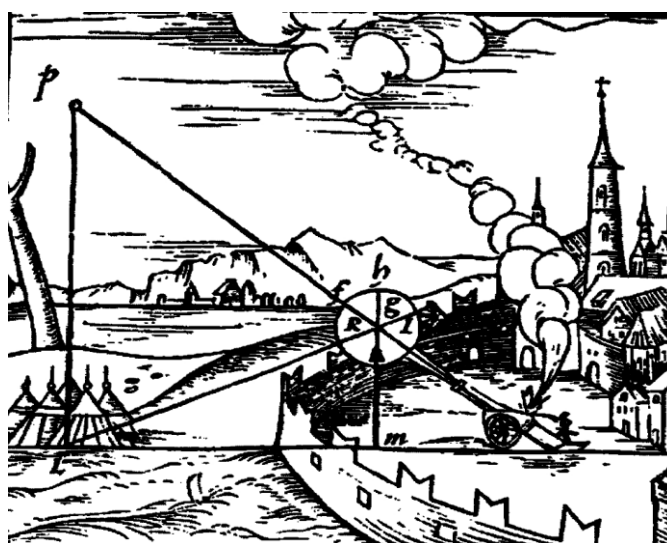
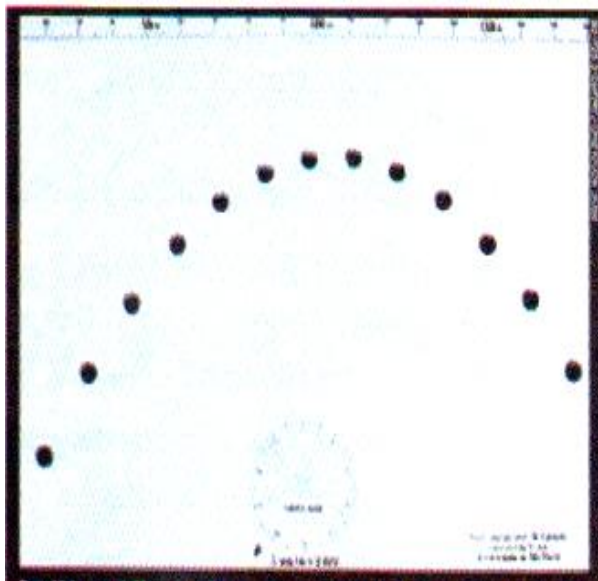


Figura 1 - Trajetória de um projétil disparado de um canhão, de acordo com a teoria aristotélica sobre o movimento dos projéteis  
Fonte: Resquetti e Neves (2011, p.25)



**Figura 2 - Trajetória de um projétil disparado de um canhão, de acordo com a abordagem Galileana sobre o movimento dos projéteis**  
**Fonte: Resquetti e Neves (2011, p.145)**

A argumentação realizada por Galileu é bastante convincente ao discutir a independência entre a velocidade e o peso dos corpos, algo que era adotado como verdade, na Física aristotélica. Usando o diálogo entre os três oradores, *Salviati*, o próprio o Galileu, propõe um experimento para mostrar que corpos mais pesados não caem com maior velocidade do que os mais leves.

Para provar sua teoria, Galileu propõe um experimento com a queda de dois objetos com massas diferentes, o mais pesado denominado corpo A, que, de acordo com Aristóteles, seria mais rápido. O corpo B, mais leve e teoricamente mais lento.

Para refutar a lógica Aristotélica, Galileu sugere a união dos dois corpos A e B, e argumenta que se for seguida a teoria aristotélica, o mais lento retardaria o mais rápido e o mais rápido causaria um aumento da velocidade do mais lento. Assim, e de acordo com a teoria defendida por Aristóteles, a velocidade resultante dos corpos unidos seria intermediária. Contudo, Galileu argumenta que a união dos dois corpos, resultaria em um corpo obviamente mais pesado, o que de acordo com o ponto de vista aristotélico, os corpos teriam a velocidade aumentada, gerando uma grande inconsistência.

Galileu realizou outros experimentos, analisando a queda dos corpos dotados de diferentes massas em diferentes fluidos de densidades variáveis tais como: com a água doce, água salgada, vinho e ar.

Essa reunião de experimentos possibilitou a conclusão que, independente do meio e forma dos corpos, uma pena ou uma massa de chumbo, por exemplo, se soltas

ao mesmo tempo, no vácuo, com mesma velocidade inicial, também experimentarão o mesmo tempo de queda.

Em comprovação a que Galileu já havia previsto Robert Boyle constrói três décadas depois, uma bomba de vácuo, dispositivo que possibilita a realização de experimentos sem a presença do ar, reafirmando que a teoria sobre o movimento dos corpos em queda de Galileu, estava correta.

Ainda sobre a obra de Galileu, Resquetti e Neves (2011) ressaltam que o esquema Galileano foi de tamanha importância, pois, parece inaugurar a ciência esquecendo-se de dois mil anos que precederam Galileo Galilei, especialmente, na grande física Aristotélica.

Caruso e Araújo (1998) destacam outro aspecto fundamental do método científico de Galileu, evidenciado pelo valor epistemológico atribuído à experimentação que, ao contrário da contemplação e da argumentação racional, seria o caminho da verdade.

Verifica-se que o método experimental empregado na época por Galileu não tinha objetivo instrucional, mas como prova experimental para refutação de uma teoria, a qual ele não concordava.

De um ponto de vista pedagógico, ponto de vista na qual há uma significativa função psicológica, Bachelard (2000) argumenta que o aluno compreenderá melhor o valor da noção galileiana seja sobre a queda dos corpos, se o professor, mediador, souber expor a forma aristotélica de explicar a velocidade de queda de um corpo, comparando-a com a forma descrita por Galileu. Nesta comparação realizada pelo professor, há incremento psicológico, indiretamente, realizado pelas contribuições Aristotélicas e de Galileu.

Concomitante ao desenvolvimento dos métodos de investigação experimentais, a óptica, caracterizada como um dos campos em desenvolvimento da Física, também sofreu inúmeras modificações até a compreensão que se tem até hoje. Alguns autores, como os que serão aqui citados, realizaram divulgações de seus trabalhos em períodos muito próximos. Isaac Newton, um dos maiores estudiosos da óptica física, no período intitulado pelo mesmo como *Annus Mirabilis*<sup>2</sup> (1664 a 1666), realizou inúmeros experimentos para o desenvolvimento da óptica, sendo o primeiro a realizar a decomposição espectral com a luz branca.

---

<sup>2</sup> Referência ao período que Isaac Newton realizou sua maior produção intelectual.

Em seus trabalhos, consta que:

[...] tendo escurecido meu quarto e feito um pequeno orifício na folha da janela a fim de deixar entrar uma quantidade conveniente da luz solar, coloquei meu prisma no orifício de modo que a luz pudesse ser refratada, por esse processo, para a parede oposta. No começo foi uma diversão muito agradável ver as cores vivas e intensas produzidas por aquele processo, mas depois de me aplicar por um momento e a considerá-las com mais cuidado, fiquei surpreso que tinha forma oblonga, que, de acordo com as leis recebidas da refração, eu esperava que fossem circulares [...] as cores não são qualificações da luz, derivadas das refrações ou reflexões dos corpos naturais. (ASSIS, 1996, p.17).

Nota-se neste pequeno trecho de sua obra sobre a decomposição da luz, a naturalidade da observação do fenômeno físico presente em sua atividade experimental, como método para construção da teoria, ainda, distante, em fase de formulação.

A teoria de Newton sobre a luz e cores, presente na Obra Óptica exerceu grande influência sobre os estudos de óptica desenvolvida no século XVIII na Grã-Bretanha e Europa. O volume I e as questões presentes no livro III foram às partes da obra que inquietaram inúmeros pesquisadores deste período.

De acordo com seus axiomas, Newton descreve a decomposição da luz e afirma que as cores não são qualidades da luz, derivadas das refrações ou reflexões oriundas dos corpos, mas propriedades originais e inatas que diferem em raios diferentes. (ASSIS, 1996).

Em seus relatos, Newton ainda acrescenta que alguns raios de luz tendem a apresentar uma cor vermelha e nenhuma outra, isto é, possuem o que hoje conceituamos de frequência. A espécie de cor, e o grau de refringência específico de cada cor não são alterados por fenômenos de reflexão e refração, nem qualquer outro fenômeno já observado.

Essas descrições, comprovadas experimentalmente e aceitas pela comunidade científica, foram escritas em seu primeiro trabalho publicado no início de seus vinte e nove anos, em meados de 1672, demonstrando claramente como Newton fez uma das suas maiores descobertas sobre a ótica: o padrão de comportamento das cores.

Não há um consenso da data exata em que Newton decompôs a luz, contudo há uma convergência de pensamentos de que este filósofo tenha utilizado uma

atividade experimental simples, usando o prisma, obtendo uma faixa bicolor em 1664 e mais tarde em 1666, obteve o espectro colorido fazendo a luz do sol refratar e ser decomposta pelo prisma.

Na obra *Óptica I*, Newton apresenta uma série de experimentos detalhados sobre a decomposição da luz, e reforça um ideal empirista<sup>3</sup> sobre a construção do conhecimento científico comum na época. (ASSIS, 1996).

Hoje sabemos que tanto a óptica Newtoniana quanto a Mecânica de Galileu não foram construída apenas por experimentos, isso é uma impossibilidade. Os experimentos foram projetados em sua maior parte para provar hipóteses previamente estabelecidas, contudo, a presença do método experimental para modelagem controlada de um fenômeno, prova de uma teoria ou refutação de outra, teve presença marcante na construção das Ciências.

Antecedente a publicação da obra *Óptica*, esse ramo da Física recebeu a contribuição de inúmeros filósofos, físicos, matemáticos, sendo destacados em uma ordem cronológica, que aqui se apresenta:

ANO/PERÍODO	AUTOR	TÍTULO DA OBRA	CONTRIBUIÇÃO
1604	Johannes Kepler	<i>Ad Vitellonum Paralipomena</i>	Afirma que a concentração de luz decresce com o quadrado da distância da fonte. Apresenta uma lei da Refração aprimorada em relação à ideia que o ângulo de incidência é proporcional ao ângulo de refração. Descreve também a lei de reflexão total.
1611	Johannes Kepler	<i>Dioptrice</i>	O autor estabelece os princípios fundamentais da Dióptrica- Estudo da Refração e comportamento das lentes onde na qual explica com boa aproximação o comportamento de telescópios refratores.
1611	Antonius de Dominis	<i>De Radiis Visus et Lucis</i>	Descreve experiências sobre a incidência de luz numa esfera de vidro cheio de água e apresenta uma primeira explicação sobre o arco-íris
1621 a 1625	Snell		Enuncia a lei correta da refração: Seno do ângulo incidente é igual ao seno do ângulo de refração, para um mesmo par de meios.

<sup>3</sup> Propõe que a obtenção de conhecimento é realizada por meio da experimentação e recusa o conhecimento obtido por meio da intuição mística, transcendental ou apenas pela razão.

1637-1638	Descartes	<i>Discours de la Méthode La Dioptrique, Les Méteores e La Géométrie</i>	Enuncia a Lei da Refração, mas não realiza menção a Snell.
1648	Marcus Marci	<i>Thaumantias: Liber de arcu coelesti deque colorum apparentium natura, ortu, et causis</i> (Iris: O Livro do arco e as cores celestiais aparente natureza, origem e causas)	Descreve experimentos com prismas.
1661	Pierre Fermat	<i>Lei do mínimo tempo na Refração</i>	A trajetória percorrida pela luz ao se propagar de um ponto a outro é tal que o tempo gasto em percorrê-la é um mínimo.
1663	James Gregory	<i>Optica Promota</i>	Telescópio refrator
1664	Robert Boyle	<i>Experiments e Considerations Touching Coulours</i>	Experimentos com prismas
1665	Grimaldi	<i>Physico-Mathesis de Lumine Coloribus et Irede</i> (A Física matemática das cores claras e do arco-íris)	Descreve como descobriu a difração da Luz.
1665	Robert Hooke	<i>Micrographia</i>	Descreve observações vistas no microscópio, descreve o fenômeno de difração da Luz, além de apresentar “as cores de laminas finas” (conhecidos mais tarde como Anéis de Newton).
1667-1668	Issac Barrow	<i>Ministrou aulas de Optica em Cambridge, antecessor de Isaac Newton</i>	Combinou trabalhos de Descartes, Wallis e Gregory no cálculo. Aplicou geometria para o aprimoramento da óptica.
1669	Erasmus Bartholin	<i>Dupla Refração</i>	Contribuiu para entendimento do fenômeno da Dupla Refração. Seus estudos foram usados



			mais tarde para o detalhamento do fenômeno da Polarização.
1676	Ole Christensen Rømer	<i>Medida da velocidade da luz</i>	Confirma o que Galileu já havia comprovado; a luz não possui velocidade infinita e estima pela primeira vez sua velocidade.
1690	Christiaan Huygens	<i>Tratado sobre a Luz</i>	Descreve um modelo da luz que consiste em pulsos propagados num meio, além de apresentar experiências novas e importantes sobre a dupla refração.

**Quadro 1 - Ordem Cronológica do desenvolvimento da óptica anterior a Isaac Newton**  
**Fonte: Adaptado de Assis (1996)**

Segundo Assis (1996), é certo que Newton conheceu e estudou no período de 1664-65 os trabalhos brevemente descritos acima. Embora sua maior influência fosse oriunda dos trabalhos de René Descartes, mesmo que, futuramente Newton tenha discordado de alguns, esses trabalhos foram um ponto de partida para a contribuição sumária no desenvolvimento da óptica que Isaac Newton realizou.

Newton defendia as infinitas cores, em que cada uma apresentava um índice de refração diferente que não podia ser modificada pela reflexão ou refração, algo que hoje também se comprova experimentalmente.

Em 1666 realiza a decomposição das cores, mas só publica seu trabalho em 1672. No ano de 1668 inventa o telescópio refrator que evita o problema da aberração cromática. Talvez pelas críticas que recebera, Newton tenha sido tão relutante em publicar seus trabalhos imediatamente após finalizá-los, uma vez que *Óptica* só foi publicado em 1704, um ano após a morte de Robert Hooke. (ASSIS, 1996).

Embora tenham sido realizadas três edições dessa obra, esta teve sua última edição corrigida por ele mesmo, mas publicada após a sua morte em 1721. Em seus ensaios Isaac Newton raramente segue uma estrutura rigorosa em matemática. Esta estrutura segue em maior parte por demonstrações experimentais seguidos pelos relatos do próprio Newton.

Nos livros II e III, o que se apresenta são as observações relativas aos fenômenos que ele observava e relatou-as de forma simples, mas sempre permeada de forma interrogativa.

Essa maneira de escrever de Newton possibilitou aos estudiosos de suas obras pudessem conhecerem suas crenças, convicções e o desenvolvimento de seu raciocínio. Em seu legado, Newton deixou uma coletânea de axiomas, leis, teorias e

diversos experimentos, que ainda hoje vêm influenciando professores de Física que utilizam de trabalhos experimentais com diferentes abordagens e enfoque para o ensino. (ASSIS,1996).

Hoje, 400 anos mais tarde, parece pertinente afirmar que o mesmo método utilizado por Galileu e Newton para evidenciar um fenômeno ou provar uma teoria, seja destinado a instruir, colocando o professor como responsável para assumir a atividade experimental com outros enfoques e diferentes abordagens.

Sem a pretensão de apontar as falhas nos métodos livrescos presentes no Ensino de Física, percebe-se, que muitas concepções errôneas ainda permanecem ancoradas na mente dos estudantes, e poderiam, no entanto, ser modificadas por resultados experimentais simples.

Não se trata da defesa de apenas um método, nem do julgamento de outro, mas a Física, reduzida a matematização excessiva, sem história, memória, questionamentos e experimentações, acaba exilando as possibilidades dos alunos em serem convidados a realizarem sua interpretação.

## 2.2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL E AS ATUAIS ABORDAGENS DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

No Brasil o Ensino de Física teve seu início no período colonial com a participação dos Jesuítas que atuavam no ensino secundário e superior. Mais tarde, durante o Império, a disciplina era apresentada no 5º ano do ensino intitulado secundário, sendo que 20% da carga horária total era destinada à matemática e à Física. Com a constituição de 1934, a carga horária dessas disciplinas aumentaram e alcançam o nível de 28%, e, após a revolução de 1930, chega a um terço da carga horária total, ou seja, 33,3%. (BEZERRA; GOMES; SOUZA, 2009).

Com a adoção da Lei de Diretrizes e Bases nº 4024/61 as aulas de Ciências eram ministradas apenas nas duas últimas séries do antigo curso ginasial. Passada uma década, com a LDB 5.692/71, essas aulas passam a ser obrigatórias nas 8 (oito) séries iniciais do ensino fundamental, priorizando apenas uma base conceitual.

Neste período, o conhecimento científico era tomado como neutro e não se colocava em questão a verdade científica nem as metodologias adotadas ou empregos de teorias de aprendizagem, que pudessem melhorar o ensino.

Com o advento dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), o objetivo do Ensino de Ciências da Natureza passou a ser de oportunizar condições para o aluno participar da alfabetização científica (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001) dando espaço para que o ensino de Ciências, e os impactos das tecnologias fossem questionados.

Neste contexto, a atividade experimental em física, tem sido tema de inúmeras discussões por diversos pesquisadores. Partes dessas pesquisas são direcionadas para as diferentes abordagens e enfoques que podem ser adotadas nas salas de aula ou em laboratórios não estruturados.

De acordo com (LAZAROWITZ; TAMIR,1994) a atividade experimental é a atividade desenvolvida num ambiente criado para este fim, envolvendo os alunos em experiências de aprendizagem planejadas, interagindo com materiais para observar e compreender os fenômenos naturais.

Gaspar (2003) também salienta que a atividade experimental para o ensino de ciências detém inúmeras vantagens se comparado ao ensino centrado apenas no livro. Nesta direção, o mesmo autor defende que durante a atividade experimental: os sujeitos envolvidos estarão discutindo as mesmas ideias e buscarão respostas as mesmas questões, além de que, simples observações podem dar origem a novas perguntas; a atividade teórica deve ser apresentada por meio de enunciados verbais, cujo entendimento nem sempre é simples ou óbvio, mesmo para os agentes mais capazes como professores.

Vygotsky (1988) sugere a atividade experimental para o ensino de ciências, como meio de promoção de incalculável quantidade de interações sociais, em um espaço educativo. Em contraponto, o enunciado teórico, limita-se às condições iniciais e condições de contorno, de um problema ou situação.

Assim, para que seja alcançada a resposta esperada pela condição inicial, suprime-se, ou transformam-se muitas vezes as variáveis, em constantes. Pode-se facilmente verificar esse fato, observando uma variedade de livros de ciências ou física, que assumem ou aproximam a aceleração da gravidade ao valor  $10\text{m/s}^2$  (dez metros por segundo ao quadrado), valor ainda não encontrado na superfície do nosso planeta, que tem em média de  $9,80\text{m/s}^2$ . Tais aproximações, por menores que sejam, podem induzir o erro, fazendo que alunos se debrucem na resolução de cálculos, ou na busca de resultados que nunca de fato ocorrerão.

Em uma atividade experimental as condições ambientais no local podem interferir no procedimento; num livro didático, as situações que são apresentadas nos enunciados aparecem como condições ideais, algo totalmente, abstrato, imaginável, e praticamente impossível em ocorrer realmente em nossa natureza.

O experimento, em si, independente de sua abordagem, possui como premissas reproduzir de indiretamente o que de fato ocorre na natureza, logo não há experimento errado, ou que não tenha dado certo, estes evidenciam os resultados ou fenômenos de acordo com as condições em que tenham sido experimentados.

De um ponto de vista pedagógico, além dos argumentos desenvolvidos, acrescenta-se que os resultados de uma atividade experimental, dificilmente são conhecidos pelos alunos, permitindo ao professor verificar suas opiniões sobre os conceitos em foco.

Hodson (2000) aponta a importância da atividade experimental, listando algumas razões para iniciar os alunos neste método: motivação, pois a atividade estimula o prazer da investigação; a prática em treinar as destrezas laboratoriais; ênfase na aprendizagem do conhecimento científico, a percepção do método científico adquirindo perícia na sua utilização e ainda, desenvolver certas atitudes científicas como abertura de espírito científico e objetividade.

Araújo e Abib (2003) após uma revisão extensa de aspectos predominantes nas atividades Experimentais no Brasil de 1992 a 2001, destacam que os trabalhos publicados neste período, se dividiram fundamentalmente em 5 (cinco) enfoques experimentais, dentre eles: a ênfase matemática ou seja, o emprego da matematização dos conceitos físicos e a utilização do formalismo matemático; o grau de direcionamento por meio das atividades demonstrativas, observacionais ou de investigação; o uso de novas tecnologias com a utilização de ferramentas computacionais ou de simulação; o cotidiano, verificando-se neste caso, a associação típicas de fenômenos físicos com práticas experimentais; na montagem de equipamentos, abordando detalhadamente as bases teóricas para a confecção do equipamento.

A abordagem mais frequente encontrada nesta revisão, direciona para a ênfase experimental utilizada para demonstração de verificação de uma lei Física. Essa abordagem permite que professores e alunos possam conectar aspectos conceituais dos fenômenos físicos que se apresentam no cotidiano discente, reduzindo o grau de abstração presente na teoria.

A característica predominante dessas atividades demonstrativas é a possibilidade de ilustrar aspectos dos fenômenos físicos focados, tornando-os de alguma forma perceptíveis ao aluno. Nesta atuação, pode propiciar aos alunos a elaboração de representações concretas acerca dos fenômenos físicos. (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Os mesmos autores enfatizam que atividades demonstrativas podem ser abertas, permitindo que os alunos tornem-se protagonistas da experimentação, tornando as aulas mais participativas, interessantes e motivadoras, e conseqüentemente favorecendo a aprendizagem significativa de conceitos.

O uso de atividades demonstrativas também é defendido como método de formação de docentes, de forma a preparar o professor para práticas docentes mais seguras e potencialmente significativas, distinguindo a matemática da física e a ênfase nos aspectos conceituais.

Aspectos históricos relacionados à experimentação podem ser frutíferos uma vez que na construção dos fundamentos teóricos sobre determinado fenômeno natural, filósofos ou cientistas atuais, apresentaram os mesmo obstáculos cognitivos que os alunos, pois o objetivo da atividade também é construção de conceitos e significados científicos.

Séré, Coelho e Nunes (2003) defendem que a experimentação demonstrativa ou de verificação de uma lei, poder ser concebida como um método clássico, na qual o aluno aprende a se servir de um método, a manipular uma lei e inclusive, verificar sua validade. Nessa direção, esses autores apontam que por meio da Atividade Experimental:

[...] o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as Atividades Experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. O aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p.39).

Embora haja extrema relevância para o ensino de Ciências, a atividade experimental detém um enfoque diferenciado das abordagens utilizadas por Galileu e Newton. Pois, nas salas de aula ou em laboratórios não estruturados (LNE), há uma necessidade do método experimental ser reconceitualizado à luz do construtivismo. (SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006).

Usando o modelo construtivista, esse mesmos autores, defendem que a Atividade Experimental pode constituir um banco de provas que permitam que os alunos avaliem seus modelos de entendimento favorecendo a aprendizagem. Sendo assim com a atividade experimental deve haver um direcionamento das potencialidades do método para que os alunos apresentem uma postura de construção de seu próprio conhecimento, favorecendo confronto entre os conhecimentos já formulados pelos alunos e os novos conceitos.

Esse direcionamento pode criar um ambiente em que os mesmos tenham condição realizar novas construções conceituais, reconstruções e possíveis generalizações. (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Assim observa-se um reconhecimento das vantagens no ensino por investigação, direcionando os aspectos positivos para o método experimental, desde que não seja trabalhada de uma forma rotineira e redutora.

Nesta concepção, há uma necessidade de escolha por parte do professor do que se pretende com relação à atividade experimental, caso contrário à atividade pode ser caracterizada como entretenimento ou ainda com pouco significado para os alunos, ocasionando uma retenção temporária de conceitos, sem significado.

Para que esses objetivos sejam alcançados é importante que o professor inicialmente investigue os conhecimentos prévios dos alunos e, aos poucos, realize uma variação do método direcionando-os para atividades investigativas.

Portanto, neste contexto educacional, a experimentação exige a adoção de uma relação pedagógica dialógica entre professores e alunos no entorno dos conceitos físicos, cabendo ao professor determinar que conceitos pretende compartilhar com eles.

Concebe-se, portanto, que por meio da atividade experimental pode criar-se um espaço para estabelecer conflitos cognitivos nos alunos, relacionando os conceitos prévios, oriundos de suas interações sociais anteriores e opô-los quando o desenvolvimento da atividade experimental ocorre, fato que pode ocasionar em uma aprendizagem com significado para o aprendiz.

## 2.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Segundo Ausubel (1982) o processo de aprendizagem efetivamente ocorre somente quando novos conceitos, ideias, proposições, assumem significados relevantes para o aprendiz, ou seja, quando o novo conhecimento é ancorado na estrutura cognitiva do aprendiz, e se funde com um conhecimento prévio, que foi fruto de interações sociais anteriores.

[...] o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito (AUSUBEL 1982, p. 58).

De acordo com o autor, o novo conceito, se modificado, possibilita novas associações e gera uma autonomia para o aprender, caracterizando-o, então como uma aprendizagem mais duradoura, e em constante progresso.

A teoria da Aprendizagem Significativa desenvolvida por Ausubel, Novak e Hanesian (1980), tem bases cognitivas, numa tendência construtivista. Essa aprendizagem pode ser definida por uma aprendizagem onde novos conceitos, novas ideias, informações, proposições relacionam-se não arbitrariamente com conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva de um indivíduo.

Para que a aprendizagem se efetive, é necessário que o aprendiz tenha predisposição para aprender. Não se trata de motivação, embora isso seja importante. O esforço deliberado ou predisposição está relacionado ao fato do aprendiz querer relacionar os conceitos que já se encontram em sua estrutura cognitiva com os novos que estão sendo apresentados. (AUSUBEL, 1982).

Caso contrário, o novo conceito assimilado recairá de forma subjetiva, arbitrária, mecânica, o que possibilita menor retenção, ocasionando na maioria das vezes em uma aprendizagem mecânica, isto é, uma aprendizagem temporária, com pouca assimilação, e maiores chances de ser esquecida.

O mesmo autor acrescenta que o conhecimento relevante para uma nova aprendizagem é imprescindível neste processo de assimilação. Esse conhecimento, em particular no ensino de ciências pode ser um conceito, uma proposição, uma imagem, um modelo mental, é denominado subsunçor ou ideia-âncora. Entre outras

palavras, subsunção é o nome que se dá ao conhecimento específico existente na estrutura cognitiva de cada um, que permite após interação com outros conceitos relevantes, ser modificado, tornando mais rico, mais elaborado, podendo facilitar a aprendizagens de outros conhecimentos.

Essa maneira de aprender significativamente é chamada de aprendizagem significativa superordenada. Nesta direção verifica-se que é na interação sócio-cultural que o sujeito, aos poucos, vai incorporando as experiências e as significações socialmente construídas (VYGOTSKY,1988).

Sendo assim, observa-se que para alcançar a aprendizagem significativa há necessidade do vínculo entre professor, materiais educativos e aprendiz, compreendendo um evento de interação caracterizado pelo compartilhamento de significados. (MOREIRA, 1999).

Esse processo de compartilhamento e negociação de significados em Ciências, requer reciprocidade e responsabilidades distintas. O professor deve ser cuidadoso com a linguagem científica que comunica ao aluno sendo um mediador entre o conhecimento científico e os alunos. Já a responsabilidade do aluno consiste na devolutiva ao professor daquilo que captou. Por essa razão o professor de Ciências, tem o papel de selecionar conteúdos e compartilhar significados científicos com seus alunos. Os alunos por sua vez tem a responsabilidade de, se assimilarem os significados, e externalizá-los ao professor.

Caso o aluno manifeste uma disposição para aprender, ele também atua intencionalmente para captar o significado dos materiais educativos. O objetivo do processo é compartilhá-los. (MOREIRA, 1999). Se for alcançado o compartilhar significados, o aluno está pronto para decidir se quer aprender significativamente ou não.

Assim, a construção de significados pelo estudante está associado ao:

[...] resultado de uma complexa rede de interações composta por no mínimo três elementos: o estudante, os conteúdos científicos escolares e o professor de Ciências como mediador do processo de ensino-aprendizagem. O estudante é o responsável final pela aprendizagem ao atribuir sentido e significado aos conteúdos científicos escolares (PARANÁ, 2008, p.61).

Lorenzetti e Delizoicov (2001) endossam que os assuntos científicos devem ser cuidadosamente apresentados e discutidos pelo professor e alunos,



oportunizando que haja compreensão de seus significados e para o entendimento do mundo.

A partir desses apontamentos, cabe ressaltar que a Teoria da Aprendizagem Significativa converge para evolução conceitual no aprendiz. Um ensino potencialmente promotor de uma aprendizagem duradoura e relevante deve ser construtor, reconstrutor, reformulador de um conceito ou ideia prévia assumida pelo aprendiz para um novo conceito, mais elaborado, fino. (MOREIRA, 1999).

No Ensino de Física, por exemplo, em Óptica, se os conceitos de frequência foram incorporados na estrutura cognitiva do aluno para que ele capte significados acerca da natureza da luz, eles podem servir de subsunçores para aquisição de novos conceitos existentes na teoria sobre as inúmeras frequências sonoras.

O subsunçor frequência poderá ser usado como âncora para a compreensão de ondas distintas mas de mesma natureza, como as ondas de raio x, ultravioleta, radares, microondas, uma vez que essas, diferem-se apenas por possuírem outras frequências.

Portanto, o professor, visando uma aprendizagem significativa dos conteúdos, deve estar atento ao fato de que o aprendiz tem algo a dizer; pensa alguma coisa; vê sob uma perspectiva o fato, o fenômeno e qualquer conteúdo é passível de aprendizagem.

No ensino de Ciências, portanto, deve-se trabalhar com os conteúdos científicos e suas relações conceituais, interdisciplinares e contextuais, considerando-se a seus conhecimentos prévios, descrita anteriormente em um processo de interação social em que o professor de Ciências, pois, “é o participante que já internalizou significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo e procura fazer com que o aprendiz também venha a compartilhá-los”. (MOREIRA, 1999, p. 109).

Para que essa prática se efetive é necessário um trabalho pedagógico de acordo com as DCEs, (PARANÁ, 2008), e que possibilite a discussão sobre os fenômenos da natureza, como estes interferem em nosso dia a dia e a reflexão sobre as questões éticas implícitas nas relações entre Ciências, sociedade e tecnologia. Essa metodologia corrobora com a mudança conceitual, questão determinante para uma Educação Científica e Tecnológica.

## 2.4 MAPAS CONCEITUAIS E O MUNDO DOS CONCEITOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Mapas Conceituais são organizações lógicas de conceitos e associações significativas que o indivíduo detém sobre determinado tema em sua estrutura cognitiva no momento que o elabora.

Autor da Teoria da Educação, Joseph Novak<sup>4</sup> foi pioneiro, na década de 70, na utilização de mapas conceituais. Defende em seus trabalhos, que o ser humano pensa, atua, sente, sempre de maneira integrada, positivamente ou negativamente, e a integração positiva leva ao engrandecimento do ser humano. (NOVAK, 1981).

Dentro do contexto educativo, Novak propõe que qualquer evento educacional é uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre o aprendiz e o professor.

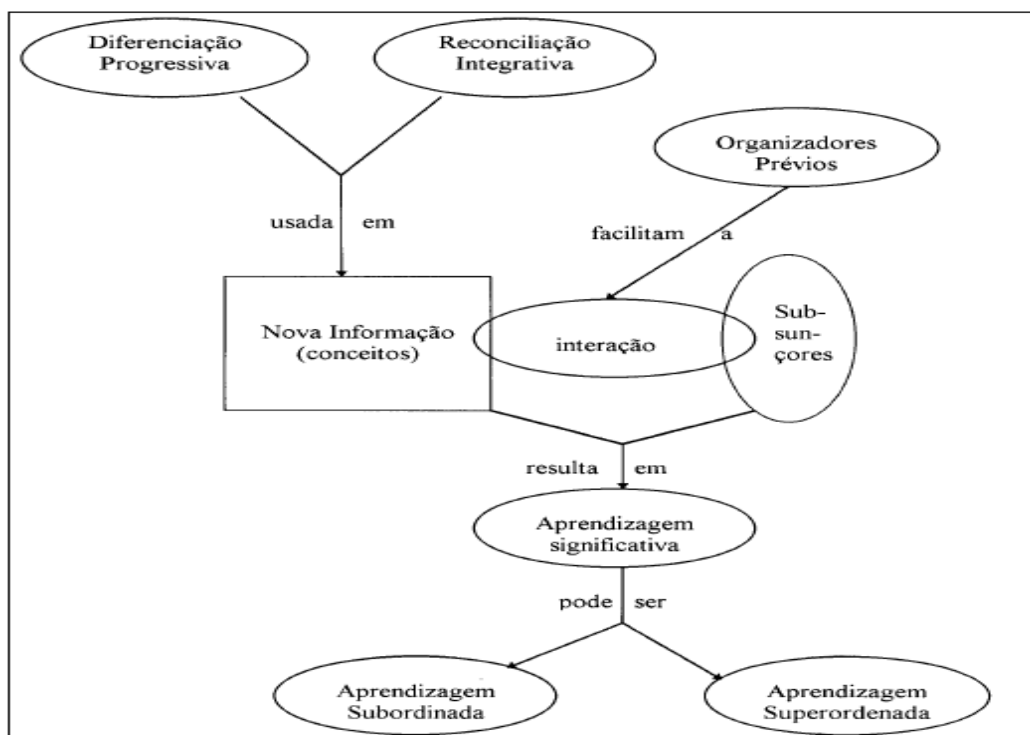
Essa troca deve possibilitar que alguém aprenda algo com alguém ou com algum material em um determinado contexto. Além disso, Novak acrescenta que o processo avaliativo é um elemento essencial na aprendizagem.

Por contemplar essa característica, mapas conceituais podem ser usados como auxiliar no ensino para apresentar conceitos sobre um determinado corpo de conhecimento, iniciando pelos conceitos mais gerais até os mais específicos, organizando-os, diferenciando-os e reconciliando-os.

Essas apresentações podem ser constituídas em várias dimensões: por exemplo, mapas unidimensionais são basicamente uma lista de conceitos organizados linearmente, que embora simples, podem vir a representar uma visão sem refinamento, pobre, com pequena complexidade sobre determinados conceitos ou conjunto de saberes sobre algum assunto. Mapas bidimensionais, como apresentado na Figura 3, podem ser extremamente representativos sem abster-se da simplicidade, ausente, nos mapas com mais dimensões. (MOREIRA, 2010).

---

<sup>4</sup> Joseph D. Novak (1977, 1981) é co-autor da segunda edição da obra "Educational psychology: a cognitive view" (1978, 1980, 1983) e durante muito tempo trabalhou no refinamento, testes e divulgação da teoria da aprendizagem significativa. Sua contribuição revela a proximidade da integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação. Segundo o autor, essas ações reunidas conduzem ao engrandecimento ("*empowerment*") humano.



**Figura 3 - Mapa conceitual sobre conceitos básicos da Aprendizagem Significativa**  
**Fonte: Moreira (2010)**

Dessa forma, a utilização de mapas, com vistas a aprendizagem de conceitos possibilitam a reunião de conceitos, a prática de negociação de significados, favorecendo a diferenciação progressiva dos conceitos muitos gerais e inclusivos, perpassando por conceitos subordinados ou intermediários para conceitos específicos. (MOREIRA, 2003).

Podemos assumir que a construção de mapas conceituais realizada pelo professor ou pelo aprendiz, constitui em um elemento estratégico com potencial eficácia, contudo se apenas realizado pelo professor, recai em uma exposição metodológica presente nos métodos tradicionais.

No momento que o apresenta, o professor revela o conteúdo presente em sua estrutura cognitiva, por meio de sua narrativa. Quando construído pelo aluno, recai em uma perspectiva construtivista interacionista social<sup>5</sup>, contida nos pressupostos da aprendizagem significativa.

De acordo com Moreira (2010, p. 15)

<sup>5</sup> A perspectiva interacionista social da aprendizagem significativa é apresentada por D.B.Gowin (1981; Novak e Gowin, 1996), sendo uma abordagem triádica que envolve alunos-professores e materiais educativos.

O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimento de uma disciplina de uma matéria de ensino. Por exemplo, se o indivíduo que faz um mapa, seja ele, digamos, professor ou aluno, une dois conceitos, através de uma linha, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que vê entre esses conceitos.

A partir dessa reflexão, não há sentido em que o professor construa um mapa conceitual modelo, como o único a ser seguido por seus alunos.

Mapas conceituais são dinâmicos, refletem o entendimento presente de quem o fez, por isso, só tem valor se for explicado por quem construiu, e por serem dinâmicos, podem trazer outros conceitos, quando reconstruídos no futuro, tornando-os mais ricos e complexos.

Podemos ressaltar, pois que, ao construir e externalizar um mapa conceitual, o professor ou aluno explicita relações de subordinação, ordenação de determinado conceito, que provavelmente afetarão a aprendizagem significativa de conceitos.

Este conjunto de ideias no entorno da aprendizagem, culminam em uma aprendizagem não literal ou *ipsis literis*, mas matizada com significação pessoal. (MOREIRA, 2010). Neste sentido pode-se assumir que não há mapa correto, há mapas que expressam certa comunalidade entre significados compartilhados pelo mediador e aprendiz e que estejam em coerência curricular.

Nessa perspectiva ao avaliar um mapa conceitual, o professor deve estar atento aos seguintes aspectos:

- a) cada pessoa constrói individualmente seus próprios significados para as experiências que vive, oriunda de suas interações sociais;
- b) embora seja individual, e particular de cada indivíduo, os significados individuais devem carregar traços comuns dentro do tema abordado;
- c) inúmeras externalizações de conceitos envolvem ligações entre outras idéias e experiências que o indivíduo acredita. (SANTOS, 1991, p. 28).

Embora a teoria da Aprendizagem Significativa, possa ser estendida à compreensão de conceitos, não há registros em Ausubel, na utilização de mapas conceituais, tanto para métodos instrucionais quanto avaliação de aprendizagem, contudo, a teoria da aprendizagem significativa da suporte a sua utilização.

De acordo com as ideias de Ausubel (2003), quando se refere a conceitos, este aponta que as primeiras experiências de aquisição destes elementos, ocorrem

quando a criança encontra-se na fase pré-escolar, usando do método indutivo, ou atuando em experiências concretas.

A segunda forma de conceitualização, atua mais fortemente em fases onde o aprendiz é mais velho, ou seja, nos adolescentes, jovens e adultos.

Nas primeiras fases o aprendiz explica o mundo por meio de suas concepções alternativas, adaptando suas explicações as situações de mundo que encontra. Nas últimas, os novos conceitos, já ancorados na estrutura cognitiva vão interagindo com os já existentes e, podem ser, abandonados, modificados e reconstruídos.

A mudança conceitual, termo usualmente empregado como resultante de um ensino adequado de ciências pode

[...] ser vista em termos de reconhecimento, avaliação e reconstrução: o indivíduo precisa reconhecer a existência e a natureza de suas próprias concepções, o indivíduo decide se avalie ou não a utilidade e o valor de dessa concepções e ele decide se reconstrói ou não as mesmas. (SANTOS *apud* DINIZ, 1991, p. 27).

A partir dessas reflexões, podemos concluir que mapas conceituais facilitam a exposição de conceitos e significados por parte de professores e alunos, desde que ambos não assumam uma postura centrada na atividade narrativa do professor, e na passividade do aluno.

A utilização dessa ferramenta oferece oportunidade de uma relação dialógica entre ambos, professor e aluno, no sentido de externalizar de conceitos para sua reestruturação de forma mais dinâmica e organizada.

### 3 MATERIAIS E MÉTODO

Para realizar uma prática pedagógica que favoreça a mudança conceitual, entende-se que se faz necessário aprofundamento teórico e prático do fazer educativo, para se obter os subsídios necessários à concretização de um processo de ensino e aprendizagem de Ciências.

Desse modo, delineou-se como norteadora desse trabalho a seguinte indagação:

**Que contribuições as Atividades Experimentais para o Ensino de óptica, corroboram para mudança conceitual de alunos da 8ª Série das séries Finais do Ensino Fundamental?**

Logo, o objetivo central da pesquisa resultou em: propor uma sequência de atividades experimentais que contribua para evolução conceitual com relação aos fenômenos ópticos. Uma vez formulado o problema e o objetivo principal da pesquisa, passa-se a descrever neste capítulo o ambiente da pesquisa, o caminho metodológico percorrido e apresentam-se as etapas desenvolvidas na busca de resposta fundamentada à problemática em questão.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA E POPULAÇÃO

O ambiente de pesquisa na qual foi desenvolvido este trabalho situa-se em um Colégio Particular do Município de Ponta Grossa-Pr. Essa escola possui 108 anos, e oferece ensino regular desde a Educação Infantil até 3º ano do Ensino Médio e profissionalizante. Os sujeitos selecionados para realização desta pesquisa compõem uma população de 28 alunos regularmente matriculados na 8ª série dos Anos Finais do Ensino Fundamental.

##### 3.1.1 Classificação da Pesquisa

Quanto à natureza essa pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois tem como objetivo aquisição de conhecimento com vistas a uma aplicação específica. De acordo com Silva e Menezes (2001, p. 20), envolve interesses e verdades locais e está dirigida para a solução de problemas específicos.

É uma pesquisa exploratória, pois tem como propósito gerar maior familiaridade com o problema com vista a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Além de que, a pesquisa exploratória, tende a ser bastante flexível, pois visa considerar os mais variados aspectos relativos ao objeto de estudo.

A fim de avaliar os resultados obtidos, optou-se pela pesquisa fenomenológica. Essa se propõe a descrever a experiência vivida da consciência, mediante a expulsão de suas características empíricas. Trata-se de um tipo de pesquisa que busca a descrição e interpretação de fenômenos<sup>6</sup> que se apresentam à percepção de quem o experimenta.

Segundo Neves (1991, p. 30), a Fenomenologia de Edmund Husserl (1859-1938) é a ciência que confere sentido ao ser e ao fenômeno, numa associação que não pode ser desfeita. Só pode haver fenômeno enquanto houver sujeito, onde na qual, o fenômeno habita.

Assim, na pesquisa fenomenológica, o foco do pesquisador volta-se para a relação sujeito-objeto, o que implica na extinção da separação sujeito e objeto. A relação entre o fenômeno e o ser que o experimenta desvela uma consciência intencional. O objetivo do pesquisador fenomenológico é chegar até a consciência do sujeito da pesquisa, buscando aquilo que oferece consistência ao fato.

No processo de compreensão fenomenológica há dois momentos; a redução fenomenológica, em grego *epoché*, que significa colocar entre parênteses, e a redução eidética original do grego *eidos* = ideia ou essências.

Na redução fenomenológica, limita-se o conhecimento ao fenômeno da experiência da consciência, o que acarreta em desconsiderar o mundo real (GIL, 2010). Desta forma, é possível transformar sentimentos, ações, imagens fantasias, atos, memórias, aprender ou ensinar física por meio de atividades experimentais em um fenômeno, ou seja, em experiências de consciência.

De acordo com Neves (1991), realizar a redução fenomenológica, significa fixar-se no modo de como o conhecimento do mundo ocorre na visão que o indivíduo tem.

O processo de redução eidética, consiste em buscar em um discurso várias imagens possíveis de um mesmo objeto, embora todas essas imagens possuam o

---

<sup>6</sup> O termo fenômeno aqui difere do Fenômeno Físico, trazido nas seções anteriores. Etmologicamente, deriva-se do verbo *Fainestai* e significa revelar-se a si mesmo.

mesmo significado. Por exemplo, uma luz, pode ser vista por várias crianças em um espectro de inúmeras cores, como: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta, ou seja, mesmo que essa radiação seja revelada com frequências diferentes, guardará consigo componentes de uma radiação eletromagnética, que poderá ser reconhecido por todas as crianças simplesmente como luz.

Entende-se que a abordagem metodológica mais adequada para compreender a problemática em questão, é a abordagem qualitativa, pois a pesquisa qualitativa supõe o contato direto do pesquisador com o contexto que será investigado. (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Além disso, as pesquisas qualitativas buscam uma forma de entender como os problemas se manifestam e sugerir as causas de suas manifestações.

A opção pela abordagem metodológica qualitativa justificou-se, então, pelo fato de se desejar construir conhecimentos a partir da compreensão e interpretações subjetivas dos participantes quando realizam experimentos de Óptica em sala de aula.

Assim, a pesquisa qualitativa pode ser concebida como um meio de compreender e construir conhecimento sobre os problemas e desafios enfrentados na prática escolar, com vistas a superá-los e promover avanços na prática docente.

O viés foi interpretativo devido ao enfoque de avaliação do comportamento social no cenário natural (a sala de aula); suas observações e interpretações serem feitas no contexto da totalidade das interações humanas (visão global do processo).

De acordo com Moreira e Caleffe (2008) professores, pesquisadores interpretativos estão preocupados em qualificar através dos olhos dos participantes ao invés de quantificar através dos olhos do observador.

Essa característica se oferece uma vez que o estudo esbarra na existência de parâmetros não mensuráveis, como o tempo real de estudo de cada indivíduo, por exemplo, bem como a construção das percepções dos discentes quanto à atividade desenvolvida se dar de forma subjetiva.

### 3.1.2 Construção do Instrumento de Pesquisa

A construção de um instrumento de pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho contém elementos que perpassam pelos objetivos gerais e específicos da Disciplina de Ciências da 8ª série dos Anos Finais do Ensino Fundamental.



A disciplina de Ciências da 8ª série, das séries finais do Ensino Fundamental abrange as áreas de Física e Química distribuída dentro de uma carga horária total de 120 horas por semestre letivo. Tal divisão permite que sejam ministradas 03 horas-aula por semana para que o conteúdo programático seja contemplado ao longo do ano.

As subdivisões da Física previstas para essa série, contemplam a Mecânica, subdividida em cinemática, dinâmica e estática; termologia e calorimetria, energia, trabalho e suas modalidades, eletricidade, magnetismo e óptica.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) o ensino de Ciências deve abranger um conjunto de competências que permitam ao aluno a relacionar o mundo que vive com o mundo dos conceitos, das linguagens simbólicas, situando-o, a fim de que compreenda os fenômenos naturais, aproximando-o das tecnologias.

Entretanto, não se pretende que o mesmo permaneça no mundo conceitual, nem seja apenas usuário das tecnologias, mas que realize uma transposição entre o que aprende e que efetivamente utiliza em seu cotidiano a fim de torna-lo autônomo em suas decisões. (FREIRE, 1996).

Dentre as diversas subdivisões da física, a óptica foi contemplada para servir como tema para o instrumento de pesquisa. Por meio do estudo da óptica, torna-se possível compreender os fenômenos luminosos, que fazem parte de nosso cotidiano, o entendimento de diversos aparatos tecnológicos, como: lentes, refratômetros, método de espectroscopia, a ionização de átomos e emissão de luz pelos gases, assim como as teorias que modelam um dos nossos sentidos mais importantes, a nossa visão.

Dessa forma, foram construídos 5 (cinco) experimentos em conjuntos com os sujeitos da pesquisa, que pudessem abranger fenômenos luminosos sobre natureza da luz, reflexão difusa e especular, refração, difração da luz.

Os experimentos foram reconceitualizados a luz da teoria de aprendizagem significativa. Tal estratégia possibilitou que o pesquisador investigasse os conceitos prévios dos alunos e propiciasse a (re)construção dos conceitos de óptica, a partir desses instrumentos avaliando sua eficácia.

### 3.1.3 Instrumentos de Coleta de Dados

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados durante o desenvolvimento das 5 (cinco) atividades experimentais, fazendo utilização dos seguintes instrumentos: observação, aplicação de pré-testes, elaboração de mapas de conceitos, breves relatos escritos elaborados pelos alunos e discursos.

Os discursos e mapas conceituais selecionados, foram digitalizados, outros foram preservados para manter sua originalidade. Com o propósito de preservar a identidade dos alunos, esses foram identificados, por letras do alfabeto, sem correspondência alguma entre essas e as iniciais e seus nomes.

Com vista a realizar uma investigação Fenomenológica, foram entrevistados 4 (quatro) sujeitos participantes da pesquisa, que se ofereceram para essa finalidade. Esses discursos em conjunto com os mapas, foram transcritos literalmente pelo pesquisador e passaram pelo processo de Redução eidética, para o pesquisador pudesse realizar a compreensão Ideográfica. Para que houvesse mínimo de interferência entre o pesquisador e os sujeitos da pesquisa no momento do discurso, os alunos participantes foram indagados com a simples questão: O que é isto, a óptica?

Ao término das descrições, tinham-se discursos ricos, aos olhos do pesquisador, e passíveis de extração de suas essências. Para as registro de observações da participação dos alunos foi elaborado um protocolo de observação-pesquisador. Esse protocolo foi utilizado para anotações descritivas e também para reflexões iniciais do pesquisador após correções das atividades realizadas pelos alunos.

É importante salientar que no contexto das aulas, os registros se deram de modo parcial, sendo que ao final de cada aula, o pesquisador usava um período de tempo para complementar as anotações realizadas.

## **Unidade 1 – Conceitos prévios sobre a natureza da Luz**

Para investigar os conceitos prévios associados à óptica, que cada aluno participante possui em sua estrutura cognitiva, criou-se um espaço onde o aluno a

partir das observações e visões de mundo, pudesse externalizar seus próprios modelos mentais de compreensão das cores, fenômeno da reflexão, refração da luz e nossa visão.

Inicialmente foi apresentada uma breve introdução sobre a óptica como disciplina, também como, destacando que dos nossos sentidos, a visão, modelada pelas leis da óptica, é o sentido mais utilizado para o conhecimento do mundo que vivemos. Nesta introdução, também foram abordados aspectos históricos sobre o desenvolvimento da óptica uma vez que, filósofos gregos como Platão e Aristóteles, já se preocuparam em responder as questões: por que vemos um objeto? ou o que é luz?

Embora essas perguntas tenham sido formuladas inicialmente e muitas vezes respondidas equivocadamente, se compararmos aos modelos de explicação que temos hoje, elas contribuíram para mais tarde, para que físicos e matemáticos como Isaac Newton, Huygens, Young e Maxwell, dentre outros, formassem teorias, modificassem-nas ou lançassem novas ideias sobre a natureza da luz. Em seguida foram apresentadas algumas ideias destes cientistas, em específico Isaac Newton sobre natureza da luz.

Assim, os alunos foram provocados a externalizar suas concepções sobre cores, corpos iluminados, corpos luminosos, o fenômeno da sombra e penumbra, a explicação sobre o funcionamento dos espelhos planos e esféricos dentre outros elementos para entendimento da óptica.

A Figura 4, abaixo apresenta uma atividade cujo objetivo principal foi verificar os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva dos participantes no tocante ao nível de conceitos e significados relacionados à Óptica. O Aluno P. L, revelou seu conhecimentos e significados prévios, no momento que a atividade foi desenvolvida.

PREZADO ALUNO, ASSINALE NOS ESPAÇO ABAIXO O MAIOR NÚMERO DE OBJETOS E CONCEITOS QUE VOCÊ JULGA TER RELAÇÃO COM A LUZ. PROCURE TAMBÉM, APÓS DAR O CONCEITO NOS CAMPOS ABAIXO, COLOCAR O SEU SIGNIFICADO; DICA CONCEITOS DEVEM DAR SENTIDOS AOS SIGNIFICADOS.

CONCEITO	SIGNIFICADO
ESPELHO <input checked="" type="checkbox"/>	coisa que consegue refletir a luz repetições da luz para determinado lugar
REFLEXO <input checked="" type="checkbox"/>	
COR BRANCA <input checked="" type="checkbox"/>	promover reflexão
LENTE <input checked="" type="checkbox"/>	
COR NEGRA <input checked="" type="checkbox"/>	area sem luz vindo da luz, trajetória
SOMBRA <input checked="" type="checkbox"/>	
RÉSTIA <input checked="" type="checkbox"/>	
CHAMA <input checked="" type="checkbox"/>	pilha
COR AZUL <input checked="" type="checkbox"/>	
COR PRATA <input checked="" type="checkbox"/>	fenômeno no qual algo tem a pouca luz perto de muito luz
SOL <input checked="" type="checkbox"/>	
ECLIPSE <input checked="" type="checkbox"/>	
PENUMBRA <input checked="" type="checkbox"/>	
RELAMPAGO <input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 4 - Atividade contendo os conceitos prévios do aluno P.L associados à Óptica  
Fonte: Autoria própria

Após a realização das atividades os alunos foram convidados a explicar suas tabelas justificando suas respostas fundamentadas por suas concepções. Outros ficaram livres para elaborar mapas conceituais ou modelos mentais, uma vez que já possuíam familiaridade em suas construções.

De acordo com os conhecimentos prévios de G. M, aluno participante desta atividade, “Luz é uma Luminidade [sic] que pode gerar energia e dá vida as plantas e para todos os seres vivos.”

Observou-se que por meio dessa atividade, os alunos participantes puderam colocar suas concepções espontâneas sobre a óptica, configurando os seus modelos alternativos. Em seguida foi apresentado pelo pesquisador, uma figura contendo o espectro eletromagnético, e a respectiva explicação sobre o seu significado.

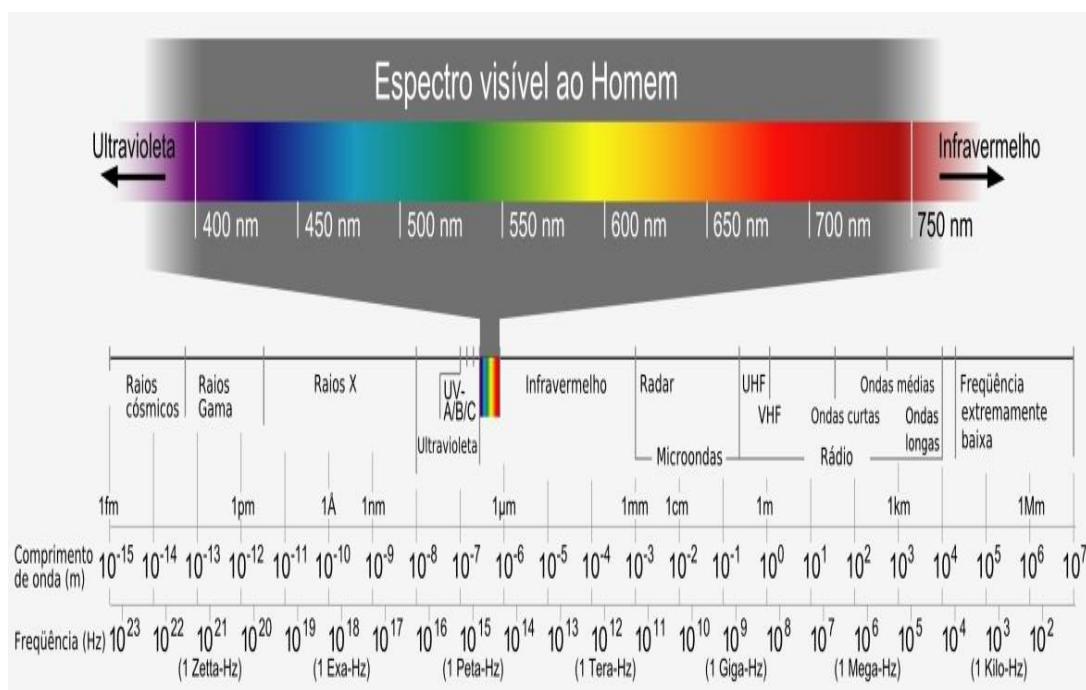
Transcrição de um trecho da fala do pesquisador:

“A luz emitida pelo Sol, por uma luz branca ou pela chama de uma vela, é conceituada como luz policromática. Essa luz é composta de infinitas cores, que podemos associá-las a frequência, das quais sete são mais evidentes em um fenômeno como arco-íris; vermelho, amarelo, perdão, vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.”

De acordo com Perelman, (1988), “A luz emitida em uma só cor é dita monocromática, por apresentar uma única frequência. A figura que segue, representa

o espectro eletromagnético, ou seja, um conjunto finito de ondas eletromagnéticas com inúmeras frequências, onde apenas as frequências do visível podem sensibilizar, a retina, órgão sensorial onde as imagens são projetadas nos seres humanos.”

Na Figura 5, estão apresentados, além da luz, também outras ondas eletromagnéticas, que diferem-se da luz pela frequência e comprimento de onda.



**Figura 5 - Espectro Visível ao homem**  
**Fonte: Sociedade Brasileira de Física (2012)**

Neste momento 2 (dois) sujeitos da pesquisa, iniciam uma discussão, interrompendo a fala do pesquisador:

**Sujeito A. V.** “Professor !! a frequência e comprimento de onda são os mesmos conceitos vistos nas aulas de ondas mecânicas? Números de oscilações (pausa), período [...] (pausa longa).”

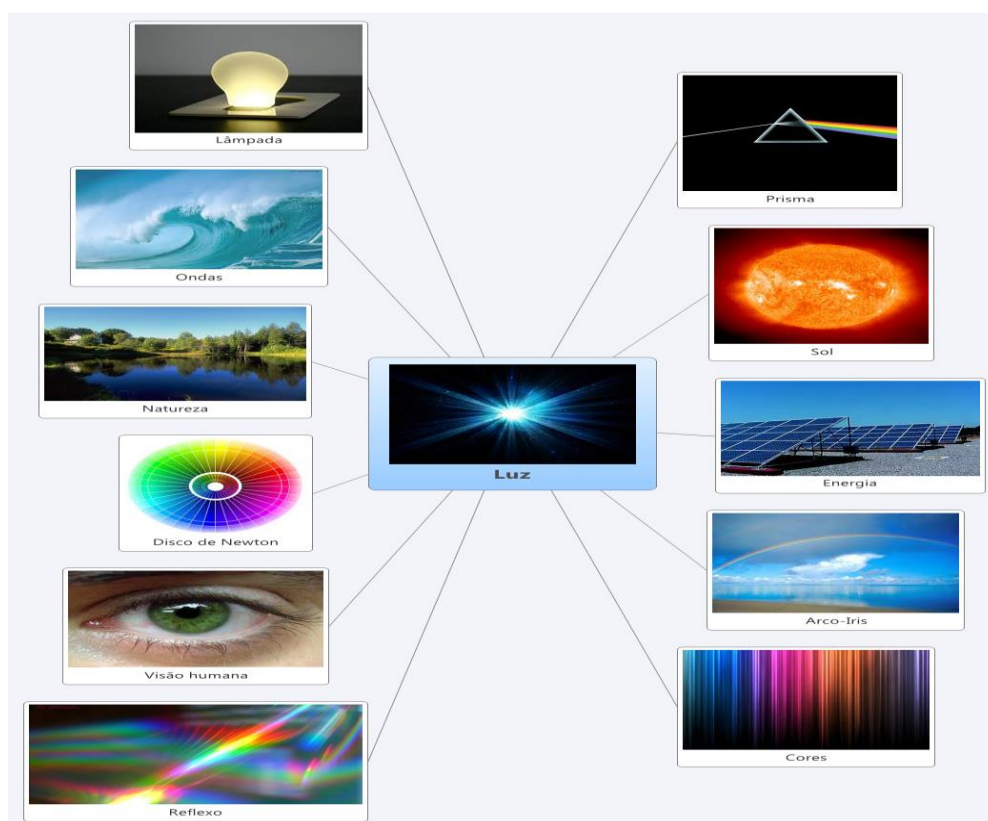
**Pesquisador:** “Sim, pois a luz também é uma onda, mas apresenta natureza diferente das ondas mecânicas, contudo, a origem de uma onda de som é totalmente diferente de uma onda de luz, além do que, a frequência do som não pode sensibilizar nosso sentido visual, apenas auditivo. Assim como a frequência de uma cor vermelha por exemplo não pode sensibilizar o ouvido, e sim nossos olhos.” (PERELMAN, 1988).

“As cores que os corpos apresentam dependem das cores da luz que estes refletem ou espalham com uma característica difusa. Dessa forma ao receber a luz do sol, uma vegetação, por exemplo, absorve infinitas cores, que compõe a luz branca,

mas reflete apenas a luz verde, predominante da vegetação. Assim quando iluminamos um objeto ou o sol incide sua luz sobre ele, podemos ver a luz que é refletida pelo corpo, de modo geral, a luz absorvida por este material afeta a sua energia interna, temperatura, mas o que defini sua cor é aquela cor este reflete. Esse fenômeno está associado à reflexão da luz, pois sem ela, não poderíamos nem vê-la.”

O desfecho desta atividade culminou, por parte dos alunos, na elaboração de mapas conceituais e modelos mentais. Todos os mapas puderam ser explicados por seus elaboradores em momentos posteriores a esta aula.

A figura abaixo representa um mapa de imagens que revela uma associação de conceitos presentes na estrutura cognitiva da aluna J.A, após participação da atividade.



**Figura 6 - Modelo Mental elaborado por uma aluna de 8 série, com auxílio do programa X-Mind, após a aula introdutória de óptica**  
**Fonte: Autoria própria**

## Unidade 2 - O Aparato de Dirck - A Vela Fantasma

Esta atividade caracterizou-se como uma prática experimental, lúdica, com abordagem demonstrativa, visando o compartilhamento de significados sobre o

fenômeno da reflexão da luz. O enfoque adotado foi direcionado para investigação dos fenômenos de reflexão e refração da luz.

Nessa perspectiva optou-se pelo experimento de Dirck, popularmente conhecido como: a Vela Fantasma. O experimento de Dirck permite que seja verificada a lei da reflexão da luz, e os limites dessa lei.

### **Material e abordagem utilizados**

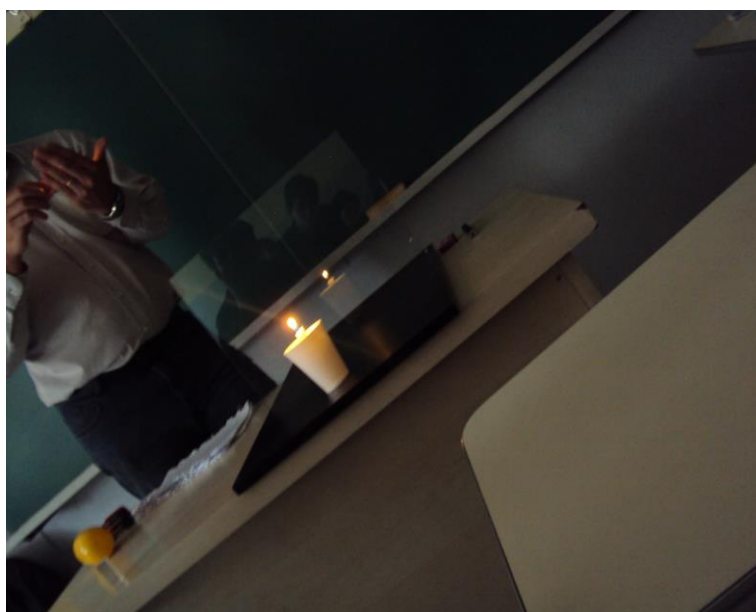
Para construção do aparato experimental, foram utilizados os seguintes materiais:

01 (uma) placa de vidro de 40x40cm;

01 (uma) vela;

02 (dois) copos;

O aparato de Dirck pode ser visualizado por meio da Figura 7.



**Figura 7 - Aparato Experimental de Dirck**  
**Fonte: Autoria própria**

Após a montagem do aparato experimental, optou-se por um enfoque investigativo. Alternou-se a possibilidade de observação do fenômeno de conjugação de imagem pelo vidro, em dois momentos; com alta e baixa intensidade luminosa.



O princípio físico do experimento que foi apresentado, é modelado pelas leis da reflexão e refração da luz, permitindo que, quando haja variação da quantidade luminosa em um ambiente, pode ser realizada a transformação de um material transparente como vidro, em uma superfície de reflexão parcial da luz.

Por meio da variação da quantidade de luz no ambiente tornou-se possível a verificação dos limites das leis da reflexão da luz, isto é com luminosidade homogênea, dispersa na sala, a luz refletida pelo copo, atravessa o vidro culminando na refração da luz.

Ao escurecer o ambiente, a luz predominante é proveniente da vela, transformando o vidro em uma superfície com maior poder refletor com revela a Figura 8.

Neste momento há impressão de haver dois objetos, mas o que ocorre na realidade é a formação de uma imagem no vidro caracterizada como virtual e simétrica ao objeto real.



**Figura 8 - Aparato de Dirck - Reflexão parcial da Luz**  
Fonte: Autoria própria

Logo após, aumenta-se a intensidade luminosa local até que haja predominância da continuidade óptica. Dessa forma, a luminosidade local compromete a reflexão da luz, favorecendo a refração, algo que o torna praticamente invisível, como revela a Figura 9.





**Figura 9 - Aparato de Dirck, funcionando sob alta intensidade luminosa, com predominância da continuidade óptica**  
**Fonte: Autoria própria**

Logo após a explicação, abriu-se espaço para discussão entre professor e alunos sobre o que foi observado. Após essa etapa, foram dirigidas questões aos alunos para que pudessem refletir sobre aquilo que observaram. Tais questões foram colocadas aos alunos para favorecer uma aprendizagem por descoberta contemplando o enfoque investigativo;

Segue uma amostra do padrão de questões, dirigidas aos alunos e respectivas respostas.

Questões dirigidas aos Alunos	Amostra de Respostas
1- Qual é a relação entre a variação da intensidade luminosa no ambiente, e a formação da imagem?	“Segundo o participante P.L, quanto mais luz estiver na sala mais transparente será o vidro.”
2- Qual é a relação entre a lei $n = \frac{c}{v}$ , onde <b>n</b> representa o índice de refração (grau de dificuldade que a luz apresenta ao atravessar um meio, diferente do ar), <b>c</b> a velocidade aproximada da luz no vácuo, e <b>v</b> a velocidade da luz em outro meio, no experimento apresentado?	“Pelo que entendi, se o n, for perto de 1 é porque os materiais são muito parecidos.”

3-Há predominância de algum fenômeno físico? Qual(is) reflexão? refração? difração?	“Acho que é a reflexão, mas depende da quantidade de luz na sala.”
4-As situações apresentadas nesta atividade, se assemelham em situações que ocorrem no cotidiano? Caso julgue afirmativa, explique sua resposta.	“Eu observei que não só o espelho reflete, o vidro também, é graças a reflexão da vela e o copo aparecem refletidos no outro lado do vidro. E que {sic} foram utilizados o fenômenos da luz e da reflexão, a luz porque quando a vela acendeu que refletiu. De onde eu estou eu consigo ver quem está sentado na janela.”

**Quadro 2 - Atividade contendo perguntas e respostas do aluno P.L associados à atividade Aparato de Dirck.**  
**Fonte: Autoria própria**

Com esse dispositivo, foi possível discutir as leis de reflexão enunciada em forma de axiomas<sup>7</sup>, por Isaac Newton no livro intitulado Óptica em 1704 assim como o limite da lei, uma vez que é possível variar localmente a quantidade de luz e verificar os efeitos de reflexão, seletividade, continuidade óptica.

Segundo a participante J. I, “no experimento da Vela Fantasma um vidro foi usado como espelho, refletindo tão bem a vela com o copo assemelhando-se à função natural de um espelho”. Ao indagar essa mesma participante sobre a possibilidade de obter conhecimento desse assunto apenas por meio da teoria, a mesma participante respondeu:

[...] se ficássemos apenas na teoria, não saberíamos o que aconteceria em nosso experimento, ficaríamos como Aristóteles, apenas imaginando, imaginando erroneamente até aparecer um Galileu para desmentir, realizando nossa teoria.

Segundo Moreira (2008) o aparatos experimentais utilizados para o ensino, podem favorecer a não arbitrariedade, ou seja, podem ser concebidos como materiais potencialmente significativos, permitindo a relação entre novos conceitos, com os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

<sup>7</sup> Axioma - A palavra axioma deriva da grega axios, cujo significado é digno ou válido. Em muitos contextos, axioma é sinônimo de postulado, lei ou princípio.

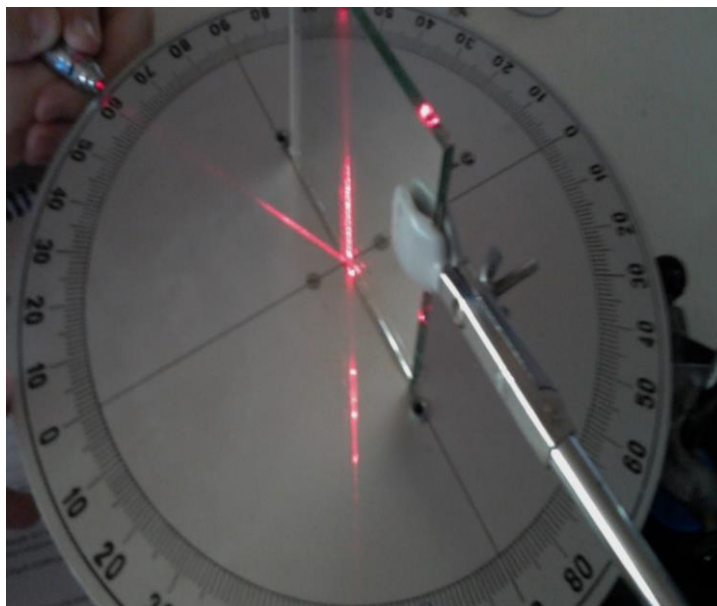
### **Unidade 3 - A Reflexão da Luz e o Caleidoscópio**

O fenômeno abordado nesta atividade foi a reflexão da luz. Como organizador prévio, foi precedida à teoria da reflexão de raios luminosos iniciada por Isaac Newton em 1660 e alguns de seus aspectos históricos. De acordo com Moreira (2003), organizadores prévios são como pontes cognitivas, ou seja, servem para realizar possíveis ligações entre os conceitos existentes na estrutura cognitiva do aluno e um novo conceito a ser apreendido.

A teoria sobre a reflexão da luz pode ser reconstruída, pela atividade observacional. Contudo a observação é um primeiro passo para a compreensão do fenômeno, mas não o suficiente.

Para dar sequência a explicação dos fenômenos reflexivos, retomamos um dos axiomas desenvolvidos por Isaac Newton, onde argumenta que: um objeto visto por reflexão ou refração aparece no lugar de onde os raios divergem, ao incidir sobre o olho do espectador, depois da última reflexão ou refração.

A figura 10, abaixo mostra um feixe incidente e um feixe refletido, revelando a concordância entre os axiomas sobre as leis da reflexão, enunciada por Isaac Newton no tocante ao ângulo de incidência e reflexão da luz.



**Figura 10 - Imagem do raio de luz incidente, raio refletido e a reta normal**  
**Fonte: A Física (2014)**

Com objetivo de promover maior compreensão sobre o fenômeno da reflexão da luz e suas consequências, foi proposta para esta unidade a construção do caleidoscópio. Este artefato, constitui-se em um dos mais antigos e lúdicos experimentos da Física. Embora originado da China, foi aperfeiçoado na Inglaterra por David Brewsted em 1817. O termo caleidoscópio origina-se em *kalos* que, em grego, quer dizer beleza, *eidos* que significa forma e *skopien* que quer dizer olhar. (NEVES; PEREIRA, 2006).

Utilizando das leis da Reflexão pode-se conceber a explicação sobre a formação das imagens conjugados por este artefato, ou seja; se dois espelhos forem associados 2 (dois), com ângulo de  $60^{\circ}$  graus entre eles, apenas 5 imagens para um determinado objeto, posto a frente destes espelhos, serão refletidas.

Matematicamente,  $n = \frac{360^{\circ}}{\alpha} - 1$  onde  $n$  representa o número de imagens,  $\alpha$  o ângulo entre os espelhos.

Contudo, como são 3 (três) o número de espelhos utilizados para composição do Caleidoscópio, quando um objeto é colocado a frente dos dois primeiros espelhos com ângulo de  $60^{\circ}$  (sessenta graus), as primeiras 5 imagens servem de objeto ao terceiro espelho, que as reflete novamente, resultando em um número finito, mais incontável de imagens simétricas.

### **Material e abordagem utilizados**

Para construção do Caleidoscópio dinâmico, foram utilizados os seguintes materiais:

03 (três) laminas de espelhos planos de 30cm x 3,5cm cada;

01 (um) tubo de ensaio;

Uma quantia aproximada de 20g de strass;

01 (um) tubo de PVC ou similar com 30cm de comprimento e diâmetro de 3,5cm a 4,0cm;

01 (uma) faixa de EVA de medidas 10cm x 10cm;

01 (um) rolo de durex.

05 (cinco) ml detergente.

01 (um) transferidor.

½ (meia) folha de cartolina.

A montagem do caleidoscópio pôde ser realizada de acordo com os seguintes passos:

1 - Una as lâminas dos espelhos com durex de maneira que as faces refletoras estejam voltadas para dentro, conforme apresentado na Figura 11:



**Figura 11 - Materiais para montagem do caleidoscópio**  
**Fonte: Autoria própria**

2 - Após unidas, as lâminas devem formar um triângulo equilátero como pode ser visualizada na Figura 12:



**Figura 12 - Vista dos espelhos que fazem ângulo de 60° para formação do caleidoscópio**  
**Fonte: Autoria própria**

3 - Insira o triângulo no tubo de PVC ou cartolina.

4 - Na sequência, preencha o tubo de ensaio com detergente, e insira o strass;

5 - Acople-o tubo de ensaio na cartolina conforme, representado pela Figura 13:



**Figura 13 - Fixação do Tubo**  
**Fonte: Autoria própria**

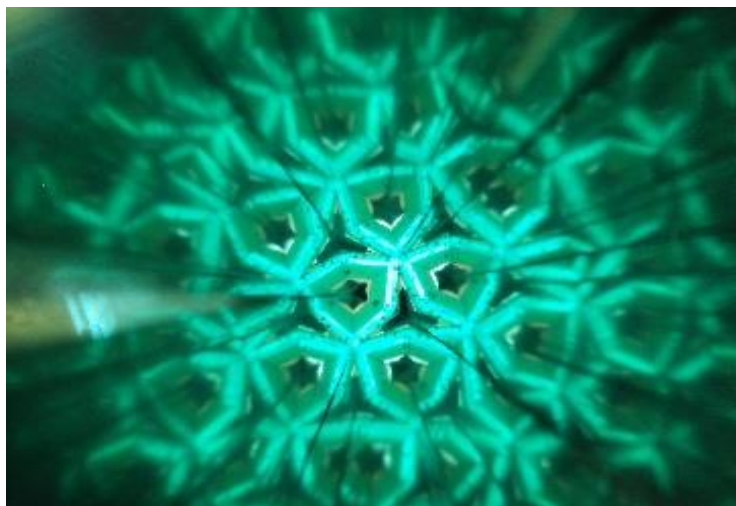
6 - Por final, fixar este último conjunto no tubo do caleidoscópico (Figura 14).



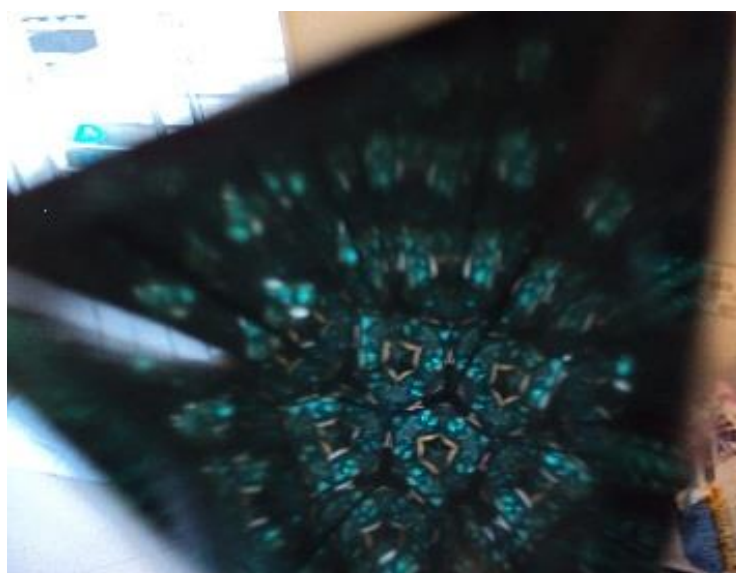
**Figura 14 - Caleidoscópico Dinâmico**  
**Fonte: Autoria própria**

As imagens conjugados pelo caleidoscópico, podem ser visualizadas se olharmos pela extremidade livre do artefato. Uma amostra das belas imagens estão apresentadas pelas figuras 15 e 16.

O princípio físico aplicado ao caleidoscópico é encontrado na óptica dos espelhos planos, que associados em diferentes ângulos, formam imagens múltiplas. Os objetos frente às lâminas são refletidos nos espelhos, mas a imagem formada em um deles é também refletida nos outros espelhos, resultando em um objeto óptico que nos faz ver belas formas.



**Figura 15 - Imagens Conjugadas pelo Caleidoscópico**  
Fonte: Autoria própria



**Figura 16 - Imagens conjugadas pelo caleidoscópico**  
Fonte: Autoria própria

Por meio da construção do caleidoscópico, e visualização das imagens, pretendeu-se mostrar a experimentação em ciências, como meio de instigar a curiosidade dos envolvidos e manter sua motivação para aprender de maneira recreativa. A visualização dessas imagens, simétricas, comprova a associação de espelhos, e atesta a concordância entre a equação que modela essas associações:

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$
 ou seja se o ângulo tender a zero, o número de imagens tende ao infinito,

configurando a situação de um espelho a frente de outro. Se o ângulo for de  $180^\circ$  graus, o número de imagem tenderá ao mínimo, isto é apenas 1 (uma).



Ao final da prática, os participantes ficaram livres para expressarem, por meio de mapas conceituais e breves relatos, suas compreensões.

Em um recorte de seu relatório, a aluna A. C, descreve que: “[...] A imagem apareceu refletida no espelho e pudemos ver o tubo de ensaio colorido várias vezes [...]”

A Figura 17 revela o relatório da Aluna na íntegra, quando relata suas concepções após a construção do Caleidoscópio.

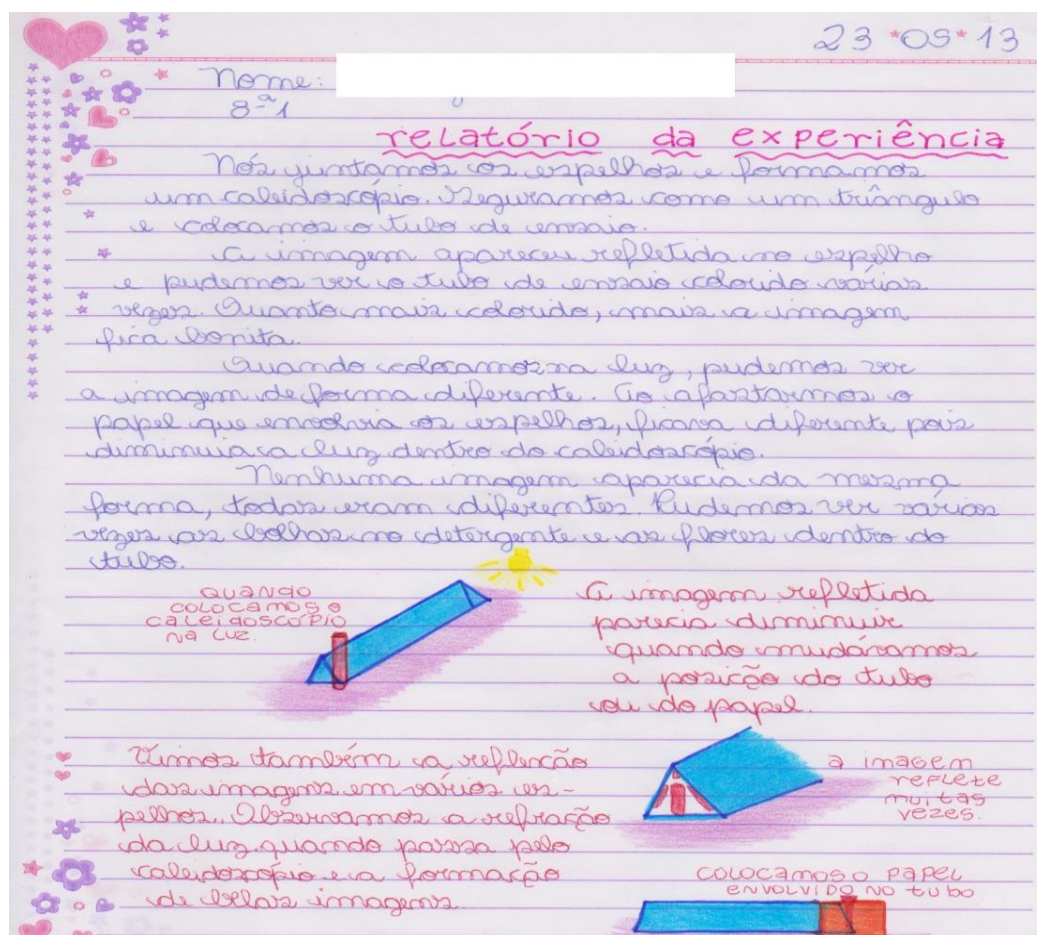


Figura 17 - Relatório de A. C, revelando sua experiência na construção do caleidoscópio  
Fonte: Autoria própria

De acordo com Perelman (1988, p. 151), a Física Recreativa, não segue o sistema comumente empregado nos livros didáticos. Nesses livros, há um espaço muito pequeno para descrições de experimentos de Ciências divertidos e espetaculares.

#### Unidade 4 - A Difração da Luz

A difração é um fenômeno físico que ocorre quando ondas de natureza mecânica ou eletromagnética contornam obstáculos. Ondas eletromagnéticas, como a luz sofrem difração quando o comprimento de onda dessa radiação possui mesma ordem de grandeza do comprimento da fenda ou orifício que encontra como obstáculo.

Feixes de luz monocromáticos, quando incidentes em gotas de água, fios de cabelo, ou orifícios ínfimos, podem contorna-los, preservando a forma dos corpos que foram contornados. Essa aplicação pode transformar feixes de luz colimados em poderosos micrometros de luz, ou seja, após incidir e contornar algum objeto, pode conjugar a sua imagem com precisão.

Dessa forma, e sob auxílio dos conceitos de difração, o laser pode ser transformado em um instrumento de observação e de comprovação da natureza ondulatória da luz.

### **Material e abordagem utilizados - A difração e o Micrômetro de Luz**

Para montagem do aparato que evidenciasse os conceitos relativos a difração, utilizou-se os seguintes materiais:

- 01 (um) laser de diodo;
- 01 (uma) seringa descartável;
- 02 (dois) ml de água;
- 01 (um) aparador para sustentar as seringas;
- 01 superfície de projeção.

Para desenvolver o experimento é necessário:

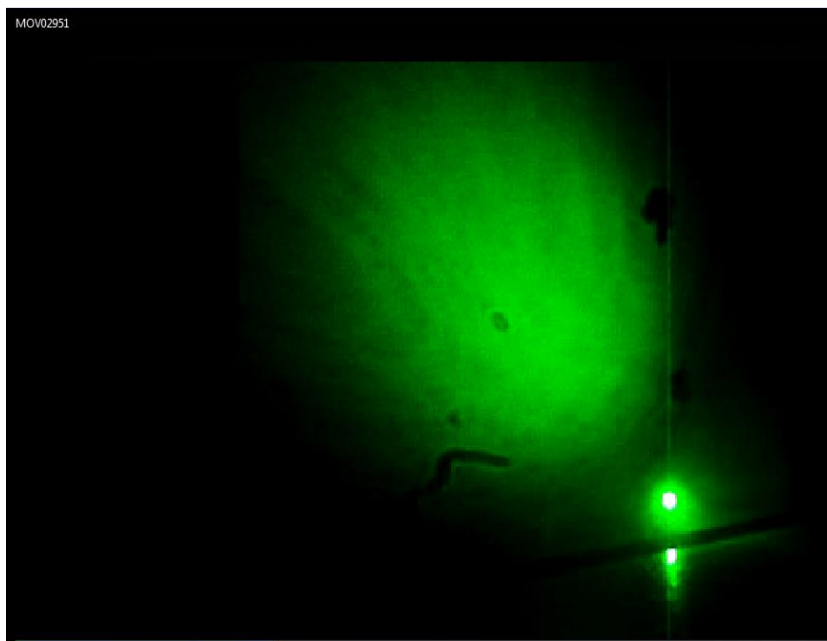
- 1 - Fixar a seringa com água contaminada de cabeça para baixo, em duas bases de mesma altura, a uma distância de aproximadamente 20 cm da tela de projeção, como mostra a Figura 18;
- 2 - Acople o laser de modo que o feixe luminoso possa atravessar da gota de água;  
Após incidência do feixe sobre o conjunto, será projetada, no anteparo, uma imagem bastante ampliada do material que se encontra no interior da gota.



**Figura 18 - Imagem do contorno dos microrganismos presentes na água após de difração**  
**Fonte: Autoria própria**

O princípio físico que sustenta o experimento é modelado pelas leis da difração da luz, que permite a transformação de uma gota de água de volume aproximado de  $33,8\mu\text{l}$  à  $63\mu\text{l}$  (Fonte: US National Institute of Medicine), em um poderoso microscópio. Neste aparato são possíveis observações de corpos ínfimos, como protozoários, reveladas nas Figuras 19 e 20.

Para fins de comparação, esses corpos observáveis possuem tamanho que variam entre  $0,01\text{mm}$  a  $0,05\text{mm}$ , ou seja, com esse dispositivo, é possível ampliar o tamanho do objeto presente na gota de água em centena de vezes.



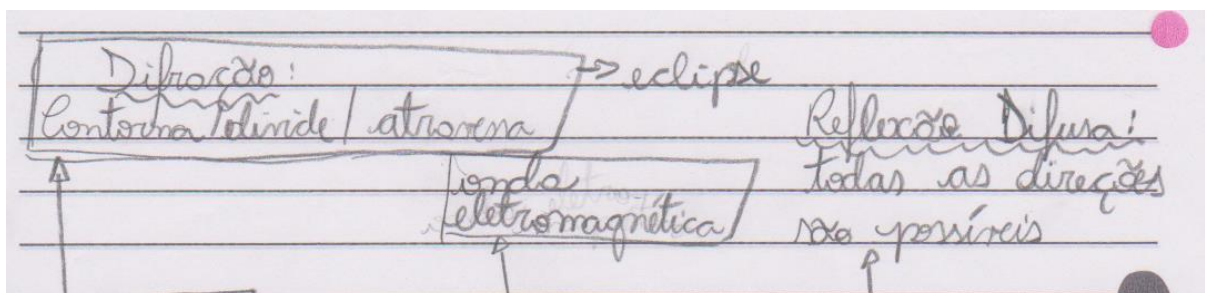
**Figura 19 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água**  
Fonte: Autoria própria



**Figura 20 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água, projeção no anteparo**  
Fonte: Autoria própria

Por meio da construção do micrômetro de luz e visualização das imagens, pretendeu-se mostrar a experimentação em ciências, como meio de propor uma prática experimental que possibilitem ao professor e alunos o compartilhamento de significados e conceitos em Difração. O vídeo completo produzido pelo autor encontra-se hospedado em <http://www.youtube.com/watch?v=xmbJxeEEUSI>

Segundo a aluna B.C, após algumas de suas associações, revela em seu modelo mental (Figura 21), que a Difração: “Contorna/ Divide/ Atravessa”, fazendo menção também ao fenômeno de Eclipse, fenômeno na qual um astro luminoso fica ocultado por outro devido à coincidência de seus alinhamentos.



**Figura 21 - Recorte do modelo mental de uma Aluna Participante da Atividade**  
**Fonte: Autoria própria**

É importante ressaltar que embora sejam relevantes, temas de astronomia foram externalizados pelos alunos sem a menção do professor. Nota-se assim sinais de associações entre o Fenômeno de pequena escala, experimentado com outros acontecimentos naturais.

## **Unidade 5 - Refração da Luz**

Essa atividade experimental teve como objetivo geral, apresentar aos alunos, o fenômeno óptico da refração. O enfoque dado no decorrer desta atividade foi o investigativo e abordagem realizada foi direcionada para verificação da lei da Refração.

Refratar a luz significa quebrá-la, e pode ser conceituada como a passagem dessa radiação luminosa de um meio com um índice de refração  $n_1$ , para outro com índice de refração  $n_2$ . Como a maioria dos materiais possui índices de refração diferentes, ao sofrer incidência da luz, os materiais de modo geral, apresentarão certa resistência à passagem dela, alterando sua velocidade. Essa alteração de velocidade pode ocasionar desvios de trajetória na luz, e, por conseguinte, alteração nas características da imagem, conjugada pelo objeto.

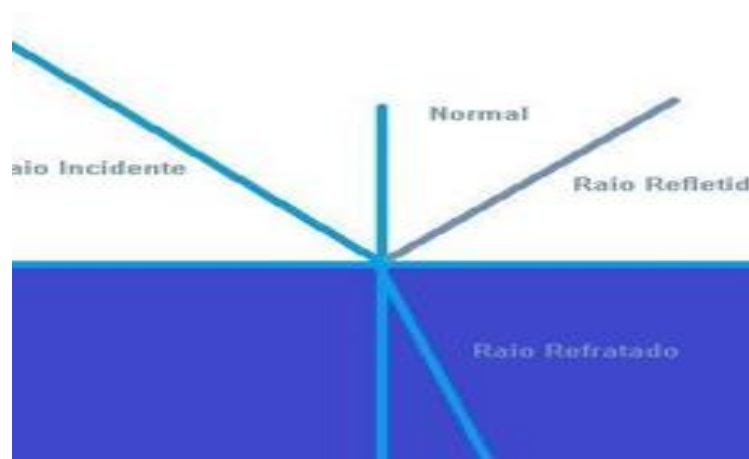
O índice de refração pode ser definido então, como uma medida ou grau de dificuldade que a luz apresenta quanto passa de um meio para outro, ou seja,

materiais iguais submetidos a temperaturas diferentes, ou materiais que apresentem densidades diferentes, apresentarão características ópticas refrativas diferentes.

Sendo assim, a passagem da luz de um meio para outro, resulta em uma mudança em sua velocidade, mas não necessariamente em uma mudança de direção do feixe refratado.

Pode-se citar como exemplo, a passagem da luz proveniente do meio ar ou vácuo, para água, onde a velocidade da luz assume um valor aproximado de 300.000 km/s, velocidade que sofre diminuição quando realiza mudança para um meio dito mais denso (água), portanto mais refringente.

A Figura 22 exemplifica a refração da luz quando atravessa os meios distintos.



**Figura 22 - Raio incidente, refratado, normal  
Fonte Própria**

Matematicamente a lei da refração é conhecida como Lei de Snell e Descartes:  $n_1 \text{sen}i = n_2 \text{sen}r$  onde  $n_1$  é o índice de refração no meio 1 e  $\text{sen}i$  o seno do ângulo incidente assim como  $n_2$  representa índice de refração no meio 2, e  $\text{sen}r$  o seno do ângulo refratado no meio 2.

A mudança na velocidade ocasionada pela refração possibilita a formação de imagem ampliada, reduzida ou até deformada. O entendimento do fenômeno da refração possibilita a compreensão de vários fenômenos luminosos, tais como: a posição aparente dos astros no firmamento, ou noção alterada de profundidade para corpos imersos em líquidos transparentes, a presença da luz em nossa atmosfera, mesmo quando o sol já se pôs. No tocante a tecnologia, há uma variedade de aplicação dos conceitos de refração; na fabricação das lentes, microscópios, telescópios, refratômetros (empregados na indústria para verificar as características



esperadas de um produto); ou a até nos modelos de entendimento da óptica da visão, uma vez que quando a luz adentra ao sistema óptico do ser humano ocorrem sucessivas refrações até os raios de luz sensibilizam a retina.

### **Material e abordagem utilizados - A Refração**

Para montagem do aparato experimental que contribuísse para entendimento do fenômeno da refração, utilizaram-se os seguintes materiais:

01 (um) laser de diodo;

01 (um) recipiente transparente com água;

02 (duas) lentes de vidro;

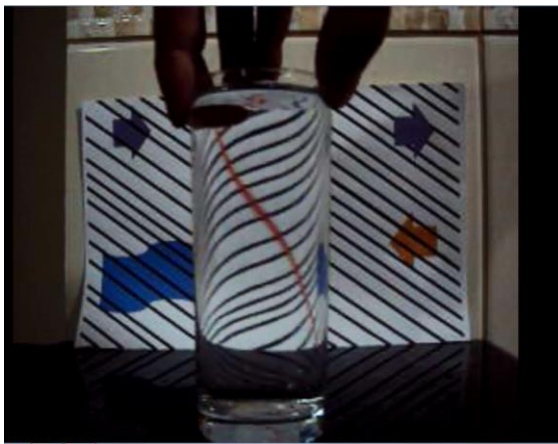
01 (um) desenho contendo linhas paralelas e setas invertidas.

Na Figura 23 tem-se a imagem da utilização de lentes divergentes para demonstração do fenômeno da Refração.



**Figura 23 - Utilização de lentes de Vidro para demonstração da Refração**  
Fonte: Autoria própria

As sequências de fotos abaixo revelam a luz tendo sua velocidade alterada ao atravessar meios diferentes como ar, vidro e água, que conforme salientado anteriormente, pode resultar em uma mudança na direção do raio de luz e alterações nas dimensões da imagem.



**Figura 24 - Linhas deformadas pelo fenômeno da Refração no dispositivo construído pelo autor**  
**Fonte: Autoria própria**

Durante o desenvolvimento desta unidade, os alunos tiveram a oportunidade de verificar leis da refração, fazendo uso de laser incidente na água, nas lentes de vidro acrílico. Alguns tiveram a curiosidade de variar o ângulo de incidência a fim de encontrar um ângulo limite para refração da luz.


O Aluno X. M. ao expressar suas concepções no modelo mental abaixo destaca a refração como maior responsável pelo fato do lápis se apresentar “torto” no interior no copo. Nota-se em seu modelo mental, a promoção da diferenciação progressiva de conceitos, realizada após a experimentação, algo que contribui para o refinamento de seus modelos de entendimento sobre a natureza da luz e dos fenômenos relacionados.



Aluno: \_\_\_\_\_

Olá, Iniciaremos o estudo da Refração!

1-Pedimos então que coloque no espaço abaixo a sua explicação sobre o que ocorre com o lapis! Faça o experimento você mesmo!



O lapis parece estar torto por causa da chamada refração da luz, parece estar sendo outra coisa do que está acontecendo

2-Use os outros aparatos experimentais e elabore a sua teoria!

Pedimos que no espaço abaixo elabore um mapa conceitual sobre o que entendeu sobre esse conceito.

um copo de água um lapis e só 10 outros experimentos, um vidro de diferentes formas

Faça considerações sobre o ângulo do raio de luz ele muda ou não?, se é possível configurar imagens por meio da refração?

Ele muda sem podermos ver imagens retas espalhadas, vemos imagens em pontos de pontos, porque cada vidro tem uma imagem e gets formato.

Para entendermos a luz tem que estar bifusa

TUDO A VER COM ALIÇ

REFRAÇÃO

DEPENDENTE MUITO DO ÂNGULO

DEPENDENTE MUITO DO OBJETO, MUDANDO AS IMAGENS

VÁRIOS FENÔMENOS ENVOLVIDOS MAS QUEM SE DESTACA É A REFRAÇÃO

USAMOS VÁRIOS TIPOS DE LENTES PARA PERCEBERMOS AS VARIÁÇÕES DAS IMAGENS

COM O LASER POTAMOS PERCEBER PARTICULAS QUE NÃO CONSEGUÍAMOS VER

OBJETOS: LASER, ÁGUA, COPO, LENTES DE BORRACHAS GROSSAS

```

graph TD
    Refracao[REFRAÇÃO] --- DependenteAngulo[DEPENDENTE MUITO DO ÂNGULO]
    Refracao --- DependenteObjeto[DEPENDENTE MUITO DO OBJETO, MUDANDO AS IMAGENS]
    Refracao --- ParaEntender[Para entendermos a luz tem que estar bifusa]
    Refracao --- TudoAVer[TUDO A VER COM ALIÇ]
    TudoAVer --- ComO Laser[COM O LASER]
    TudoAVer --- VariosFenomenos[VÁRIOS FENÔMENOS ENVOLVIDOS MAS QUEM SE DESTACA É A REFRAÇÃO]
    ComO Laser --- PodemosPerceber[POTEMOS PERCEBER PARTICULAS QUE NÃO CONSEGUÍAMOS VER]
    PodemosPerceber --- Objetos[OBJETOS: LASER, ÁGUA, COPO, LENTES DE BORRACHAS GROSSAS]
    VariosFenomenos --- UsamosLentes[USAMOS VÁRIOS TIPOS DE LENTES PARA PERCEBERMOS AS VARIÁÇÕES DAS IMAGENS]
  
```

**Figura 25 - Concepções e modelo mental elaborado pelo Aluno X.M, após participação na Unidade de Refração**  
**Fonte: Autoria própria**

#### 4 A APROPRIAÇÃO DO FENÔMENO NOS DISCURSOS

As potencialidades e fragilidades na utilização de experimentos para o ensino de óptica, foram reveladas durante todos os momentos das atividades. Contudo a fim de obter uma compreensão fenomenológica no tocante a aprender óptica por meio de experimentação, há necessidade de um olhar sobre os discursos e mapas de conceitos dos participantes quando foram indagados a responder oralmente: “O que é isto a óptica?”.

Dessa forma, a presença dos discursos transcritos como referencial, foi fundamental no processo de avaliação da evolução conceitual, para o esclarecimento do fenômeno em análise.

De acordo com Neves (1991), as unidades de significado contêm os trechos mais ricos do discurso de cada sujeito investigado, e é necessário um esforço atento para compreender cada uma dessas unidades. Segundo o mesmo autor, esse procedimento só ocorre se por meio da reflexão e variação imaginativa, ou seja, a manutenção do fenômeno mesmo após uma indagação constante do pesquisador sobre a existência dele.

A seguir são transcritos 4 (quatro) discursos e 4 mapas conceituais para subsidiar a compreensão.

**Pesquisador:** O que é isto a óptica?

**Sujeito B.C:** “É uma parte da física que estuda a luz, e fenômenos como reflexão, refração e difração, tem mais alguns, eu me lembro que em todo esse estudo a gente viu vários [...], eu coloquei todos que lembrei no mapa, lembro que a luz tem divisões, mas apenas algumas são possíveis serem vista pela visão humana. A gente não enxerga infravermelho mas sente, não enxerga o ultravioleta mais pode machucar nossa pele. Percebi que a luz não só está associada a esses experimentos que a gente fez mas, está em tudo desde a nossa visão a utilização de objetos de tecnologia, microscópios para analisar a coisas pequenas, ou uma lente de óculos de sol pra diminuir a força da luz do sol.”

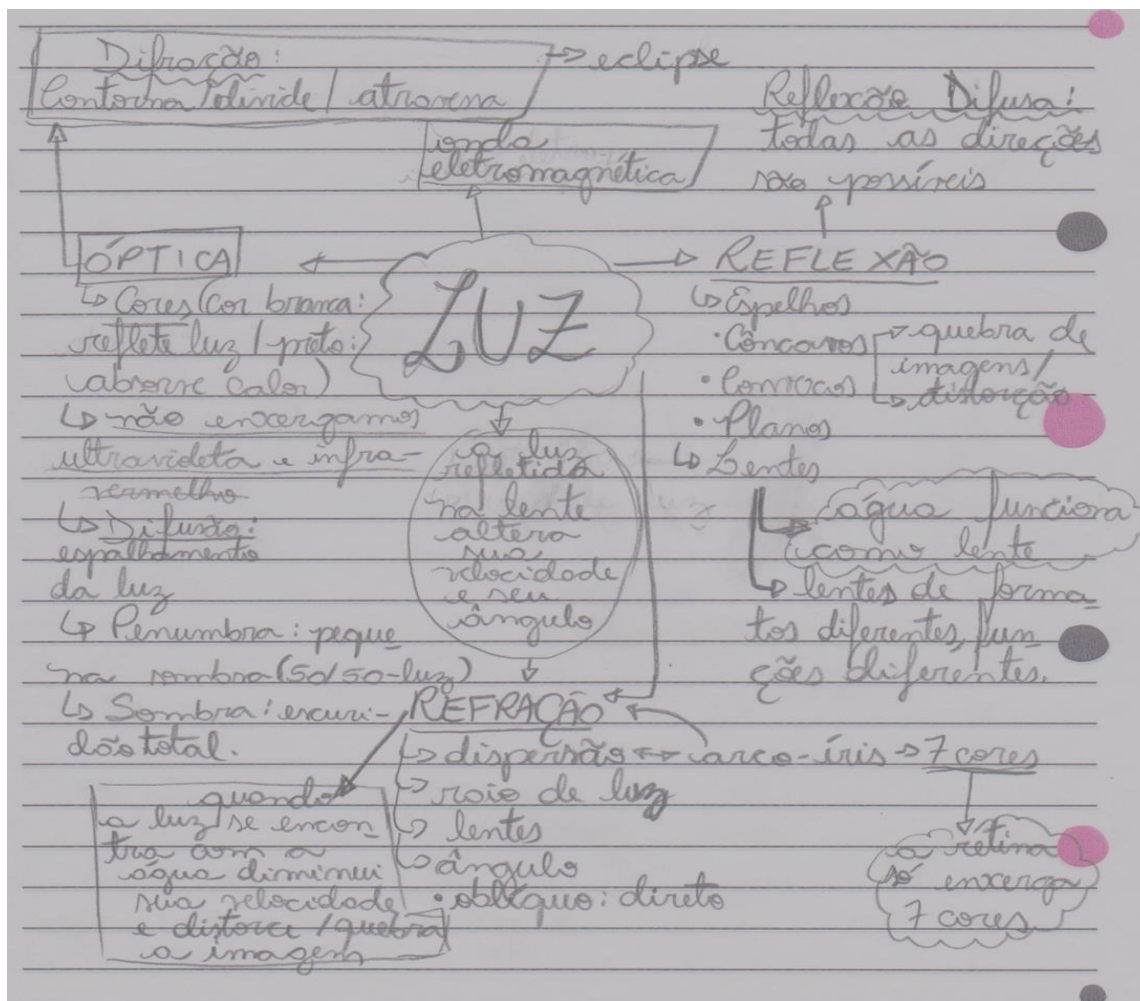


Figura 26 - Mapas conceituais elaborado por um aluno participante da Pesquisa B. C.  
Fonte: Autoria própria

**Pesquisador:** O que é isto a óptica?

**Sujeito M.A:** É a parte da ciência que estuda os fenômenos relacionados a visão da luz, como a reflexão, refração e difração. No caso da reflexão da luz afeta nossa visão, os raios de luz nos ajudam a entender a formação da imagem, a imagem seria reproduzida com mesmo ângulo. Posso fazer um desenho para explicar, professor?

**Pesquisador:** Sim.

O sujeito desenha um feixe de luz incidindo sobre uma superfície e sendo refletido por ela, com mesmo ângulo de incidência (Figura 27).

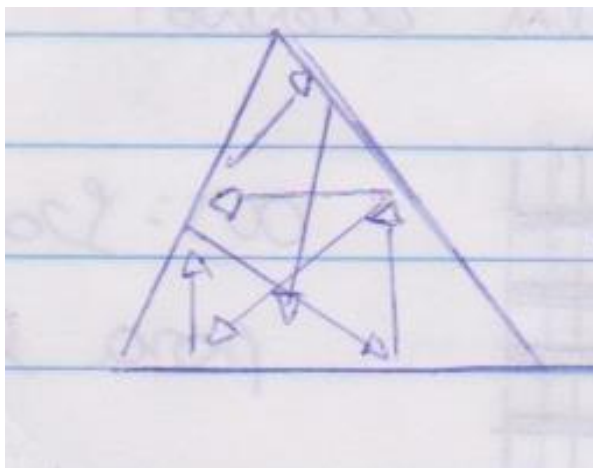


Figura 27 - Desenho elaborado por um aluno participante da Pesquisa M. A.  
Fonte: Autoria própria

**Sujeito M.A:** Já a refração seria a “quebra” de alguma imagem de um objeto, ou em outras palavras a diminuição da velocidade da luz e a formação de uma nova imagem, diferente em tamanho do objeto.

**Sujeito M.A:** “Cores, a cor mais importante pra mim é o branco e o preto. O preto seria absorção completa, absorve inclusive o calor. A branca reflete. Mas qual seria o significado para fazer experimentação? em vez de teoria sempre, é que na experimentação a aula é mais dinâmica, com participação da gente, o que não ocorre com tanta intensidade com as aulas teóricas.” Pausa [...] “Tivemos outros experimentos como o caleidoscópio (que tenho guardado até hoje). Lembro que pegamos 3 vidros de mais ou menos 25cm por 5 cm, encaixamos em formato triangular. Todas as imagens que entram nele refletem infinitamente dependendo do ângulo que alguém olhar. É como se um espelho mandasse a imagem pra outro. A vela fantasma e a difração foram experimentos que me ajudaram a entender como a luz sofre reflexões. Os experimentos que usamos a difração me ajudou a entender o funcionamento dos microscópios na visão de coisas muito pequenas. Quando o professor disse que a luz pode contornar obstáculos, não imaginei que ela contornasse coisas como microrganismo diâmetro de fios de cabelo, fiquei de cara.”



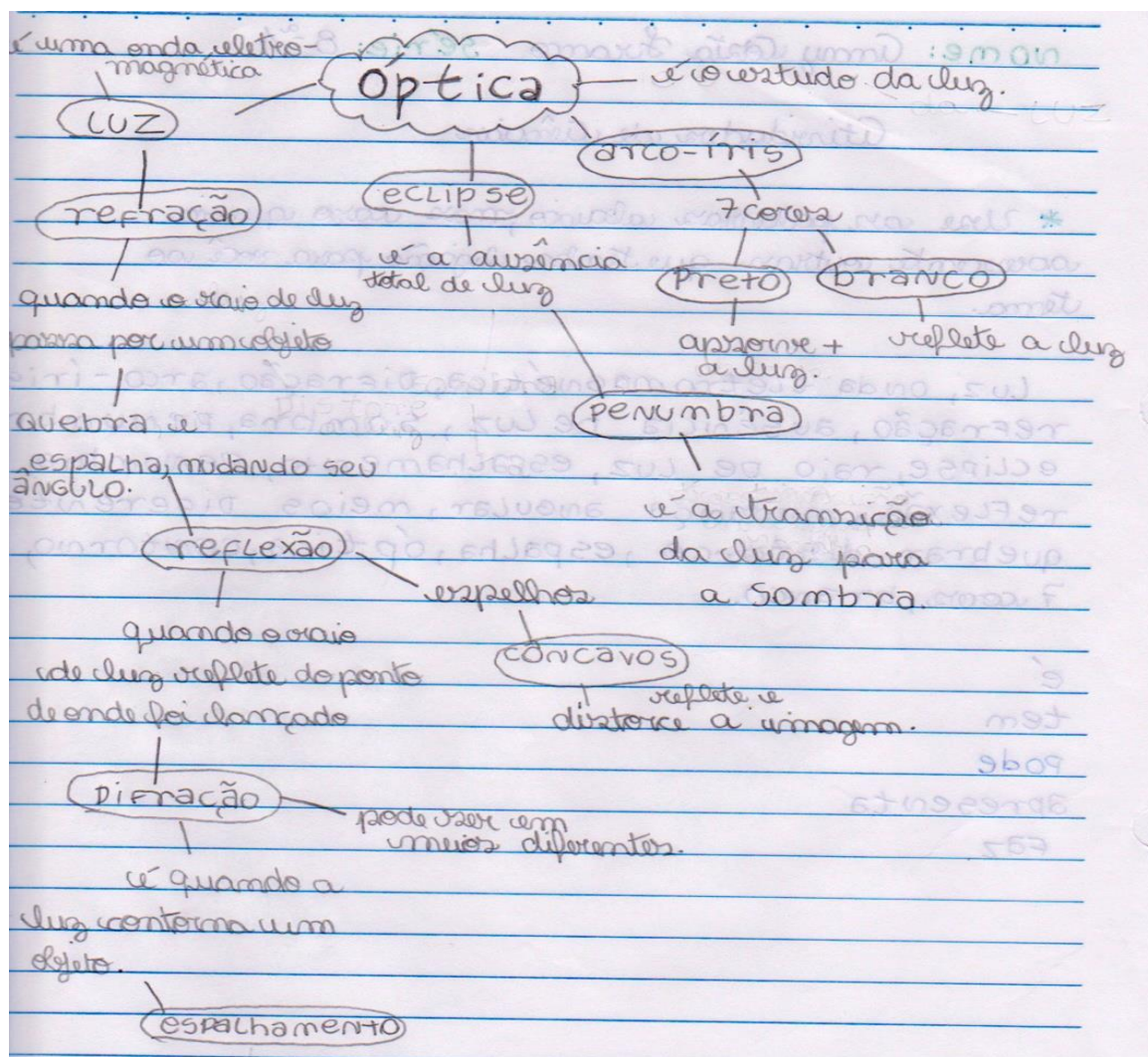


Figura 28 - Mapa de conceitos elaborado por um aluno participante da Pesquisa M. A.  
Fonte: Autoria própria

**Pesquisador:** O que é isto a óptica?

**Sujeito P.L.:** “Pra mim ótica ou óptica como o professor fala é uma parte das ciências. Assim como tem a biologia, a química, a óptica é uma parte da física. Neste ano usamos o método da experimentação para entender um pouco mais da óptica. Fizemos vários experimentos, eu me lembro do uso de tipos de espelhos para o entendimento da reflexão da luz com alguns lasers. Usamos um laser verde, pois sua luz é muito concentrada e não dispersa tanto quanto a luz como das lanternas. Lembro bem que a refração era a quebra da luz quando atingia um obstáculo diferente que viajava. Vi também que diferente da luz da lâmpada, com o laser, a luz do laser não pode ser separada tentamos várias vezes mas não conseguimos pois nesta cor só havia o verde. A cor das coisas é algo interessante, eu achava que era como as tintas

em arte, misturava uma cor com outra e dava uma outra cor, com a luz é um pouco diferente, é possível misturar mas não é possível separar de novo, quer dizer o verde é só o verde, o azul é só o azul e assim vai. Agora o que me deixou mais impressionado foi entender o funcionamento dos microscópios em um experimento chamado difração. A luz e o som contornam portas, frestas, mas a luz contorna menos. Eu fui pra trás da porta, quando o professor pediu, mas ninguém me viu, mas quando gritei todos me ouviram, quer dizer o som passou mas a luz do meu corpo não chegou em ninguém. Muito legal. Tudo isso para a gente entender que a luz pode ser um microscópio muito forte.”

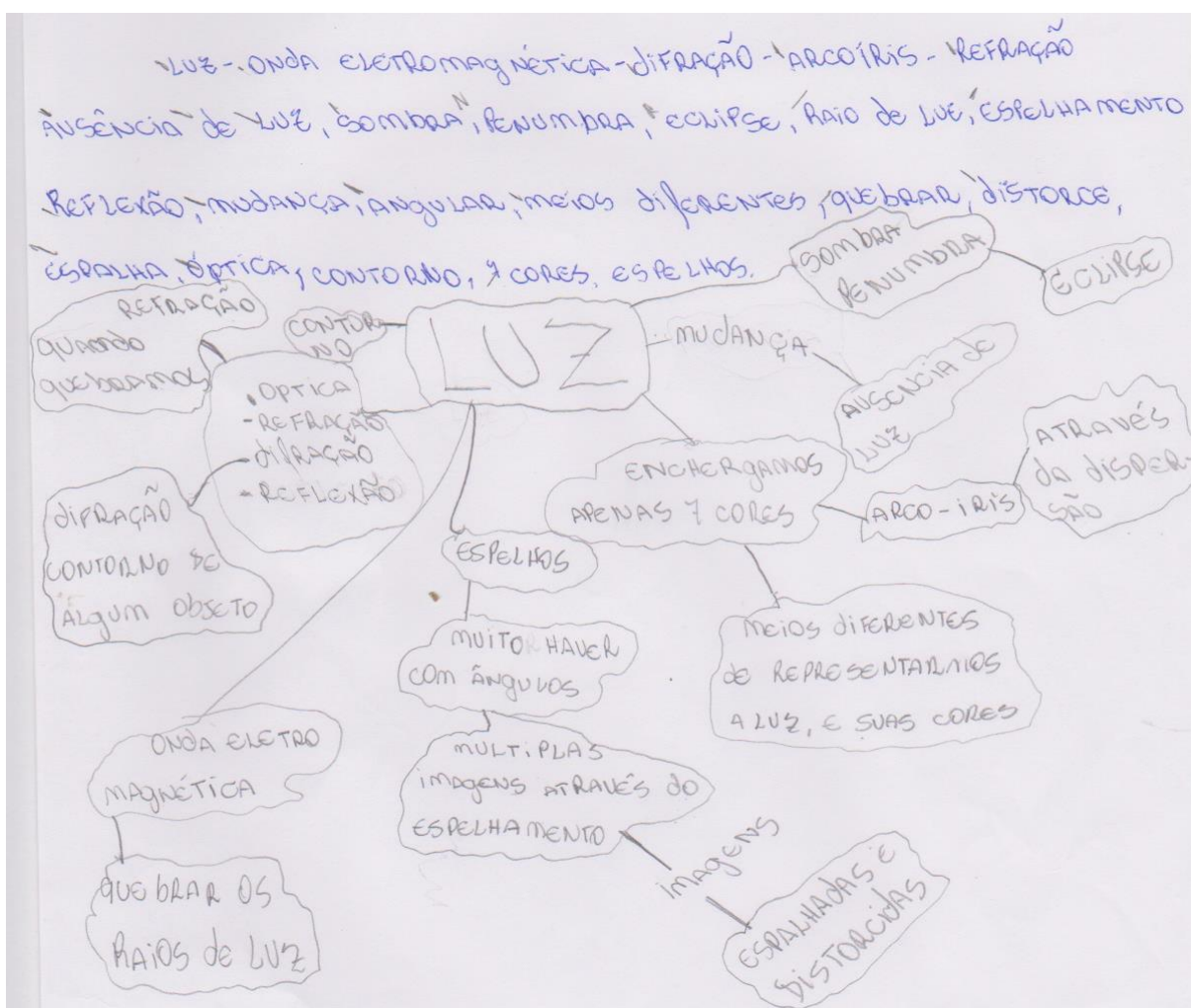


Figura 29 - Mapa de conceitos elaborado por um aluno participante da Pesquisa P. L.  
Fonte: Autoria própria



**Pesquisador:** O que é isto a óptica?

**Sujeito A. C:** Olha professor acho que a óptica é uma reunião de estudos de trabalhos de vários professores, bem antigos sobre a luz, professores da filosofia bem antigos como Isaac Newton, Galileu, que estudaram esses assuntos bem antes da gente [...] para que a gente possa entender como a luz do sol chega nas coisas e a cor das coisas, das lâmpadas dos corpos luminosos interferem nas coisas e como podemos ver essas coisas após esses reflexos. Sem a luz não vemos nada! Eu achava que era possível ver um pouco mas na sala do nada que montamos nos não enxergamos nada. Eu achava que sim, mas fizemos uma câmara bem escura, uma caixa totalmente escura, sem nenhuma fresta, e tiramos uma foto dentro da caixa.

A foto saiu totalmente escura. Eu achava que seria igual no meu quarto, pois no meu quarto eu vejo as coisas mesmo que a luz já esteja apagada. Então o professor explicou que a luz viaja e contorna até por debaixo da porta, então vemos as coisas porque tem um pouco de luz. Se houver bem pouco de luz talvez seja suficiente para vermos um pouco.

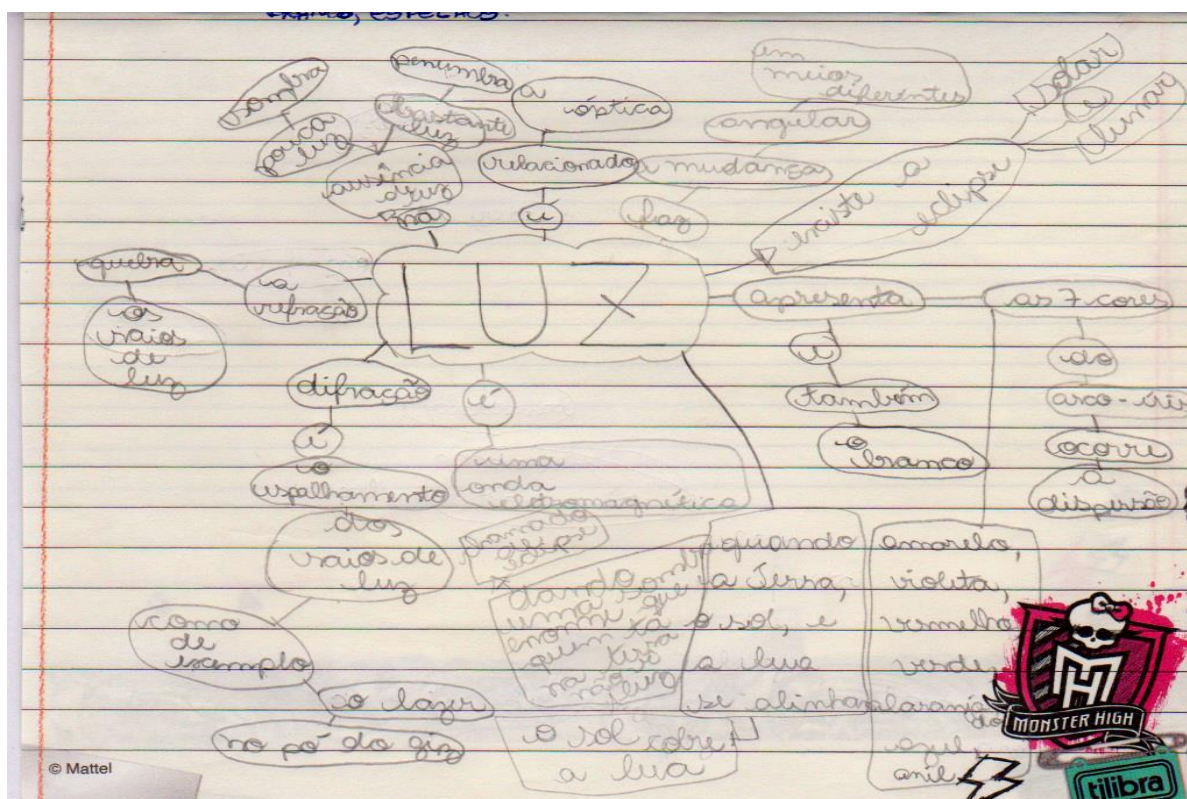


Figura 30 - Mapa de conceitos elaborado por um aluno participante da Pesquisa A.C  
Fonte: Autoria própria

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na procura das essências presente na redução fenomenológica; “O que é isto a Óptica?” investigaram-se os conceitos de óptica contidos na estrutura cognitiva dos participantes da pesquisa, após a aplicação das práticas experimentais, sequenciadas de maneira lógica e investigativa, diversificando os enfoques e abordagens.

Sendo assim, respondendo a questão o que é isto a Óptica? os alunos foram convidados a externalizar suas concepções. Para tanto, os discursos foram lidos e relidos, pelo pesquisador descartando partes dos discursos que continham os elementos ingênuos, para então ir ao encontro da essência, núcleos que revelassem associações coerentes para as construções de significados em óptica.

Dessa forma foram escolhidos pelo autor somente categorias que pudessem convergir para as unidades de significados. Assim procuram-se correlações entre as categorias escolhidas pelo autor, em trechos dos discursos dos participantes. As categorias foram elencadas durante o processamento da redução ao fenômeno, sendo essas:

- a) a contribuição dos aspectos históricos na construção do pensamento científico;
- b) a natureza da luz;
- c) o reconhecimento a reflexão da luz;
- d) o reconhecimento do fenômeno de difração;
- e) o reconhecimento do fenômeno da refração;
- f) às possíveis associações com a tecnologia;
- g) o método Experimental como método de ensino.

Analisar essas convergências é por sua vez é uma relação intersubjetiva entre o pesquisador e o fenômeno em questão; aprender e ensinar óptica por meio da experimentação.

Em seguidas estão descritas as compreensões ideográficas do pesquisador em relação aos discursos dos sujeitos.



O discurso do sujeito B.C, revela reconhecimento dos fenômenos ópticos, além de apresentar suas diferenças. Com relação à natureza da luz, o mesmo revela compreensão sobre o espectro eletromagnético e que, não é toda a radiação eletromagnética que pode sensibilizar a retina. **[...a gente não enxerga infra vermelho, mas sente...][...o ultravioleta pode machucar nossa pele...]**. Ainda, em sua fala, reconhece a experimentação como método de ensino e também consegue relacioná-lo ao desenvolvimento de tecnologias. Ao analisar o mapa elaborado por esse participante, observa-se que o mesmo demonstra facilidade em realizar associações específicas entre conceitos sem contudo perder uma visão geral da óptica.

#### ***Compreensão Ideográfica do discurso – Sujeito M.A***

Ao analisar o discurso do sujeito M.A., o mesmo demonstra clareza na identificação da óptica como parte da ciência investiga fenômenos de reflexão, refração e difração além da óptica da visão. Em sua fala menciona: **[...estuda os fenômenos relacionados a visão...]**. Nota-se também, que o mesmo conseguiu externalizar com clareza o modelo de incidência e reflexão dos raios luminosos na formação de imagens; **[os raios de luz nos ajudam a entender a formação da imagem, a imagem seria reproduzida com mesmo ângulo...]**

Quando direciona sua explicação para refração, o mesmo usa o verbo quebrar, como sinônimo de refração e ainda consegue explicar satisfatoriamente tal fenômeno quando dispara: **[...a diminuição da velocidade da luz e a formação de uma nova imagem, diferente em tamanho do objeto].**

Ao concluir, argumenta sobre a difração da luz, relatando que o método experimental contribuiu para o convencimento, às vezes não alcançado pela fala do professor; **[...Quando o professor disse que a luz pode contornar obstáculos, não imaginei que ela contornasse coisas como microrganismos de diâmetro de fios de cabelo...].**

#### ***Compreensão Ideográfica do discurso – Sujeito P.L***

Talvez por estar inserido em um sistema fragmentado de ensino, onde cada disciplina tem o seu momento, o sujeito P.L compara óptica, a biologia, química, ou seja, como disciplinas isoladas. Ao reconhecer experimentação como método de ensino, rememora ter usado espelhos para o estudo da reflexão da luz. O mesmo aluno comparar a luz policromática de uma lâmpada com a colimada de um laser, demonstra conhecer elementos de fonte extensa e pontual. Além de que, o mesmo revela que a luz monocromática verde emitida pelo laser, não pode ser decomposta, ao contrário da luz emitida pela lâmpada; **[...A luz do laser não pode ser separada]...[tentamos várias vezes, pois nesta cor só havia o verde]**. No tocante a sua compreensão sobre a propriedade das cores, P.L, retoma um dos axiomas de Newton, quando dispara que: **[o verde é só o verde, o azul é só o azul]**.

Ao revelar a capacidade do som contornar obstáculos mais facilmente que a luz, o aluno exemplifica uma experiência que realizou nos momentos de aula, evidenciando a importância de experimentar para poder compreender; **[...eu fui para atrás da porta, quando o professor pediu, mas ninguém me viu, mas quando gritei todos me ouviram, quer dizer o som passou mas a luz do meu corpo não chegou em ninguém. Muito legal.]**

PL, ao construir o mapa, revela grande facilidade em externalizar conceitos por meio desses instrumentos. Mesmo sem utilizar conectivos, consegue elaborar de forma coerente uma rede de conceitos associados à óptica, demonstrando então sua compreensão sobre os conceitos abordados e a construção de seus significados.

### ***Compreensão Ideográfica do discurso – Sujeito A.C***

O sujeito A.C revela em sua fala que a óptica é uma reunião de estudos “antigos” sobre a luz, concede os créditos a Isaac Newton e Galileu, sem, no entanto mencionar inúmeros outros pensadores que contribuíram no desenvolvimento da óptica. Tem uma compreensão geral, pouco profunda sobre a Óptica, contudo foi o único a citar um dos experimentos que realizamos para nível de curiosidade e revela: **[...Sem a luz não vemos nada! Eu achava que era possível ver um pouco mas na sala do nada que montamos nós não enxergamos nada. Eu achava que sim, mas fizemos uma câmara bem escura, uma caixa totalmente escura, sem nenhuma fresta, e tiramos uma foto dentro da caixa. A foto saiu totalmente escura. Eu**

achava que seria igual no meu quarto, pois no meu quarto eu vejo as coisas mesmo que a luz já esteja apagada.]

No quadro 03, estão apresentados, em categorias, os excertos de unidades de significados convergentes dos participantes: **B. C, M.A, P.L e A.C**

	Categorias	Excertos de Unidades de Significados Convergentes Participante B. C	Excertos de Unidades de Significados Convergentes Participante M.A	Excertos de Unidades de Significados Convergentes Participante P.L	Excertos de Unidades de Significados Convergentes Participante A.C
Aspectos Históricos	Incremento psicológico				Reunião de estudos de trabalhos de vários professores. Bem antigos. Professores de filosofia, bem antigos como Isaac Newton. Galileu, que estudaram esse assunto bem antes da gente..
Óptica	Reflexão	Reconhece como Fenômeno Físico	Raio de luz...formação da imagem...a imagem seria reproduzida pelo mesmo ângulo...  Todas as coisas que entram nele, refletem infinitamente, dependendo do ângulo de que olhar		A luz do sol que chega nas coisas...e a cor das coisas...
	Natureza da Luz	...a luz tem divisões... ...a gente não enxerga o infravermelho, mas sente...	Cores, a cor mais importante pra mim é o branco e o preto, o preto seria a absorção completa, absorve inclusive o calor...a cor branca reflete	A luz do laser não pode ser separada...	...A luz do sol que chega nas coisas...e a cor das coisas...
	Espectro eletromagnético	...algumas são possíveis de serem vistas pela visão humana...		O verde é só o verde... o azul é só o azul....	
	Difração	...microscópios para analisar pequenas...	Que a luz contorna obstáculos, não imaginei que ela contornasse coisas como microrganismo diâmetro de fios de cabelo...	Agora o que me deixou mais impressionado foi entender o funcionamento dos microscópios em um experimento chamado difração...  A luz e o som contornam portas, frestas, mas a luz contorna menos...	A luz viaja e contorna até debaixo da porta...

	Refração	...uma lente...	...a refração seria a “quebra” de alguma imagem de um objeto, ou em outras palavras a diminuição da velocidade da luz e a formação de uma nova imagem, diferente em tamanho do objeto.		
Associação com Tecnologias	Tecnologias	..objetos de Tecnologia, microscópios uma lente óculos de sol para diminuir a força da luz do sol..,		...Microscópios, laser, luz colimada...não dispersa tanto	
Método Experimental		A luz não só está associada só a experimentos que fizemos...	Na experimentação a aula é mais dinâmica, com a participação da gente, o que não ocorre com intensidade com as aulas teóricas... Tivemos outros experimentos... Os experimentos que usamos a difração me ajudou a entender o funcionamento dos microscópios na visão das coisas muito pequenas...		

**Quadro 3 – Unidades de significados convergentes**  
**Fonte: Autoria própria**

Sob uma perspectiva fenomenológica, nota-se que contribuições foram realizadas pelas atividades experimentais para com os sujeitos da pesquisa. Dentre as percepções evidenciadas nos relatos dos discentes, se destacam a facilidade de assimilar e associar conceitos físicos relacionados à óptica e associá-los ao mundo real, após participação de experimentação.

Os *excertos* das unidades de significados, revelam, em essência que os participantes conseguem construir seus próprios conhecimentos, sintetizar suas ideias, formular proposições e externalizá-las por meio dos mapas de conceitos de forma organizada, contudo, há uma tendência evidenciada pelos sujeitos da pesquisa em utilizar os mapas de forma superficial como forma de diagramas simplistas, esquemas ou até modelos mentais.

Os aspectos históricos abordados durante as práticas experimentais contribuem, não explicitamente para um incremento psicológico citado por Bachelard (2000), pois não foram citados pelos alunos em seus mapas ou discursos, contudo, aos olhos do pesquisador, a abordagem a cerca da história da ciência traz elementos sobre a natureza da ciência, levando o aluno a perceber que a ciência não surgiu do

nada, ou de uma simples curiosidade, mas de uma reunião de ideias, dedicação pessoal intransferível de inúmeros filósofos, físicos, matemáticos para que chegasse a tal amplitude que observamos hoje.

As associações entre os experimentos e o cotidiano vão de encontro aos argumentos presentes no referencial teórico onde Séré, Coelho e Nunes (2003), ao descreverem a atividade experimental como um método de ensino que estabelece um elo entre o mundo dos objetos, das linguagens simbólicas e o mundo real de quem experimenta.

Como método de ensino, a atividade experimental se revela plural, constatação evidenciada por Zômpero; Laburú (2011), ao considerarem ricas as práticas experimentais ao compará-las como banco de provas, desde que os experimentos não sejam utilizados de forma rotineira.

No tocante a formação de professores e suas atuações, nota-se que as atividades experimentais constituem-se como uma maneira dos professores variarem suas práticas pedagógicas, uma vez que no ambiente onde foram aplicadas, as aulas são resumidas ao uso do quadro e giz, integralmente teóricas, com a exposição da figura central do professor. Isso nos leva a elaborar interrogações do tipo; os alunos que assim o acharam, realizaram experiências direcionadas como recurso instrucional para compreensão de um novo conceito ou simples verificação de uma lei? nem em química, biologia ou matemática? ou quando realizaram se limitaram a reproduzir práticas demonstrativas, sem riquezas de significados e associações?

Algumas dessas razões inevitavelmente direcionam para formação do professor de ciências, que muitas vezes por não experimentar, não pode considerar tal atividade, como algo frutífero ou como método, facilitador para o ensino de ciências.

Essa informação pode ser observada na fala do sujeito M.A onde descreveu:

[...] na experimentação a aula é mais dinâmica, com a participação da gente, o que não ocorre com intensidade com as aulas teóricas [...] Tivemos outros experimentos [...] Os experimentos que usamos a difração me ajudou a entender o funcionamento dos microscópios na visão das coisas muito pequenas [...] (M.A).

Outra percepção realizada pelo pesquisador se refere a maior atenção que os alunos dispensaram durante a aula com experimentação.

Tal fato é mencionado por Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006), quando citam a experimentação tem componentes construtivista, isto é, um método que procura responsabilizar o aluno como construtor de seu próprio conhecimento, em contra ponto com os métodos de exposição teóricos, tradicionais, onde prioriza-se a apresentação de conteúdos mais centradas no professor, tornando o aluno um ser passivo na sala de aula. Assim, para construção do próprio conhecimento, o aluno deve ter a predisposição, pró-atividade, esforço deliberado, algo que é inerente ao desenvolvimento das práticas experimentais.

A descontração percebida pelo pesquisador durante as atividades experimentais, foi uma das características marcantes quando as atividades eram realizadas. De acordo com Perelman, (1988), ao ensinar física de forma recreativa não se segue o sistema comumente empregado nos livros didáticos, neles há um espaço muito pequeno para a descrição de experimentos físicos divertidos e espetaculares.

Essa menção também fica evidente na fala do aluno M.A, quando revela em seu discurso que tem ainda guardado seu caleidoscópio até hoje. Nessa afirmação relatada pelo aluno, citamos Perelman, (1988), pois, este descreve que brinquedos e artefatos para o ensino de física, são eficazes como meios de ensino, justamente, porque não foram construídos para essa finalidade.

Outra evidência trazida nas convergências é relativa ao reconhecimento dos fenômenos físicos. Embora tal reconhecimento não tenha sido relatado explicitamente nos discursos, todos os alunos que foram entrevistados ou participaram das atividades, mencionaram tais diferenciações em suas atividades.

Ao mesmo tempo em que a experimentação é fator capaz de tornar a atividade de ensino potencialmente significativa, as avaliações por meio de mapas conceituais reforçam os novos conceitos apreendidos, ou colaboram para que alguns conceitos assumidos, como coerentes sejam abandonados, ou substituídos por outros mais ricos em significados, sinais da evolução conceitual.

A riqueza de conceitos presente nos mapas e a gama de associações que os alunos associados revelam que mapas também podem ser adotados como forma de avaliação conforme argumento trazido no referencial adotado.

Portanto, foi notória a percepção de que a experiência realizada pelo próprio aluno contribui para o refinamento de um modelo mental, mais próximo da teoria que a fundamenta e neste caminhar, pode tornar os alunos capazes de redescobrir o que

já é conhecido pela ciência, reformulando, ou (re)construindo um conceito oriundo de suas interações sociais, de suas concepções espontâneas, para um conceito mais refinado, distante do senso comum, mais próximo de uma abordagem científica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao utilizar a atividade experimental, como método para ensino de óptica, procurou-se elevá-la como um método plural, ou seja, um método permeado de estratégias que atendam e sensibilizem a maior parte dos estudantes para realização da evolução conceitual com relação aos conceitos ópticos.

Comparar o método experimental empregado na época de Galileu e Newton com os métodos experimentais utilizados pelos professores hoje para instruir nos remete a reconhecer que ambos tinham objetivos distintos. Galileu o utilizava como prova experimental ou para refutação de uma teoria a qual ele não concordava. No tocante a atividade educacional, parece-nos pertinente afirmar que o professor detém a complexa tarefa de realizar a evolução conceitual em seus alunos, atribuições dirigidas à escola, no vitalício processo de alfabetização científica dos discentes.

Sob uma perspectiva fenomenológica, notaram-se contribuições realizadas pelas atividades experimentais para com os sujeitos da pesquisa, dentre elas:

- a) a facilidade de assimilar e associar conceitos físicos relacionados à óptica e associá-los ao mundo real, após participação de experimentação;
- b) os excertos das unidades de significados, revelam, em essência conseguem reconhecer e diferenciar os fenômenos experimentados;
- c) sintetizar suas ideias, formular proposições;
- d) externalizá-las por meio dos mapas de conceitos de forma organizada;
- e) Há uma tendência dos alunos serem menos resistentes a mudança conceitual quando realizam atividades experimentais;
- f) Maior nível de entretenimento, pré-disposição, esforço quando a atividade experimental é desenvolvida favorecendo a aprendizagem significativa de conceitos.
- g) Abordar aspectos históricos, contribuem indiretamente para um incremento psicológico

Observa-se que, os métodos experimentais iniciados por Galileu, e hoje apoiados por teorias de aprendizagem contemporâneas são contribuintes para o ensino aprendizagem de óptica nas Séries Finais do Ensino Fundamental. Desta forma, foi notória a percepção de que a experiência realizada pelo próprio aluno contribui para o refinamento de um modelo mental, mais próximo da teoria que a fundamenta e neste caminhar, pode tornar os alunos capazes de redescobrir o que já é conhecido na ciência, reformulando, ou (re)construindo um conceito oriundo de suas



interações sociais, de suas concepções espontâneas, para um conceito mais refinado, distante do senso comum, mais próximo de uma abordagem científica.

Portanto a atividade experimental, quando reconceitualizada a luz do construtivismo, se revelou frutífera como método de ensino, e não deve ser abandonada, como se configura em grande parte dos ambientes escolares.

Nesta direção iniciou-se, nesta escola, após este trabalho, uma reformulação do projeto pedagógico da instituição no tocante as disciplinas de ciências, culminando em incentivos ao professor para a realização de pelo menos 01(uma) aula semanal contendo atividades experimentais em forma de oficinas, permitindo aos alunos envolverem-se em um universo fascinante do método experimental.

Outro processo que pode ser atribuído à realização desse trabalho culminou na realização de mais reuniões pedagógicas por áreas, algo inexistente até então, aproximando os professores de artes, ciências, física, química e matemática e língua portuguesa para troca e partilhas de experiências, valorizando a interdisciplinaridade.

Outrossim, a continuidade do processo de melhoria no ensino de ciências se dará com a formação continuada de profissionais atuantes nas séries iniciais do ensino fundamental, para então incitarem a curiosidade e interesse dos alunos pelas atividades empíricas presente no mundo das ciências.

Tal sugestão visa preparar os profissionais da educação para sensibilizar os alunos, desde a educação infantil e anos iniciais para a importância das disciplinas relacionadas as ciências da Natureza em seu cotidiano, favorecendo também o interesse dos alunos por essas áreas quando novamente as encontrarem no ensino médio e por que não nos cursos superiores.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.
- ASSIS, A. K. T. **Óptica**. São Paulo: Ed.USP, 1996. (Tradução completa do livro Optics, de Isaac Newton).
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANNESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Tradução de Teopisto, L. Revisão científica, Teodoro, V.D. Lisboa. Editora Plátano. 1ª edição. PT – 467 – Janeiro de 2003.  
Novak, J. D. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo: Pioneira. 252p
- BACHELARD, G. **A epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2000
- BEZERRA, D. P., GOMES, E. C. S., MELO, E. S. N., & SOUZA, T. C. (2011). **A evolução do ensino da física–perspectiva docente**. *Scientia Plena*, 5(9).
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: primeiro e segundo ciclos do ensino fundamental (Tema Transversal Saúde).Brasília: MEC/SEF, 1998.
- CARUSO, F.; ARAÚJO, R. M. X. **A física e a geometrização do mundo**: construindo uma cosmovisão científica. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 1998.
- DINIZ, R. E. S. Concepções e práticas pedagógicas do professor de ciências. In: NARDI, R. (Org.). **Questões atuais no ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 27-32.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. 3. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GALILEI, G. **Diálogos acerca de dos nuevas ciencias**. Buenos Aires: Losadas, 1945.

GASPAR, A. **Experiências de ciências**. São Paulo: Ática, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Hodson, D. (2000). **Trabalho prático e experimental na educação em ciências**. Braga: Universidade do Minho.

KOYRÉ, A. **Estudos históricos do pensamento científico**. Rio de Janeiro: Forense-Universitaria, 1982.

LABURÚ, Carlos Eduardo; DE MELLO ARRUDA, Sérgio; NARDI, Roberto. **Pluralismo metodológico no ensino de ciências** *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LAZAROWITZ, R.; TAMIR, P. **Research on using laboratory instruction in Science**. In GABEL, D. L. (Ed.). *Handbook of research on science teaching and learning*. New York (USA): MacMillan Publishing Company, 1994.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis (SC), v. 3, n. 1, p. 1-17, jun. 2001.

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

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. UNB, 1999.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, M. A. **Negociação de significados e aprendizagem significativa**. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 1, n. 2, p. 2-13, dez. 2008.

MOREIRA, M. A. (1999). **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. 2012. 2013.

NEVES, M. C. D. **Uma perspectiva fenomenológica para o professor em sua expressão do: “o que é isto, a ciência?”**. Campinas. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.

NEVES, M. C. D.; PEREIRA, R. F. **Divulgando a ciência: de brinquedos, jogos e do vôo humano**. Maringá (PR): Massoni; /SPBC-MCT, 2006. v. 1, p. 9-14.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares para os Anos Finais do Ensino Fundamental e para o Ensino Médio**. Curitiba: SEED, 2008.

PERELMAN, Y. **Física recreativa**. 5. ed. Moscou (RUS): Mir, 1988. 2 v.

RESQUETTI, S. O.; NEVES, M. C. D. **Galileu e sua obra no ensino de física hoje**. Maringá (PR): Ed. UEM, 2011.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula, um desafio pedagógico**. Lisboa (POR): Livros Horizontes, 1991.

SARAIVA-NEVES, M; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. **Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula: um estudo exploratório**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino da física**. Caderno Brasileiro do Ensino de Física, Florianópolis, v. 20, n. 1, p.30-42, abr. 2003.

SILVA, E.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 2. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

VYGOTSKY, L. **A formação social da mente**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte (MG), v. 13, n. 3, p. 67-80, set. 2011.

**APÊNDICE A** - Atividade para investigação de conceitos prévios dos alunos associados à Óptica

Conceito	Significados
Cor branca	
Cor prata	
Cores	
Corpos iluminados	
Corpos luminosos	
Difração	
Eclipse	
Espelho	
Fótons	
Ionização de um gás	
Lentes	
Objeto de cor escura	
Onda eletromagnética	
Penumbra	
Reflexão	
Refração	
Sol	
Sombra	

Tabela 1- Atividade para investigação de conceitos prévios dos alunos associados à Óptica.

**APÊNDICE B - Protocolo de Anotações após as Investigações**

**Protocolo de Anotações após as Investigações.****Unidade:** \_\_\_\_\_**Turma** \_\_\_\_\_**Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Ações	Resultados
Investiguei	
Realizei os seguintes passos	
Observei que:	
Descobri que:	



## **APÊNDICE C - Carta de Apresentação**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ponta Grossa, 20 de Março de 2013.

Senhor diretor e professores,

Dirijo-me a Vossas Senhorias na condição de orientador no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da UTFPR – Campus Ponta Grossa, com o objetivo apresentar o aluno **Paulo Fernando Zaratini de Oliveira e Silva**, matriculada como aluno regular no Curso de Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia, desta Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa – UTFPR.

Em sua pesquisa, procura como objetivo geral, estruturar atividades pedagógicas que contribuam para que os alunos de oitava série do Ensino Fundamental obtenham aprendizagem significativa em Ciências, especificamente no tocante a tópicos da disciplina de Física.

Para tanto, solicitamos a sua colaboração no sentido de autorizar a realização de atividades a serem realizadas na classe da 8ª Série 1 do Ensino Fundamental, período matutino, desta Instituição de Ensino.

Os dados serão coletados a partir de atividades realizadas em sala de aula com os alunos da série em questão. Também poderão ser analisados questionários aplicados aos professores que ministram aulas nesta sala, mas atuam em outras disciplinas.

As informações coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins desta pesquisa, ficando de domínio restrito ao pós-graduando e seu orientador. A divulgação dessas informações, bem como das conclusões obtidas por meio da análise dar-se-á somente mediante prévia autorização, preservando assim os interesses das instituições e o respeito a padrões éticos. Ao término da pesquisa, os resultados estarão disponíveis para a sua apreciação e consulta.

A pesquisa só será possível se puder contar com a sua colaboração, no sentido de permitir que possamos realizar as coletas de dados em horários estabelecidos por Vossa Senhoria e pelos professores que aceitarem participar da pesquisa.

Ressalto que todos os dados fornecidos serão confidenciais e a instituição, os alunos e os professores que participarem do estudo não serão identificados em qualquer comunicação ou possível publicação futura.

Agradeço antecipadamente sua atenção, certa de poder contar com seu apoio.

Atenciosamente,

Orientador: Profº Dr. Marcos César Danhoni Neves  
Co-orientadora: Profº Drª. Sani de Carvalho Rutz da Silva

**APÊNDICE D - Termo de Consentimento**

## TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu, Ir. Marli Conceição Dias, Vice-Diretora desta Instituição de Ensino e Coordenadora do Ensino Fundamental do Colégio Sant'Ana - sede, declaro que fui informada dos objetivos da pesquisa de autoria do Professor Paulo Fernando Zaratini de Oliveira e Silva, a qual investigará sobre **“EXPERIMENTAÇÃO EM ÓPTICA NAS SÉRIES FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA COMPREENSÃO FENOMENOLÓGICA”**.

O trabalho será realizado com a turma do 8º Ano 1 período MATUTINO. Para tanto, autorizo: a execução desse trabalho nesta instituição de ensino, para fins acadêmicos; a divulgação de imagens desta instituição fotografadas durante a execução do projeto.

Declaro, também, que não recebi ou receberei qualquer tipo de pagamento por esta autorização.

---

Marli Conceição Dias  
Vice Diretora

Ponta Grossa, 30 de Abril de 2013.

## **APÊNDICE E - Carta de Apresentação**

## CARTA DE APRESENTAÇÃO

Senhores Pais ou responsáveis

A pesquisa intitulada “**EXPERIMENTAÇÃO EM ÓPTICA NAS SÉRIES FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA COMPREENSÃO FENOMENOLÓGICA**” será desenvolvida no Colégio Sant’Ana, durante o segundo Bimestre de 2013, com o objetivo de estruturar atividades Teóricas/Experimentais, que possibilitem aos alunos do curso 8ª série do ensino fundamental, uma melhor compreensão do fenômenos físicos e tecnológicos provenientes da Óptica.

Para o desenvolvimento de tal pesquisa, serão coletados dados a partir de atividades realizadas em sala de aula com os alunos da 8ª Série 1 – na Disciplina de Ciências. As informações coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins desta pesquisa, ficando de domínio restrito ao pós-graduando e seu orientador Prof Dr. Marcos César Danhone Neves - Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/6514146095003486> .

A divulgação dessas informações, bem como das conclusões obtidas por meio da análise dar-se-á somente mediante prévia autorização, preservando assim os interesses das instituições e o respeito a padrões éticos. Ao término da pesquisa, os resultados estarão disponíveis para a sua apreciação e consulta.

Para realizar essa pesquisa, conto com sua atenção no sentido de autorizar a utilização das atividades escritas realizadas pelo seu(sua) filho(a), **que, em nenhum momento, terá o nome divulgado.**

Se houver necessidade de melhores esclarecimentos, o Professor Paulo Fernando Zaratini de Oliveira e Silva, especialista no Ensino de Ciências, disponibiliza-se a conversar pessoalmente com os pais ou responsáveis.

Solicito que, se concordar com a proposta aqui apresentada, assine a autorização em anexo.

Paulo Fernando Zaratini de Oliveira e Silva

<http://lattes.cnpq.br/0493310674974566>

Ponta Grossa, 30 de Abril de 2013.

**APÊNDICE F - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu \_\_\_\_\_, RG: \_\_\_\_\_  
responsável pelo aluno (a) \_\_\_\_\_, declaro que obtive informações sobre a pesquisa intitulada “**EXPERIMENTAÇÃO EM ÓPTICA NAS SÉRIES FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA COMPREENSÃO FENOMENOLÓGICA**” que será desenvolvida no Colégio Sant’Ana, durante o segundo bimestre de 2013. Por meio deste documento, autorizo a utilização das atividades de avaliação e/ou externalizações de outra natureza para realização do trabalho, assim como a utilização de atividades desenvolvidas em sala de aula, desde que o nome dele(a) seja preservado.

Por esta ser a expressão de minha vontade, declaro que autorizo o uso acima descrito, sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos ou qualquer outro.

Declaro, também, que não recebi ou receberei qualquer tipo de pagamento por esta autorização.

Ponta Grossa, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pai ou responsável