

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
CURSO DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
(MNPEF)

Clayton Antonio Pereira Pires

**Uma proposta de ensino sobre a luz para o 9º ano do ensino fundamental: sua natureza,
propagação e interação com a matéria.**

Juiz de Fora

2017

Clayton Antonio Pereira Pires

Uma proposta de ensino sobre a luz para o 9º ano do ensino fundamental: sua natureza, propagação e interação com a matéria.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, polo Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)/ Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas (IF-Sudeste MG) como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Professor Doutor José Roberto Tagliati

Juiz de Fora

2017

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Pires, Clayton Antonio Pereira .

Uma proposta de ensino sobre a luz para o 9º ano do ensino fundamental : sua natureza, propagação e interação com a matéria. / Clayton Antonio Pereira Pires. -- 2017.

183 f. : il.

Orientador: José Roberto Tagliati

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

1. Ensino de Física. 2. Luz. 3. Física Moderna. 4. Ensino Fundamental. 5. Aprendizagem Significativa. I. Tagliati, José Roberto , orient. II. Título.

Clayton Antonio Pereira Pires

Uma proposta de ensino sobre a luz para o 9º ano do ensino fundamental: sua natureza, propagação e interação com a matéria.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, polo Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)/ Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas (IF-Sudeste MG) como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 13 de fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Roberto Tagliati - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Paulo Henrique Dias Menezes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Emanuel José Reis de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Dedico este trabalho a minha mãe que sempre se empenhou e priorizou o meu crescimento pessoal e intelectual e a minha namorada pelo incentivo, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me permitiu desfrutar de mais essa oportunidade, em busca de crescimento pessoal, profissional e intelectual, a fim de proporcionar aos meus alunos um ensino de melhor qualidade.

À minha família e namorada em especial a minha mãe Lenir, pelo constante estímulo, apoio e dedicação, sendo sempre minha base de apoio.

Aos professores do MNPEF pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas, pelos saberes compartilhados durante o curso e apoio na realização deste trabalho.

Aos meus colegas de curso que acreditaram em mim e depositaram confiança em minhas aspirações.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Roberto Tagliati pelo apoio, paciência e carinho com que sempre me acolheu e pelo empenho com que se entregou ao trabalho de orientação desta dissertação.

Aos meus alunos, razão de meu esforço e sem os quais este trabalho não teria sentido.

À Escola Municipal Carolina de Assis, pelos momentos de discussão dos problemas educacionais e pela disponibilidade de realização deste trabalho.

À equipe pedagógica da Escola Estadual Henrique Burnier, em especial a diretora Fabiana Receputi pelo apoio dado durante a realização deste mestrado.

À CAPES pela provisão da bolsa de mestrado.

RESUMO

Nesta dissertação apresentamos uma ação de ensino na qual tanto pesquisador quanto estudantes experimentam algo novo, tomando como referência as práticas do dia a dia escolar. O pesquisador, com sua atuação regular como professor de Física no Ensino Médio, se lança no desafio de apresentar a alunos do 9º ano de uma escola pública como os conhecimentos sobre a Luz podem ter aplicação abrangente e importante em nossas vidas. Tomando como referenciais teóricos principais a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a teoria sócio-histórico-cultural de Levy Vygotsky, e as ideias libertadoras de Paulo Freire, bem como aportes da legislação vigente, foi desenvolvida neste trabalho uma sequência didática, abordando aspectos qualitativos sobre a natureza, propagação e interação da Luz com a matéria. Para o pesquisador, que vislumbrou novos rumos e concepções para sua ação como educador, e para os estudantes, que foram aguçados pelo conhecimento contextualizado e potencialmente significativo, agindo como parceiros efetivos em sua condição de educandos, essa atividade se mostrou altamente recompensadora. As seções em que a exposição de conteúdo com atividades experimentais, interatividade, além de aplicações tecnológicas e seus desdobramentos, foram discutidas e debatidas com curiosidade, entusiasmo e sede de conhecimento, tendo se mostrado bastante produtivas. A aplicação de questionário buscando perceber conhecimentos prévios dos alunos, as breves pesquisas desenvolvidas por estes para se sentirem inseridos no ambiente de investigação foram importantes para a elaboração da sequência didática. O produto educacional desenvolvido foi fruto da participação ativa dos estudantes, das importantes sugestões de colegas e de leitores críticos, e do entusiasmo do pesquisador por essa tão gratificante oportunidade pedagógica. O trabalho como um todo mostrou o quanto é importante buscarmos estratégias e metodologias alternativas de ensino, levando sempre em consideração as sugestões, os interesses, as curiosidades e os conhecimentos incorporados pelos educandos em seu cotidiano.

Palavras-chave: Ensino de Física. Luz. Física Moderna. Ensino Fundamental. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

In this dissertation, we present a teaching action in which both researcher and students try to innovate, taking as reference their day-by-day school practices. The researcher, with a regular performance as a Physics teacher in High School, launches the challenge of presenting the ninth graders from a public school, the knowledge that Light concepts can have a comprehensive and important application in our lives. As main theoretical references, the teacher embraces David Ausubel's theory of Significant Learning, Levy Vygotsky's Socio-Historical-Cultural Theory, and Paulo Freire's liberating ideas, as well as contributions of Brazilian educational current legislation. In this work, we developed a didactic sequence, addressing qualitative aspects about the nature, propagation and interaction of Light with matter. For the researcher, who envisioned new directions and conceptions for his action as an educator, and for the students who were sharpened by contextual and meaningful knowledge, acting as effective partners in their status as students, this activity was highly rewarding. The sections in which content exposition, with experimental activities, interactivity, in addition to technological applications and its developments, were discussed and debated with curiosity, enthusiasm and longing for knowledge, were quite productive. The application of a questionnaire, seeking to achieve previous knowledge of the students, the brief researches developed by them in order to feel inserted in the research environment, were important for the elaboration of the didactic sequence. The educational product developed was the result of the active participation of the students. The important suggestions of colleagues and critical readers, and the enthusiasm of the researcher were a very rewarding educational opportunity. The work as a whole showed how important it is to look for alternative teaching strategies and methodologies, always taking into consideration the suggestions, interests, curiosities and knowledge incorporated by students in their daily lives.

Keywords: Teaching Physics. Light. Modern Physics. Elementary Education. Significant Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Espectro Eletromagnético.....	43
Figura 2 - Esquema do aparelho básico para o estudo do efeito fotoelétrico.....	45
Figura 3 - Reflexão especular.....	48
Figura 4 - Reflexão difusa.	49
Figura 5 - Um raio incidente em um espelho plano	49
Figura 6 - Formação de imagem por espelho plano.....	51
Figura 7: Imagem de objeto extenso em um espelho plano.....	52
Figura 8 - Representação da validade das leis da reflexão no espelho esférico.....	53
Figura 9 - Diagrama de raios principais para o espelho côncavo.....	54
Figura 10 - Diagrama de raios principais para o espelho convexo.....	54
Figura 11 - Formação de imagem por espelho côncavo.....	56
Figura 12 - Reflexão e refração de um raio de luz incidente em uma superfície plana.....	57
Figura 13 - Principais tipos de lentes.....	58
Figura 14 - Lente convergente.....	59
Figura 15 - Raios principais em uma lente convergente.....	60
Figura 16 - Raios principais em uma lente divergente.....	61
Figura 17 - Reflexão interna total.....	62
Figura 18 - Fibra óptica.....	62
Figura 19 - Resultado de adição das cores primárias da luz.....	64
Figura 20 - Um prisma separando a luz branca em suas componentes.....	65
Figura 21 - Absorção e reflexão da luz por diferentes pigmentos.....	66
Figura 22 - Resultado da adição das cores primárias da luz e da subtração para pigmentos...	67
Figura 23 - Código para acesso ao vídeo dos alunos.....	95

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Aparato experimental: Fonte luminosa, cartão com suporte, palitos de churrasco e barbante.....	87
Fotografia 2 - Experimento montado, com uma fonte luminosa acesa, para a formação de sombra.....	87
Fotografia 3 - Formação de umbra e penumbra, com as duas fontes luminosas ligadas.....	88
Fotografia 4 - Alunos manipulando o aparato.....	89
Fotografia 6 - Aparato experimental montado.....	91
Fotografia 6 - Materiais utilizados.....	92
Fotografia 7 - Alunos manipulando o aparato experimental.....	93
Fotografia 8 - Alunos queimando folha A4 com auxílio de uma lupa.....	95
Fotografia 9 - Aluno buscando visualizar o desvio presente na refração.....	96
Fotografia 10 - Aluno buscando visualizar o desvio presente na refração com pó de giz em suspensão.....	97
Fotografia 11 - Apresentação da evolução das concepções sobre a Luz.....	98
Fotografia 12 - Alunos realizando a montagem do experimento.....	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico sobre proximidade conceitual.....	84
Gráfico 2 – Fontes de pesquisa utilizadas.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma e ações desenvolvidas.....	72
---	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 REFERENCIAL TEÓRICO	20
1.1 VYGOTSKY.....	20
1.1.1 Aspectos relevantes na teoria de Vygotsky.....	23
1.2 SOBRE FREIRE E SEU CONCEITO DE EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA.....	25
1.2.1 As Concepções do Educador.....	26
1.3 AUSUBEL.....	32
1.3.1 Ausubel e a Aprendizagem Significativa.....	33
1.4 UMA PROXIMIDADE ENTRE OS REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	38
2 LUZ: NATUREZA, PROPAGAÇÃO E INTERAÇÃO COM A MATÉRIA	40
2.1 INTRODUÇÃO.....	40
2.2 O EFEITO FOTOELÉTRICO.....	43
2.3 A ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	45
2.3.1 A Reflexão	48
2.3.2 Espelhos.....	51
2.3.2.1 Espelho plano.....	51
2.3.2.2 Espelho esférico.....	52
2.3.3 A Refração.....	56
2.3.4 Lentes.....	57
2.3.5 Reflexão interna total.....	61
2.4 CORES E PIGMENTOS.....	63
2.4.1 Cores.....	63
2.4.2 Pigmentos.....	65
2.5 A LUZ O QUE É?.....	67
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	69
3.1 CONTEXTUALIZANDO O TRABALHO.....	69
3.2 ESTRUTURAÇÃO E APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	71
3.3 UM COMPLEMENTO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	75
3.4 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS COLETADOS.....	77
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	79
4.1 INTERVENÇÕES PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS.....	79
4.1.1 Conceitos prévios sobre Ciências e Física.....	79
4.1.2 Buscando levantar conceitos prévios sobre a Luz.....	83
4.2 INTERVENÇÕES VISANDO EVOLUÇÕES NOS CONCEITOS.....	86
4.2.1 Módulos 2 e 3 – Propagação retilínea da Luz I e II.....	86
4.2.2 Módulo – Cor dos objetos e reflexão da Luz.....	91
4.2.3 Módulo 5 – Refração da Luz e lentes.....	94
4.2.4 Módulo 6 – Interação da luz com a matéria.....	97
CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS	104
ANEXOS	107
APÊNDICES	128

INTRODUÇÃO

JUSITIFICATIVA

O final do século XIX foi uma fase de excessivo otimismo. A Teoria da Relatividade, publicada por Einstein em 1905, provocou uma verdadeira revolução no campo científico. As mais arraigadas certezas, baseadas nas leis mecânicas de Newton, passaram a ser revistas. De lá para cá, os avanços foram enormes. A obtenção de energia a partir da desintegração atômica, os satélites e as viagens espaciais são alguns dos resultados mais conhecidos do progresso recente da Física. Tais fatos, a nosso ver, reforçam a discussão sobre a necessidade de implementar o ensino de Física Moderna já no Ensino Fundamental.

Considerando o contexto de sala de aula, essa dissertação tem como propósito principal apresentar a alunos do último ano do ensino fundamental uma visão mais atraente de ciência. Almejamos assim apresentar a Física como um conhecimento motivador, capaz de ser utilizado no dia a dia, e, com intuito de possibilitar a modificação de uma visão infelizmente, negativa na maioria das vezes, quando os estudantes se deparam com a Física no ensino médio. Além disso, uma ousada aspiração de nossa parte é desenvolver um material didático capaz de fornecer uma contribuição para o conteúdo programático de Ciências no Ensino Fundamental que possa ser, ao mesmo tempo, um material didático eficaz para o profissional e prazeroso para o aluno. Tal material a ser desenvolvido decorre da minha experiência de uma década em sala de aula orientando e mediando atividades e experiências que possibilitem aos alunos uma aproximação real com a Física. Uma preocupação secundária nos leva a tentar entender até quanto há diferença entre alunos do ensino privado e público com relação a suas visões relacionadas à Física.

Sabemos que o Brasil, país de proporções continentais, comumente apresenta uma compreensão diversificada dos conceitos de ensino e aprendizagem e sobre as formas de atuação no contexto escolar. Os aspectos da significação dos conceitos científicos e a influência das atividades experimentais devem ser considerados com cuidado no processo educacional. Isto se justifica face à predominância de concepções tradicionais de ensino em muitas das escolas e a dificuldade de seu enfrentamento. A crítica sobre a problemática do Ensino de Física é apontada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (1999), quando sinalizam que

O ensino de física tem se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. (BRASIL, 1999, p. 22)

Bonadiman e Nonenmacher (2003, apud BLUMKE; AUTH, 2008, p.2) apontam o aspecto da dificuldade, da resistência que envolve qualquer tipo de mudança que se queira fazer, visto a interferência de uma estrutura historicamente instalada e consolidada pelo sistema de ensino vigente. Particularmente, fica mais complicado ainda, se essa tentativa de inovação partir de grupos isolados sem a participação direta do professor em exercício e sem o necessário apoio e respaldo dos setores constituídos que comandam a política educacional. Para isso, seria necessário romper barreiras quase intransponíveis, principalmente se o novo que está sendo proposto trazer insegurança e mais dificuldades operacionais e pedagógicas para o professor. Para esses autores,

A motivação e o interesse do aluno pela Física não irá se manifestar se o conteúdo for repassado de uma forma linear do livro-guia do professor para o caderno-receptor do aluno sem que haja, de ambas as partes, uma reflexão consistente e aprofundada de seus significados, suas relações específicas e de outras mais abrangentes.

EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA: UM FOCO NA FÍSICA

Certamente o estudo da Física está relacionado a várias situações da nossa vida. Desde a Grécia Antiga, o homem procura entender o funcionamento das coisas e buscou na ciência essas explicações. Hoje em dia, a Física Moderna atua em vários ramos da indústria, de tecnologia, de geração de energia entre outros. Essa importante ciência está dividida em várias áreas: Mecânica, Termologia, Óptica, Ondas, Eletricidade, Eletrodinâmica, Cinemática e Física Nuclear. A Física atua em parceria com outras áreas da ciência como, por exemplo, a Matemática e a Química. Muitos fenômenos físicos podem ser descritos através de fórmulas matemáticas ou de reações químicas. Os conhecimentos que temos hoje sobre o mundo físico resultaram de um longo processo histórico de experiências, descobertas, acertos, erros e quebra de paradigmas. Na luta pela sobrevivência o homem foi aprendendo a conhecer a natureza e desvendar seus segredos.

Quando o homem pré-histórico usou uma pedra para abrir o crânio de um animal ou fez um arco para atirar uma flecha, ele estava incorporando conhecimentos de Mecânica. Os primeiros povos civilizados, na Mesopotâmia e no Egito, aprenderam, entre outras coisas, a bombear água para as plantações, a transportar e levantar enormes blocos de pedra, a

construir monumentos. Mais tarde, com os gregos, nasceu a Filosofia Ocidental. Herdeiros de um longo processo de desenvolvimento cultural ocorrido nas regiões próximas do Mediterrâneo, eles tentaram explicar o mundo através unicamente da razão. Os conhecimentos anteriores aos gregos foram obtidos na tentativa de resolver problemas práticos, confundiam-se ainda com os mitos e a religião.

Os gregos deram um enorme salto ao formular racionalmente os princípios explicativos do movimento, da constituição da matéria, do peso, do comportamento da água, etc. Como na sociedade grega todo trabalho físico era realizado por escravos, os gregos não se preocupavam em resolver problemas práticos, valorizavam muito as ideias e muito pouco a experimentação. A decadência do Mundo Antigo e o advento da Idade Média representaram uma enorme estagnação para a ciência. Uma sociedade basicamente rural, dominada pela religião e fazendo uso restrito da escrita e de livros, poucas possibilidades favoreciam o desenvolvimento científico.

O renascimento do comércio e da vida urbana, no final da Idade Média, criou um ambiente próprio para a renovação cultural que lançou as bases da ciência moderna. Foi nesse universo urbano em formação que viveu, no século XVI, o personagem símbolo dessa ciência: Galileu Galilei. Ele introduziu um procedimento fundamental para o cientista: a necessidade de testar, com experiências concretas, as formulações teóricas. Além disso, o genial italiano mostrou, com sua prática, que o cientista precisa criar situações favoráveis de observação, eliminando fatores que interfiram ou prejudiquem a análise do fenômeno a ser estudado. Outro momento importante na constituição do conhecimento ligado à Física ocorreu no século XVII com Isaac Newton. Ele realizou a primeira grande síntese da história da Física através da formulação de leis gerais. Com isso, desenvolveu a possibilidade de investigações novas em diversos campos. Newton criou, ainda, métodos matemáticos para resolver problemas de Física que antes não tinham solução, o cálculo diferencial e integral.

A partir dos fundamentos lançados por Newton ocorreram importantes inovações científicas e técnicas. Ao longo dos séculos XVIII e XIX, o progresso material derivado dessas inovações foi notável. Muitos estudiosos de Física achavam que já conheciam os princípios e as leis fundamentais do funcionamento do universo nessa época. Porém os estudos desenvolvidos por Albert Einstein, Max Planck e outros no início do século XX alteraram o entendimento de conceitos como energia, massa, tempo e espaço. Tais conhecimentos deram origem à Física Moderna, onde a Relatividade busca explicar os fenômenos em escalas astronômicas e a Mecânica Quântica em escala atômica. Já a Física Contemporânea tem origem após a Segunda Guerra Mundial, e estuda principalmente

partículas subatômicas. Nesta pesquisa utiliza-se o termo Física Moderna, para expressar os estudos realizados a partir do início do século XX.

Citamos alguns nomes importantes ligados à evolução do conhecimento humano sobre o mundo físico. Centenas de outros poderiam ser acrescentados. O mais importante é entendermos que essa evolução não é resultado da ação individual de alguns homens notáveis e, sim, obra coletiva. São as condições históricas, políticas e sociais de uma determinada sociedade que favorecem ou não a ampliação do saber.

ENSINO DE FÍSICA NA ATUALIDADE

Atualmente, após os avanços científicos e tecnológicos, a Física Moderna tem despertado a curiosidade dos jovens. Segundo Leonel e Souza (2009) seria inaceitável prejudicar a alfabetização científica e tecnológica e romper a conexão entre a Física e o cotidiano do aluno. Com relação a isso, deve-se lembrar que Terrazzan (1992; 1994) já justificava esta atualização no currículo, apontando a necessidade de formar um cidadão participativo, consciente, que entenda o mundo criado pelo homem atual.

Tais esforços deram resultados, e o conteúdo de Física Moderna vem sendo inserido nas coleções disponibilizadas ao Ensino Médio. Porém, a intensidade e a abordagem em cada uma das coleções diferem das demais. Isso gera uma atividade extra ao professor, a de escolher a coleção que mais se adequa à sua proposta pedagógica.

Com relação a essa questão consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais que,

É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada” (BRASIL, 2000, p. 23).

Via de regra, o conhecimento científico presente nos livros didáticos nos dão a ideia de que a Ciência sempre caminha de forma linear, desconhecendo ou ignorando os acontecimentos sociais, ou então, se originam a partir de método científico sem intuição ou inventividade. Tais conceitos têm feito nossos estudantes elaborarem visões diferenciadas a respeito do conhecimento científico. Isso também tem ocorrido com alguns professores de Ciências, o que é, no mínimo, preocupante.

Entre professores e alunos, tais afirmações podem ser percebidas quando observamos pessoas que acreditam em um conhecimento científico tomado como verdade, originado da aplicação, sobre a natureza, de um método científico, que tem o poder de revelá-la. O método científico tem tido o status de ser o principal elemento para a constituição e validação do conhecimento científico desde o início do século XIX, mas, nos últimos 40 anos isso tem mudado (VIDEIRA, 2006), devido à compreensão que existem diferentes caminhos metodológicos que influenciam na constituição dos conhecimentos, além daqueles pregados pelo referido método.

No entanto, de que forma tais questões se relacionam às práticas docentes em sala de aula? A princípio, nenhuma, não fosse o fato de que, ao ensinarmos Ciências para nossos alunos, deixamos transparecer nossas ideias sobre a natureza do conhecimento científico; isso implica que, se não possuímos certa compreensão sobre ela, corremos o risco de passar uma imagem distorcida da atividade científica, conforme relatam Pérez (2001) e outros. Os mesmos autores afirmam que são diversas as inconformidades sobre a compreensão do processo de construção do conhecimento científico. Dentre elas, crença que muitas pessoas (até mesmo professores) possuem, de que o olhar do cientista é neutro, não sendo influenciado pelas suas ideias ou pelas suas hipóteses, as quais não interferem na orientação da investigação.

Também é deformada a ideia de que a Ciência é infalível, fruto de um método científico seguido mecanicamente, conforme já citado. A Ciência também é compreendida como uma atividade neutra, uma vez que as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambientação são deixadas de lado. Na mesma linha de investigação, podemos verificar resultados semelhantes obtidos por Scheid et. al. (2007) com professores em formação. Para eles, ainda persiste a visão de que o trabalho dos cientistas se caracteriza pela descoberta de leis naturais e verdades, assumindo o conhecimento científico como absoluto. Não há compreensão de que por detrás dos conhecimentos existe um processo dinâmico de construção, e que é influenciado por vários fatores, dentre eles os políticos e os econômicos. Trabalhos como o de Kosminsky e Giordan (2002) e Mengascini et. al. (2004) têm mostrado a importância da natureza do conhecimento científico ser trabalhada nos cursos de formação inicial e continuada de professores de Ciências.

Tais considerações revelam que ensinar Ciências é ir além do trato de um conjunto de conteúdos científicos que devemos trabalhar com nossos alunos. Essas reflexões nos levam a pensar de forma mais ampla, como, por exemplo, que visão de Ciência queremos que os estudantes comecem a construir em seus primeiros contatos com a área. Se a

aprendizagem do conhecimento científico é um processo de construção e apropriação, pelos alunos, de uma nova linguagem que explica o mundo ao nosso redor (DRIVER et. AL, 1999), como podemos agir para que eles comecem a compreender a Ciência como processo de produção de conhecimentos mutáveis, fruto de um processo não-linear, em que o cientista não é o dono de uma verdade irrefutável?

Com o surgimento da Escola Nova nascem novos pensamentos, como por exemplo, a valorização da participação do aluno a fim de favorecer uma aprendizagem significativa. Desta forma os conteúdos vistos como informativos deram lugar aos conteúdos formativos. Com este novo pensar, as atividades práticas tornaram-se recursos facilitadores para a compreensão do ensino de ciências: “Tenta-se colocar em prática essas prescrições legais por meio de políticas centralizadas no Ministério da Educação (MEC) e que são detalhadas e especificadas em documentos oficiais, distribuídos com os nomes de “parâmetros”” (KRASILCHIK, 2000, p. 87). Conforme apontamentos dos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (PCN) é de suma importância superar a postura “cientificista” que o ensino de ciências apresentou por muito tempo. O surgimento dos movimentos “Alfabetização Científica” e “Ciência Para Todos” auxiliaram neste processo. Com o intuito de fornecer “escola para todos”, passou-se a relacionar os conteúdos do ensino de ciências à vida diária e à experiência do aluno que exigiu novas compreensões do mundo, suas relações e demandas sociais (IDEM, p.88).

Assim, a aprendizagem torna-se contextualizada e conseqüentemente significativa. Visto que a sociedade atual convive diariamente com o crescimento e as influências das tecnologias em conjunto com a valorização do saber científico, é inviável pensar na formação crítica de um indivíduo que está à margem do conhecimento científico. Salientando a afirmação anterior, o PCN enfatiza que:

O objetivo fundamental do ensino de Ciências passou a ser o de dar condições para o aluno identificar problemas a partir de observações sobre um fato, levantar hipóteses, testá-las, refutá-las e abandoná-las quando fosse o caso, trabalhando de forma a tirar conclusões sozinhas. O aluno deveria ser capaz de “redescobrir” o já conhecido pela ciência, apropriando-se da sua forma de trabalho, compreendida então como “o método científico”: uma seqüência rígida de etapas preestabelecidas. É com essa perspectiva que se buscava, naquela ocasião, a democratização do conhecimento científico, reconhecendo-se a importância da vivência científica não apenas para eventuais futuros cientistas, mas também para o cidadão comum (BRASIL, 1997, p.18).

Faz-se necessário, porém, que a maneira com que se abordam as teorias científicas seja alcançável à realidade do aluno que está em formação. Sendo assim, as metodologias criadas para a busca de informações são fundamentais para a aprendizagem ser significativa. Os modos de obter as informações são diversos, dentre eles se destacando a observação, a experimentação, a leitura, a entrevista e o estudo do meio. Ao buscar informações e confrontar ideias diferentes o aluno constrói o conhecimento científico (BRASIL, 1997).

A experimentação é uma atividade rica para a obtenção de informações científicas, pois por meio desta há a realização de um fenômeno natural. O aluno tem a possibilidade de acompanhar e investigar tal fenômeno e suas transformações (BRASIL 1997). Sendo assim o experimento torna-se significativo e permite que o aluno construa seu conhecimento (conceitos científicos) para confirmar ou refutar suas hipóteses.

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Elaborar e aplicar uma sequência didática para o ensino de conceitos sobre a Luz, no 9º ano do Ensino Fundamental, utilizando atividades experimentais compatíveis com os conhecimentos prévios dos alunos e seus respectivos níveis de cognição.

Objetivos Específicos:

Realizar levantamentos sobre as concepções em ciências, mais especificamente em Física.

Fazer sondagens sobre as visões dos alunos relacionadas ao tema a ser estudado: a Luz.

Elaborar uma sequência didática que tenha como tema a Luz, que permita proporcionar o aprendizado sobre sua natureza, propagação e interação com a matéria, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e seus contextos sociais.

Aplicar a sequência didática em uma turma do 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola pública.

Proporcionar aos alunos o contato com conceitos de Física Moderna, através de experimentos interativos durante a aplicação da sequência didática.

Avaliar o potencial de ensino da proposta levando em conta sua contribuição para o entendimento da Física como algo cotidiano e atraente.

Reestruturar e formalizar o produto educacional desenvolvido para a divulgação entre professores do Ensino Fundamental.

1 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A história da cultura ocidental revela-nos que a educação sempre esteve intimamente ligada à teoria, produzida tanto no âmbito da filosofia como no âmbito das ciências humanas em geral. Expressando-se fundamentalmente como uma práxis social, a educação nunca deixou de referir-se a fundamentos teóricos mesmo quando fazia deles uma utilização puramente ideológica.

O processo de aprendizagem tem motivado, desde a Antiguidade, intensos debates. Dentre as diferentes teorias propostas, tem ganhado relevância nos séculos XX e XXI, a concepção cognitivista de David Ausubel (2000), na qual se assume que os mecanismos do aprender são mais eficientes em situações nas quais o estudante consegue, utilizando conhecimentos prévios, agregar e incorporar significado aos novos conteúdos, evitando-se, assim, que esse conhecimento recém-incorporado seja armazenado, por meio de associações ineptas à estrutura cognitiva.

No âmbito da educação fundamental, diante das imperiosas mudanças necessárias para a formação de um estudante, espera-se que ele desenvolva predisposição e gosto para aprender e assim poder se tornar um cidadão mais crítico e ativo na sociedade. Nesse sentido a aprendizagem significativa permite uma genuína contextualização dos conhecimentos necessários aos nossos pequenos grandes estudantes, facultando, portanto, um aprendizado mais efetivo e permitindo a atuação em um contexto complexo e interdisciplinar.

Em conformidade com o exposto, esta dissertação visa explorar a teoria da aprendizagem significativa, discutindo elementos da incorporação deste conceito à educação do Ensino Fundamental e ao Ensino da Física, explorando conceitos de Óptica Geométrica e interação da Luz com a matéria.

A educação é um processo sistemático e interativo de troca de informações entre pessoas de uma dada comunidade, com o propósito específico de ajudá-las a elaborar conhecimentos e significados, incorporando-os a sua estrutura cognitiva e ao patrimônio cultural coletivo (JAEGER, 1995; MCGRIFF, 2000). Trata-se de uma atividade com grande repercussão na vida individual, mas que, por definição, diz respeito à possibilidade de formarmos cidadãos críticos e ativos em nossa sociedade.

Antes de tudo, a educação não é uma propriedade individual, mas pertence por essência à comunidade. O caráter da comunidade imprime-se em cada um dos seus membros e é no homem, *zwoonpolitikou* [animal político], muito mais que nos animais, fonte de toda a ação e de todo comportamento. Em nenhuma parte o influxo da comunidade nos seus

membros tem maior força que no esforço constante de educar, em conformidade com o seu próprio sentir, cada nova geração. A estrutura de toda a sociedade assenta nas leis e nas normas escritas e não escritas que unem os seus membros. Toda a educação é assim, o resultado da consciência viva de uma norma que rege uma comunidade humana, quer se trate de uma família, de uma classe ou de uma profissão, quer se trate de um agregado mais vasto, como um grupo étnico ou um Estado (JAEGER, 1995, p, 4).

De fato, desde imemorráveis tempos, sabe-se que cada sistema de educação está claramente relacionado a estados sociais determinados, concretizando e justificando o ideal físico, intelectual e moral em que está inserida a sociedade (HUBERT, 1976). Cabe, assim, às entidades formadoras atentar para o pensar e o utilizar de metodologias que permitam que o caminho do aprender se faça de modo mais harmônico, coerente e sustentável. Os reflexos da tensa articulação entre sujeitos e coletividade e a percepção do que a sociedade demarca como ideais a serem atingidos têm marcante influência no modo segundo o qual se compreende o processo ensino-aprendizagem, um dos aspectos significativos da educação. De fato, os modos pelos quais este se consubstancia tem sido mote de polêmicas desde a Antiguidade, caracterizando-se correntes de inspiração racionalista e empirista, na dependência do elemento considerado preeminente: a razão/entendimento — como no caso da reminiscência platônica (PLATÃO, 2001) — ou a experiência/sensibilidade — como formulado pela ideia de mente lousa vazia, em John Locke (HESSEN, 2000; LOCKE, 2000).

Essas vertentes foram formuladas de forma hábil por Immanuel Kant em sua obra *Teoria do Conhecimento* (1994), considerada “precursora” dos construtivismos, concepções que enfatizam o papel do sujeito cognoscente (sujeito epistêmico) na “construção” da realidade conhecida (objeto epistêmico). Foi a partir de tais ideias que Jean Piaget compôs as bases do construtivismo (PIAGET, 1976).

Em linhas gerais, entende-se que a cognição se baseia em um mecanismo de processamento de informações, no qual os símbolos são utilizados como base em combinações. O conhecimento é, portanto, construído a partir da interação entre o sujeito e o objeto (PIAGET, 1976). No âmbito pedagógico, o professor passa a atuar como um problematizador, colocando o aprendiz em situações nas quais a interação sujeito-objeto possa ocorrer, o que torna este último um sujeito ativo e participativo no seu processo de aprendizagem. É trazido à tona o conceito freireano da educação problematizadora, ou seja, aquela que representa o conjunto compartilhado entre dois sujeitos pensantes na busca de significados comuns (VASCONCELOS; BRITO, 2003). É propriamente neste horizonte — o construtivismo — que se inscreve a teoria cognitivista de David Ausubel, a aprendizagem

significativa (AUSUBEL, 1982). Para este autor, o movimento de aprender é mais eficiente nas ocasiões em que o estudante consegue agregar e incorporar, ao repertório de conceitos previamente organizados, os novos conteúdos, evitando, assim, que estes sejam armazenados, na estrutura cognitiva, por meio de associações.

Com efeito, para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições: em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender, se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica; em segundo lugar, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo. O significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio (PELIZZARI; KRIEGL; BARON; FINCK, 2002).

1.1 VYGOTSKY

Lev Semynovich Vygotsky nasceu em Orsha, Bielo-Rússia, em novembro de 1896 e morreu em junho de 1934, com apenas 38 anos, vítima de tuberculose, doença que o acompanhou desde os 20 anos de idade. Embora sua carreira tenha sido breve, suas contribuições à Psicologia deram novos rumos às pesquisas nesta área na época e tornaram-se elementares para a compreensão do processo de desenvolvimento do indivíduo até os dias atuais.

Vygotsky, desde muito jovem, demonstrou grande preocupação com a questão do desenvolvimento do ser humano (MIND IN SOCIETY, 1978) e, em todas as suas experiências e pesquisas, sempre buscou explicar os processos de aprendizado e desenvolvimento e sua relação com aspectos sociais. Assim, sua teoria se baseia no princípio de que, o desenvolvimento do indivíduo se dá como resultado de um processo sócio-histórico e cultural, observando o papel da linguagem e da aprendizagem nesse desenvolvimento à medida que este indivíduo interage com seu meio. Para Vygotsky, a linguagem humana é o principal instrumento de mediação, constituindo-se como um sistema simbólico fundamental para mediação de sujeito/objeto.

Em consequência de sua morte precoce, a carreira de Vygotsky é marcada pela produção de memoráveis trabalhos no campo da psicologia, além de ter dado contribuições significativas nas áreas de pedagogia, filosofia, literatura, deficiência física e mental, esta última em destaque, em que foi professor e pesquisador. Devido a estas experiências e a

complexidade e abrangência dos seus estudos, a maioria das suas observações e conclusões são aceitas e estudadas até os dias de hoje.

1.1.1- Aspectos relevantes na teoria de Vygotsky

De acordo com a teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky (MIND IN SOCIETY, 1978), a origem das mudanças que ocorrem no ser humano, ao longo do seu desenvolvimento está associada às interações que ocorrem entre o indivíduo e a sociedade, sua cultura e história de vida, além das oportunidades e situações de aprendizagem que resultaram neste desenvolvimento durante toda a sua existência, considerando a influência das várias representações de signo, uso de diferentes instrumentos, e influência da cultura e história, propiciando o desenvolvimento das funções mentais superiores.

Para o desenvolvimento do indivíduo, as interações com o outro ser social são, além de necessárias, fundamentais. Delas emergem signos e sistemas de símbolos que são responsáveis pelo transporte de mensagens da própria cultura, os quais, do ponto de vista genético, têm primeiro uma função de comunicação e logo uma função individual, à medida que são utilizados como instrumentos de organização e controle da conduta do indivíduo.

Vygotsky ainda demonstrou em seus estudos, grande preocupação em compreender e descrever o processo de desenvolvimento do indivíduo. Sua teoria baseia-se neste aspecto sob influência de fatores externos do meio e da interação desse indivíduo com outros indivíduos desse meio.

Assim, ao formular a sua teoria, Vygotsky abordou conceitos que são essencialmente importantes em um trabalho pedagógico, por serem necessários à compreensão do processo de desenvolvimento. Os conceitos abordados por ele são: mediação simbólica, signos, sistemas de símbolos, zona de desenvolvimento proximal, desenvolvimento e aprendizado (MIND IN SOCIETY, 1978).

A *mediação*, segundo Vygotsky, é o processo pelo qual a ação do sujeito sobre o objeto é mediada por um determinado elemento. Por exemplo, a ação de um pedreiro sobre sua construção (obra) é mediada pela pá de pedreiro. Neste exemplo o elemento mediador (pá) possibilita a transformação do objeto (construção). Esta etapa intermediária “pá/construção” é denominada mediação. Então, mediação é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação. A relação deixa de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento.

A questão da mediação nos leva, forçosamente, a expor aspectos referentes ao elemento mediador que o classificam em três categorias: instrumentos, signos e sistemas simbólicos.

O *instrumento*, de acordo com Vygotsky, é o elemento mediador que age entre o sujeito e o objeto do seu trabalho, com a função de ampliar as possibilidades de transformação da natureza, ou seja, ele é criado ou usado para se alcançar um determinado objetivo. Ele é, então, um objeto social e mediador da relação do indivíduo com o mundo.

É importante lembrar que o instrumento carrega consigo, além da função para o qual foi criada, também a sua forma de uso que foi se configurando no decorrer da história do grupo que o utilizava.

Os *signos* também são mediadores, porém sua função se faz presente na atividade psicológica; por esta razão Vygotsky os denomina instrumentos psicológicos. O signo é intrínseco ao indivíduo e tem por função regular e controlar as ações psicológicas do mesmo. Eles agem no sentido de ativar outra atividade psicológica, a memória, por exemplo, pois representam ou expressam objetos e fatos.

O *símbolo*, por sua vez, é o recurso utilizado pelo indivíduo para controlar ou para orientar a sua conduta; assim, o indivíduo se utiliza desse recurso para interagir com o mundo.

À medida que o indivíduo interioriza os signos que controlam as atividades psicológicas, ele cria os *sistemas simbólicos*, que são estruturas de signos articuladas entre si. O uso de sistemas simbólicos, como linguagem, favoreceu o desenvolvimento social, cultural e intelectual dos grupos culturais e sociais ao longo da história.

Vygotsky é taxativo, em seus estudos, com relação à importância da linguagem como instrumento que expressa o pensamento, afirmando que a fala produz mudanças qualitativas na estruturação cognitiva do indivíduo, reestruturando diversas funções psicológicas, como a memória, a atenção voluntária, a formação de conceitos, etc.

Portanto, a linguagem atua decisivamente na formulação do pensamento, além de ser o instrumento essencial no processo de desenvolvimento. A linguagem, em seu sentido amplo, é considerada por Vygotsky *instrumento*, pois ela age no sentido de modificar estruturalmente as funções psicológicas superiores, da mesma forma que os instrumentos criados pelos Homens modificam as formas humanas de vida.

Outro conceito muito importante proposto por Vygotsky é a *zona de desenvolvimento proximal*, que se refere à “região” ou “distância” entre aquilo que o aluno já sabe, que já foi assimilado, isto é, aquilo que ele consegue fazer sozinho, daquilo que o aluno

(indivíduo) pode vir a aprender ou a fazer com a ajuda de outras pessoas, denominado desenvolvimento potencial.

De acordo com Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) da criança é a distância entre seu desenvolvimento real, que se determina através da solução independente de problemas e o nível de seu desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Para entender como funciona essa estruturação, Vygotsky estabeleceu três estágios de desenvolvimento, aos quais denominou de Zona de Desenvolvimento Proximal, Zona de Desenvolvimento Real e Zona de Desenvolvimento Potencial.

Como desenvolvimento real, o autor considera aquele já consolidado pelo sujeito, em que seus conhecimentos já podem ser aplicados de forma autônoma na resolução de situações. É dinâmico, e progride constantemente com cada novo dado de conhecimento adquirido. Já o desenvolvimento potencial refere-se aos conhecimentos que já existem, porém ainda não foram totalmente internalizados, dominados. É o conjunto de atividades que a criança não consegue realizar sozinha, mas que, com a ajuda de alguém que lhe dê algumas orientações adequadas, ela é capaz de realizar.

Já a zona de desenvolvimento proximal é uma zona intermediária, sendo a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial, e define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, estando ainda em estado embrionário.

Dessa forma, o autor acredita que o que definirá de fato as capacidades e conquistas cognitivas será a zona de desenvolvimento potencial, pois nela estão as possibilidades que a criança terá para evoluir. Obviamente, todas as fases são mediadas pelos signos. São dependentes da linguagem constituída.

A linguagem constituída será o instrumento de mediação que a criança usará para aprender e evoluir mentalmente. O conhecimento que se encontra ainda na fase potencial necessitará amplamente dos signos para estabelecer-se na fase de desenvolvimento real, concretizando-se.

Assim, explorar não só o que a criança já sabe, mas também o que ela é capaz de saber torna-se indispensável para seu avanço, sua construção do mundo e sua significação.

1.2 SOBRE FREIRE E SEU CONCEITO DE EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA.

Educador Paulo Freire nasceu em 19 de setembro de 1921. Ele cresceu na região Nordeste do Brasil, onde suas experiências influenciaram profundamente a sua vida de trabalho. A crise econômica mundial forçou Freire conhecer a fome e a pobreza ainda muito jovem. Moacir Gadotti escreve sobre Paulo Freire:

Eu não entendia nada por causa da minha fome. Eu não era burro. Não foi falta de interesse. Minha condição social não me permitia ter uma educação. A experiência me mostrou mais uma vez a relação entre classe social e conhecimento (GADOTTI, 1991).

Freire viveu entre famílias rurais pobres e trabalhadores, ele ganhou uma compreensão profunda de suas vidas e dos efeitos socioeconômicos na educação.

Freire se tornou um professor de gramática, enquanto ainda estava no colegial. Mesmo assim, sua intuição empurrou-o em direção a uma educação dialógica na qual ele se esforçou para entender as expectativas dos alunos (IDEM). Enquanto cursava a Faculdade de Direito de Recife, Freire conheceu sua esposa, Elza Maia Costa de Oliveira, professora do ensino fundamental e uma força importante em sua vida. Casaram-se em 1944, quando Freire tinha 23 anos, tiveram cinco filhos, três dos quais se tornaram educadores (IBIDEM). Gadotti afirma que Elza influenciou Freire para prosseguir intensamente seus estudos, e ajudou-o a elaborar seus métodos de ensino inovadores.

O arsenal de pensamento educacional de Freire começou a se manifestar com a sua nomeação em 1946, como diretor de Educação no SESI, a instituição de um grupo de empreendedores fundada para ajudar os trabalhadores e suas famílias (GADOTTI, 1991). Aqui, ele começou a ver mais desconexões entre as práticas educativas elitistas e as vidas reais da classe trabalhadora. Gadotti diz: "Assim, um estudo sobre a língua do povo foi o ponto de partida para o desenvolvimento de seu trabalho ..." (IDEM). Durante este tempo Freire também participou do Movimento de Cultura Popular, e apoiou o exercício ativo da democracia em palestras e em sua tese de Ph.D., "Educação Atual no Brasil", escrito em 1959. Suas convicções lhe dariam o título de "traidor".

1.2.1 As Concepções do Educador

Nesta seção, abordaremos as concepções de Paulo Freire sobre a formação do educando e do educador, buscando compreender como o processo de aprendizado se dá de "forma bilateral" (1997), e a importância disso na busca pelo desenvolvimento educacional.

Em seu livro *Pedagogia do Oprimido*, Freire afirma que ninguém educa ninguém e ninguém educa a si mesmo. Os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo. Essa fala traduz claramente a importância das trocas dialógicas, dos conhecimentos e experiências individuais e do universo social em que professor e educando estão inseridos, e como todos esses aspectos devem ser considerados na prática educativa.

Ensinar exige respeito aos saberes do educando, pois suas vivências e sua realidade são parte ativa e decisiva da sua formação social e, conseqüentemente, pessoal (FREIRE, 1987). O mundo atua como fonte de informação, de crenças, de conhecimento, de ideias. Cabe ao professor, entender o mundo como um instrumento de ensino, onde o que ele oferece ao educando não pode e não deve ser descartado. Tal aceitação torna o conhecimento cotidiano aliado das práticas escolares. A aproximação do mundo teórico, presente nas disciplinas, e o mundo cotidiano, vivenciado pelo estudante, abrem novos horizontes, superando a “concepção bancária” de ensino (FREIRE, 1996, p. 15).

Nessa perspectiva, o diálogo horizontal torna-se mais fácil e também melhor sucedido. Ao problematizar em conjunto com o educando e não para o educando, o professor estabelece um vínculo de confiança, união e colaboração mútua, possibilitando ações mais efetivas. Desenvolve-se assim, uma visão mais crítica e menos focada em aspectos específicos, mas que permitem uma libertação do conhecimento, não mais restrito à escolarização. O desenvolvimento da capacidade crítica e questionadora talvez seja a mais importante libertação que pode ser propiciada pelas práticas pedagógicas propostas por Freire.

Esse poder contestatório será amplamente utilizado no ciclo gnosiológico citado pelo autor. Neste ciclo, há um primeiro momento, onde é ensinado aquilo que já é conhecido, já existente, e um segundo momento em que se trabalha a produção do conhecimento, aquele ainda não existente. Neste último, estudante e professor dispõem de maior autonomia para pensar, conjecturar e analisar as possibilidades diante das informações já conhecidas.

Uma das condições necessárias para pensar certo, de acordo com Paulo Freire, é não estar demasiadamente certo de suas certezas. Mais uma vez, o autor incentiva e deixa clara a importância da análise, do questionamento e do diálogo entre professores e estudantes. É a partir dessa interação que o desenvolvimento do conhecimento ocorrerá.

Definitivamente, ensinar vai muito além da comunhão de ideias ou da vontade de pensar algo. Ensinar é um processo complexo, que exige pesquisa, pois toda informação tem uma origem; exige criticidade, pois há certa curiosidade ingênua, mas que deve ser analisada (FREIRE, 1996, p. 3).

Conforme discorre Freire (1996, p. 31), ensinar exige ética. Não há saber que esteja longe de um contexto moral, social e ético. Todas as faces do saber devem ser consideradas na formação educacional. As indagações não podem ser limitadas, mas devem ser analisadas e regidas também por valores morais e éticos, sem os quais não haveria regras, e tudo poderia perder o propósito original: o conhecimento.

E ao falarmos de ética, concomitantemente falamos em exemplo. Ensinar exige também, e fortemente, a corporificação da palavra através dos exemplos, continua Freire. Atitudes talvez sejam mais efetivas que palavras. Fazer o que se propõe em teoria é necessário, pois o exemplo é vital na formação de qualquer educando, qualquer professor, qualquer cidadão.

Diante de todo o exposto, fica evidente que ensinar é muito mais que transferir conhecimento. É criar para o estudante a possibilidade de ampliar seus conhecimentos, instigando sua curiosidade espontânea, direcionando-a. Demanda uma postura de troca, e não de autoridade, estabelecendo uma postura dialógica e de escuta, valorizando e respeitando os saberes do educando, e transformando-os em ferramentas auxiliares no desenvolvimento de novos saberes.

Almejando destacar as ideias levantadas por Paulo Freire na busca pela autonomia de ser e de saber do educando, devemos valorizar o seu conhecimento prévio, sua curiosidade, inquietude e linguagem, visto ser o estudante um sujeito social e histórico em construção.

Segundo Freire (1996, p. 15), “(...) formar é muito mais que puramente treinar o educando (...)”. O autor deixa claro que ensinar consiste em uma prática muito além que mecanicamente treinar educandos e educandas ou meramente depositar-lhes uma quantidade massiva de conteúdos, caracterizando assim uma educação sem sentido, de puro interesse material, cuja prática Freire chama de educação bancária. Contrariamente a isso, busca-se um mundo fundado na prática “educativo progressista” ou crítica, onde nenhuma consciência crítica é formada através do treinamento, mas através da valorização do dia a dia do educando, do reconhecimento do princípio da não conclusão do ser humano, de modo a criar as possibilidades para uma educação baseada neste princípio. Este diz respeito ao direito da liberdade do ser humano de poder rever, avaliar e construir, visto ser ele sujeito no processo cultural, histórico e mutável.

Em tal processo de liberdade, de tomar decisões e fazer escolhas fez-se necessário um método que capacite tanto educadores quanto educandos a lutarem por uma educação ou convivência humana melhor. Nas palavras de Freire (1996, p. 16):

Falo (...) da ética universal do ser humano. Da ética que condena o cinismo (...) que condena a exploração da força de trabalho do ser humano, que condena acusar por ouvir dizer (...) falsear a verdade, iludir o incauto, golpear o fraco e indefeso, soterrar o sonho e a utopia, prometer sabendo que não cumprirá a promessa, testemunhar mentirosamente, falar mal dos outros pelo gosto de falar mal (...). É por esta ética inseparável da prática educativa, não importa se trabalhamos com crianças, jovens ou com adultos, que devemos lutar.

Os saberes necessários à prática educativa são essenciais para todos os educadores, sejam eles críticos, progressistas ou conservadores, e menciona alguns itens que considera fundamental para a prática docente. Afirma que “quem ensina aprende ao ensinar, e quem aprende ensina ao aprender” (FREIRE, 1996, p. 16). Tal afirmação vem justamente de encontro à ideia de que o professor não é melhor que o estudante. Embora apresente e domine conteúdos que o estudante ainda não possui, não é superior, mas junto a ele faz parte do processo ensino aprendizagem e ambos são sujeitos importantes na construção do saber.

“Quem forma se forma e re-forma ao formar, e quem é formado forma-se e forma ao ser formado” (FREIRE, 1996, p. 25). Portanto, não há docência sem discência e este ensino exige rigorosidade metódica, pesquisa, respeito aos saberes do educando, criatividade, estética e ética, corporificação das palavras pelo exemplo, aceitação do novo e rejeição à discriminação, reflexão sobre a prática e reconhecimento da identidade cultural.

Conforme Freire, uma educação com rigorosidade metódica visa “reforçar a capacidade crítica do educando, sua curiosidade” (1996, p. 27) de modo que educadores e educandos tornem-se criadores, instigadores, inquietos, curiosos, persistentes e humildes. A prática docente, seguindo métodos, se distancia do ensino de “depósito bancário”, no qual apenas injetamos pensamentos pouco críticos, e se aproxima do aprender de forma crítica construtiva. Cabe ao professor a orientação dos estudantes por meio de pesquisa e iniciá-los no mundo da criticidade.

“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino” (FREIRE, 1996, p. 32). A pesquisa consiste em uma das exigências do ato de ensinar. Todo educador é um pesquisador ou deveria ser, pois a pesquisa é o ponto inicial para o conhecimento do novo, e através dela é que o educador pode alcançar um aprendizado eficaz. Desta forma, Freire adverte o professor a sempre exercer o hábito da pesquisa (capacitação profissional e promoção social para evitar tornar-se ultrapassado), para poder adquirir novos conhecimentos e comunicar as novidades aos educandos de modo que estes passem da ingenuidade do senso comum à “curiosidade epistemológica” (FREIRE, 2003, p. 29), a qual é essencialmente criticidade.

Muitas vezes, aquilo que é ensinado nas salas de aula está tão distante da realidade do educando que tal ensino acaba por se tornar insignificante. O próprio livro didático é produzido em regiões totalmente diferentes daquela a qual ele está inserido, o que faz com que a distância entre a sala de aula e a realidade fique cada vez maior. Desta maneira não se constrói ensino fundado na crítica.

Seria maravilhoso, de acordo com Freire, se a experiência e conhecimento prévio de nossos estudantes fosse aproveitada, aquela da vida prática comunitária que eles carregam consigo para sala de aula, para discutir, por exemplo, com eles o descuido do poder público para com a cidade deles, onde o rio está poluído, a população que passa fome e os lixões que oferecem risco à saúde das pessoas. Ele enfatiza que deveriam ser levantadas questões como “Por que não há lixões nos corações dos bairros ricos?” (FREIRE, 2003, p. 3). Torna-se fundamental fazer a devida relação entre os saberes curriculares fundamental aos estudantes e a experiência por eles adquirida no dia a dia.

Este conhecimento prévio sendo valorizado pode ser o responsável pela promoção da ingenuidade para a criticidade, ou seja, do saber do senso comum ao desenvolvimento da curiosidade crítica, pois não é possível um ensino significativo sem criticidade.

“A necessária promoção da ingenuidade à criticidade não pode ou não deve ser feita à distância de uma rigorosa formação ética ao lado sempre da estética” (FREIRE, 2003, p. 36). A prática educacional envolve decência e beleza, ambas devem andar juntas ditando como deve ser o trabalho do educador. É através do exercício da ética que ele desenvolveu no curso de sua vida que fará do ambiente escolar um local de respeito às diferenças, livre de todo e qualquer tipo de discriminação ou preconceito.

De acordo com Freire, “(...) a prática educativa tem de ser, em si, um testemunho rigoroso de decência e de pureza (...)” (FREIRE, 2003, p. 36). Neste sentido, testemunhar o pensar certo, isto é, ser seguro e coerente diante das diversas situações no âmbito da educação, consiste na característica primordial do professor, pois ele é o exemplo, suas palavras devem ser reforçadas e reafirmadas em suas atitudes. Uma vez que, segundo Freire (2003, p. 38), “(...) de nada valem as palavras sem a corporeidade do exemplo”. Daí a necessidade de auto-avaliação por parte do educador, de refletir sobre a prática, seus critérios e métodos. Jamais ignorar, o que adverte Freire no que diz respeito à aceitação do novo: que todo conhecimento novo pode substituir o já existente, mas o velho que preserva sua validade ou que encarna uma tradição ou marca uma presença no tempo continua novo.

A questão da assunção da identidade cultural, ou seja, a ação de cada indivíduo de assumir-se como parte do mundo deve ser levada em consideração. “Assumir-se como ser social e histórico, como ser pensante, comunicante, transformador, criador, realizador de sonhos” (FREIRE, 2003, p. 46). A educação consiste no meio principal de se atingir a excelência, para isso o professor é o facilitador, orientador e modelo cujo testemunho e atitudes podem influenciar de modo positivo ou negativo a vida de um educando.

Paulo Freire fala da forma de ensinar, retomando a questão da relação professor/educando no processo ensino-aprendizagem do qual devem fazer parte não como objeto um do outro, mas como sujeitos ativos na produção e construção do conhecimento. Por isso ele ressalta novamente que “(...) ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 2003, p. 52). Desta forma, expressa a importância do reconhecimento da inconclusão do educando, de sua autonomia enquanto ser que atua no mundo; do bom senso, humildade e tolerância em sala de aula, bem como da luta em defesa dos direitos dos educadores; da alegria e esperança de que a mudança na prática educativa é possível.

Nas palavras de Freire (1996, p. 55), “(...) o inacabamento do ser ou sua inconclusão é própria da experiência vital. Onde há vida, há inacabamento”. Dizer que o aluno é um ser inacabado significa reconhecer que ele está em contínua fase de construção, num permanente processo de busca, pois esta inconclusão é própria do ser humano e consiste na expressão da autonomia, na liberdade que ele tem de ser curioso, instigador e crítico. É ela que nos torna protagonistas de nossa história, diferentes dos outros seres, de modo a intervir no mundo lutando para “não ser apenas objeto, mas sujeito também da História”.

Nas palavras do autor, “(...) É o meu bom senso que me adverte de que exercer minha autoridade de professor na classe, tomando decisões, orientando atividades, estabelecendo tarefas (...) não é sinal de autoritarismo de minha parte” (FREIRE, 1996, p. 58). Assim, com autoridade o professor deve estar preparado para trabalhar com alunos diferentes uns dos outros que vivenciarão as mais diversas situações, as quais exigirão que haja compreensão, coerência e bom senso da parte do mestre, a fim de respeitar a autonomia e a dignidade do educando. Nessa prática o autoritarismo não tem vez, pois ele tira a liberdade do estudante e o torna meramente objeto, um ser passivo no processo. Aí está a diferença entre autoridade e autoritarismo. O primeiro consiste no direito que o professor tem de coordenar e dirigir as ações concernentes à prática educativa. O segundo diz respeito à imposição (por parte do professor) de regras, ações e poder em detrimento da liberdade individual (do educando).

Para Freire, a beleza da docência não deve limitar-se a uma atividade de “bico”, pois não se trata de uma atividade ocasional, nem tampouco numa prática afetiva de “tios” e “tias”, mas em profissão respeitante ao ensino, em que professor e educando mutuamente ensinam e aprendem com humildade, tolerância e amorosidade às suas limitações.

Na educação, alegria e esperança são valores imprescindíveis à prática. “Há uma relação entre a alegria necessária à atividade educativa e a esperança. (...)” (FREIRE, 1996, p. 80). A esperança é fundamental à experiência humana; professor e educando precisam estar sempre esperançosos de que juntos resistirão aos obstáculos e crescerão continuamente. Isso implica no inacabamento do ser que consciente do inacabamento está constantemente envolvido num processo de busca. Daí dizer que a prática progressista é criticamente esperançosa e alegre.

Muitos professores por “n” motivos tornaram-se desiludidos, mas devemos lutar para diminuir as razões objetivas da desesperança que nos imobiliza e nos impede de transmitir animação, de fazer nossa própria história e de transferir ao educando a esperança de uma educação capaz de transformá-lo em uma pessoa melhor.

“(...) No mundo da História, da cultura, da política, constato não para me adaptar, mas para mudar (...)” (FREIRE, 1996, p. 85). Como sujeito da História atuo na realidade a fim de modificá-la. Isso ocorre porque presente no mundo o percebo, passo a entendê-lo e vejo que não sou apenas objeto, mas uma pessoa capaz de intervir na realidade de modo a gerar novos saberes e soluções para os problemas presentes nela.

1.3 AUSUBEL

David P. Ausubel nasceu em 1918 e cresceu em Brooklyn, Nova York. Ele frequentou a Universidade da Pensilvânia, graduou-se em Psicologia. Depois de se formar na Escola de Medicina da Universidade de Middlesex, ele completou um estágio Gouveneur Hospital (NY City Departamento de Hospitais), localizado na parte inferior do lado leste de Manhattan, incluindo o Little Italy e Chinatown de 1944.

Seu serviço militar começou em seguida, com o Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos. Ele foi designado para Organização das Nações Unidas de Socorro e Administração de Reabilitação (UNRRA) em Stuttgart, Alemanha. Mais três residências psiquiátricas em seguida: o Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos, em Kentucky, o Psychiatric Center Buffalo, e Bronx Psychiatric Center. Com a ajuda da GI Bill, ele alcançou um PH D em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade de Columbia. Uma série de

cátedras veio a seguir em escolas: a Universidade de Illinois, a Universidade de Toronto, e universidades europeias em Berna, a Universidade Salesiana em Roma, e Faculdade de Formação de Oficiais em Munique. Ele recebeu uma Bolsa Fulbright em 1957-58 para fazer um estudo comparativo entre a motivação profissional dos Maoris e os europeus.

Em 1973 ele se aposentou da vida acadêmica para se dedicar em tempo integral à sua prática psiquiátrica. Seus principais interesses em psiquiatria foram a psicopatologia geral, o desenvolvimento do ego, a tóxico-dependência, e da psiquiatria forense. Dr. Ausubel publicou extensivamente: livros em psicologia do desenvolvimento e outros na área de educação e livros sobre temas especializados, como o vício em drogas, psicopatologia e desenvolvimento do ego, e mais de 150 artigos em revistas psicológicas e psiquiátricas. Em 1976 ele recebeu o Prêmio Thorndike da American Psychological Association para "Contribuições Distintas à educação". Ele se retirou da vida profissional em 1994 para dedicar-se em tempo integral, com a idade de 75, à escrita. Dr. Ausubel faleceu em nove de Julho de 2008.

1.3.1- Ausubel e a Aprendizagem Significativa

Sua maior contribuição foi a proposição de uma teoria explicativa do processo de aprendizagem humana, embasada nos princípios organizacionais da cognição valorizando, então, o conhecimento e o entendimento de informações e não meramente a memorização mecânica (“decoreba”). Tem como pressuposto principal a relação de conteúdos, que vão se agregando de forma hierarquizada e mais complexa de acordo com a ligação a conhecimentos prévios — os chamados *subsunçores* — os quais funcionam como “âncoras”, propiciando tanto a aprendizagem, quanto o crescimento cognitivo dos indivíduos. Desta forma, o processo de construção do conhecimento se dá de forma individualizada e correlacionada com a aprendizagem prévia, que o sujeito carrega em seu repertório cognitivo. Torna-se claro que a utilização das experiências trazidas por cada estudante é fundamental para que a ancoragem de conteúdos se dê de forma efetiva e duradoura, consistindo, assim, em aprendizagem significativa.

A integração de novas informações, com a aprendizagem significativa, facilita a aplicação do conhecimento em atividades mais complexas. A aprendizagem significativa deve incentivar o estudante a aplicar a informação de forma prática; ela, assim, integra-se mais facilmente — e de forma mais completa, sendo valorizada de acordo com seu significado. Ausubel propõe que a rede de conhecimento se construa através da associação da nova

informação, a qual está sendo vista pela primeira vez, a conhecimentos já aprendidos e vivenciados, isto é, a nova informação deve ser incluída em um cabedal de conhecimentos prévios. Após essa relação, consolidada pela agregação aos “subsunçores”, cria-se um novo e/ou mais abrangente conceito. Ao se somar, nesse processo, a experimentação ao estímulo e interação com o aprendiz, tem-se maior chance de obtenção de uma aprendizagem realmente significativa (AUSUBEL, 2006).

Neste ponto, vale ressaltar que o equilíbrio cognitivo é certamente um estado dinâmico, sendo capaz de construir e manter a ordem funcional e estrutural do sistema num eterno processo de construção-desconstrução-reconstrução. Aprender significativamente é, pois, o grande objetivo. Os padrões dogmáticos de uma educação bancária são quebrados transformando a relação vertical em uma relação horizontal, sem a rigidez de papéis pré-fixados. Há, então, flexibilização da participação dos atores, na medida em que o aprendiz é também mestre e vice-versa.

Ademais, o professor se comporta como modelo para os alunos, ao incentivá-los no exercício da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2006), tendo sempre em mente que o ser humano é um sujeito inacabado, logo, em constante elaboração. Nesses processos, a interação entre o novo conhecimento e o já existente faz com que ambos se transformem. O conhecimento adquirido terá mais consistência, já que será modificado, integrado, não apenas no momento da aprendizagem, mas em futuras situações de ensino e de vida.

Pode-se concluir que tal aprendizagem, idiossincrática e particular, se relaciona com a estrutura de cada indivíduo e, que, ao mesmo tempo, exerce o poder de mudança sobre o indivíduo, assim como sofre o poder de ser mudado (AUSUBEL, 2006). Os meios usados na construção desse conhecimento são variados, merecendo destaque (JAEGER, 1995) a diferenciação progressiva — em que os conceitos que interagem com os novos conhecimentos, e servem de base para atribuição de novos significados, vão se modificando em função desta interação — e (MCGRIFF, 2000) a reconciliação integrativa — que consiste no estabelecimento de relações entre ideias, conceitos e proposições já existentes na estrutura cognitiva. Esses processos têm como resultado explícito o delineamento de diferenças e similaridades entre as ideias.

A teoria da aprendizagem significativa ou teoria da assimilação de Ausubel é uma teoria cognitivista que propõe explicar o processo de aprendizagem que ocorre na mente humana. Segundo Moreira (2011, p. 26), para Ausubel, “[...] aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva”. A estrutura cognitiva é o resultado dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento.

Um dos conceitos mais importantes da teoria de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) sobre o ensino e aprendizagem, pode ser resumido na seguinte frase:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.

Segundo Moreira (2011a, p. 26):

Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcione, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos.

A experiência cognitiva abarca alterações significativas nos atributos da estrutura cognitiva pela influência do novo material. Há, um processo de interação por meio dos quais conceitos mais expressivos e inclusivos interagem com o novo material, atuando como ancoradouro, isto é, abrangendo e integrando este material e, ao mesmo tempo modificando-se em função dessa ancoragem.

A teoria de Ausubel tem como foco a aprendizagem significativa. Segundo Ausubel, aprendizagem significativa é o processo que envolve interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual ele define como subsunção, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2011a, p. 28).

Conforme Moreira (2011a, p. 34), Ausubel visualiza a conservação de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma escala conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimentos são conectados e assimilados a conceitos mais gerais e inclusivos.

A aprendizagem significativa acontece quando uma nova informação ancora-se em conceitos relevantes, já existentes na estrutura cognitiva de cada pessoa. Moreira (2011a, p. 41) explica que estrutura cognitiva é “uma estrutura hierárquica de conceitos que são experiências sensoriais do indivíduo”.

Ausubel et al. (1980) aconselha o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos classificadores que facilitem a aprendizagem posterior. Moreira (2011a, p. 40) destaca que organizadores prévios “são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si”.

A principal função dos organizadores prévios é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Os organizadores prévios facilitam a aprendizagem na medida em que funcionam como pontes cognitivas (MOREIRA, 2011a, p. 41).

O processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e alteração do conceito subsunçor. Desta forma, os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser bem desenvolvidos, limitados ou pouco desenvolvidos, dependendo da frequência em que ocorre aprendizagem significativa em conjunto com um dado subsunçor.

Em contraposição com a aprendizagem significativa está à aprendizagem mecânica (ou automática) na qual Ausubel et al. (1980) definem como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva.

Na aprendizagem mecânica não existe interação entre a nova e a informação já armazenada. Desta forma, o conhecimento fica distribuído na estrutura cognitiva, sem conectar-se a conceitos, subsunçores específicos (MOREIRA, 2011a, p. 26).

Conforme Manassi (2014, p. 23), “o prejuízo da aprendizagem mecânica é que a capacidade de reprodução do conhecimento perdura durante pouco tempo, depois da memorização e logo pode ser perdida”. Desta forma, aprender mecanicamente é simplesmente decorar e do ponto de vista cognitivo, as informações são internalizadas praticamente sem interação com conhecimentos prévios.

Ausubel, et al. (1980) ressaltam que:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). Uma relação não arbitrária e substantiva significa que as ideias são relacionadas a algum aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do aluno, como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma preposição.

Duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa são propostas por Ausubel. A primeira condição refere-se ao material a ser aprendido, pois este deve estar relacionado à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Para que a aprendizagem significativa ocorra é importante que o aprendiz tenha os subsunçores adequados disponíveis em sua estrutura cognitiva: “O potencial significativo do material a ser

aprendido varia não somente em relação à experiência educacional prévia como também a fatores tais como idade, Q.I., ocupação, condições socioculturais” (AUSUBEL et al., 1980).

Pode-se dizer então, que um material é potencialmente significativo quando levam em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e as condições do meio no qual os estudantes estão inseridos.

A segunda condição conforme Moreira (2011, p. 26) “é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva”.

Cabe ressaltar que mesmo sendo o material potencialmente significativo, não quer dizer que o aluno vai aprender de forma significativa, pois se a intenção do aprendiz for apenas memorizar, arbitrariamente e literalmente os tópicos desenvolvidos, o resultado final da aprendizagem será mecânico. Da mesma forma, se o aluno estiver disposto para aprender, porém, se o material e o processo não forem potencialmente significativos, o produto, a aprendizagem, não será significativa.

Em resumo, para que a aprendizagem ocorra de forma significativa é necessário disposição do indivíduo para relacionar o conhecimento, existência de um conteúdo mínimo em sua estrutura cognitiva, com subsunçores suficientes para suprir as necessidades relacionadas e materiais a serem assimilados com potencial significativo.

Segundo Ausubel et al. (1980) na aprendizagem significativa “o processo de obtenção de informações produz uma modificação tanto na nova informação como no aspecto especificamente relevante na estrutura cognitiva com a qual a nova informação estabelece relação”. Ausubel et al. (1980) destacam que:

[...] a aquisição de novas informações depende amplamente das ideias relevantes que já fazem parte da estrutura cognitiva, e que a aprendizagem significativa nos seres humanos ocorre por meio de uma interação entre o novo conteúdo e aquele já adquirido. O resultado da interação, que ocorre entre o novo material e a estrutura cognitiva existente, é a assimilação dos significados velhos e novos, dando origem a uma estrutura mais altamente diferenciada.

Moreira (2011b, p. 51) ressalta que “o significado está nas pessoas, não nas coisas”. Deste modo, não existe livro significativo ou aula significativa, mas, livros, aulas, materiais instrucionais de um modo geral, podem ser potencialmente significativos.

Para isso, devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem aprendíveis) e os sujeitos devem ter conhecimentos

prévios adequados para dar significado aos conhecimentos veiculados por esses materiais (MOREIRA, 2011b, p. 39).

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira (2011b, p. 42), é uma alternativa para a construção de materiais potencialmente significativos; materiais que carregam em si uma boa estrutura e desencadeamento lógico (coerência de argumentos), e ainda, que façam sentido ao grupo ao qual se pretende apresentar determinado conteúdo.

Sendo assim, o material deve estar em consonância com os conhecimentos prévios dos estudantes. Somente dessa forma ele será relacionável à estrutura cognitiva do sujeito que aprende e, assim, possibilitará a construção de significados psicológicos, por parte do mesmo.

O objetivo da UEPS é a construção de materiais que contribuam para um aprendizado de maior qualidade, que se distancie do aprendizado mecânico. Segundo Moreira (2011b, p. 35), “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”. Moreira (2011b, p. 27) afirma que “só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos”. Em todas as etapas, os materiais e a metodologia de ensino devem ser variados, de modo a estimular o diálogo e a crítica.

1.4 UMA PROXIMIDADE ENTRE OS REFERENCIAIS TEÓRICOS

No caminho para superar os desafios do ensino, vemos que para Vygotsky (1995) o conhecimento se dá a partir do que é sabido pelo sujeito de seu cotidiano, do que ele internalizou ao longo de seu desenvolvimento, por meio das relações sociais estabelecidas como produção cultural. Ausubel (1968) reconhece e resgata os saberes do educando e a sua afetividade para o cenário escolar através da aprendizagem significativa. Já Freire (1996, 2005), amplia esse resgate ao trazer a esses mesmos valores o tempero político e missionário ao relacionar dialogicidade com libertação.

Vemos que tanto Ausubel quanto Freire e Vygotsky reconhecem o saber e a potencialidade para aprender dos educandos e trazem o conhecimento prévio do aluno, a dialogicidade e a negociação como caminho para a autonomia destes e para uma aprendizagem duradoura. A dialogicidade e a aprendizagem significativa, mesmo não sendo termos exatamente iguais, colaboram para a troca e distribuição de poder entre aluno e

professor e possibilitam a contaminação do ensino-aprendizagem por ideais humanistas de libertação e autonomia, tornando o ensino mais significativo, próximo da realidade e necessidade dos educandos.

Tais fatos me levam a considerar que os três princípios educacionais são plausíveis de serem utilizados como norte para nossas estratégias pedagógicas. Julgo que elas possibilitam um processo de ensino-aprendizagem participativo, consciente e crítico, almejando assim poder tornar nossos educandos cidadãos participativos e atuantes perante a realidade que a sociedade lhes apresenta.

2 LUZ: NATUREZA, PROPAGAÇÃO E INTERAÇÃO COM A MATÉRIA.

2.1 INTRODUÇÃO

A luz é uma onda eletromagnética de propagação retilínea (meios homogêneos) com altíssima velocidade $c \approx 3 \times 10^8$ m/s de alcance infinito no vácuo. Galileu foi o primeiro a tentar medir a velocidade de propagação da luz a partir da determinação do tempo necessário para a luz percorrer o dobro da distância entre dois observadores. Nessa experiência, um observador A ativa uma lanterna para um observador B, que, ao enxergar a luz, ativa sua lanterna também. De acordo com a experiência de Galileu, o tempo medido entre a emissão da luz pela lanterna do observador A e sua observação da luz emitida pela lanterna do observador B corresponde ao tempo para a luz viajar o dobro da distância entre os dois observadores.

Em 1657, Pierre de Fermat encontrou um novo método para determinar a trajetória dos raios luminosos, baseado na ideia de que a natureza atua sempre pelo caminho temporalmente mais curto, ou seja, de todos os caminhos possíveis para ir de um ponto ao outro, a luz segue aquele que é percorrido no tempo mínimo, o conhecido Princípio de Fermat. Como a velocidade da luz é uma constante, decorre que o tempo mínimo equivale ao caminho óptico mínimo e, portanto, à distância mínima (válido para meios homogêneos), ou seja, o Princípio de Fermat equivale à propagação retilínea da luz (NUSSENZVEIG, 1998). Entretanto, facilmente se percebe os limites desse modelo (raio de luz) ao considerarmos os efeitos ondulatórios da luz. A teoria ondulatória da luz sugerida por Christian Huygens em 1678, explica os efeitos da refração e reflexão em termos de ondas e atribui um significado físico ao índice de refração, que pode ser definido para cada meio como a razão entre a velocidade da luz no espaço livre e a velocidade da luz em um meio (HALLIDAY et al, 1995).

De acordo com essa aproximação, temos

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{Índice de refração (1)}$$

Além disso, a teoria ondulatória de Huygens nos permite estudar os efeitos de interferência e difração das ondas luminosas. O princípio fundamental dessa teoria é o seguinte:

Todos os pontos de uma frente de onda funcionam como fontes pontuais para ondas secundárias. Depois de um tempo t , a nova posição da frente de onda será dada por uma superfície tangente a essas ondas secundárias.

Entretanto, foi James Clerck Maxwell quem mostrou que o estudo da “luz visível”, abordado na Óptica, é um ramo do Eletromagnetismo, pois um feixe de luz é uma configuração dos campos elétrico e magnético que se propagam, definindo a luz como onda eletromagnética. A partir de suas equações, Maxwell deduziu a equação da onda, satisfeita pelos campos elétrico e magnético, com velocidade de propagação da luz.

Partindo das equações

$$\nabla_{\mathbf{x}} \bar{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \bar{\mathbf{B}}}{\partial t} \quad (2) \quad \nabla_{\mathbf{x}} \bar{\mathbf{B}} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \bar{\mathbf{E}}}{\partial t} \quad (3)$$

Escritas para propagação de uma onda eletromagnética no espaço livre.

Aplicando o rotacional na equação da esquerda

$$\nabla_{\mathbf{x}}(\nabla_{\mathbf{x}} \bar{\mathbf{E}}) = -\nabla_{\mathbf{x}} \frac{\partial \bar{\mathbf{B}}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \nabla_{\mathbf{x}} \bar{\mathbf{B}} \quad (4)$$

$$\nabla_{\mathbf{x}}(\nabla_{\mathbf{x}} \bar{\mathbf{E}}) = -\frac{\partial}{\partial t} \left[\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \bar{\mathbf{E}}}{\partial t} \right] = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \bar{\mathbf{E}}}{\partial t^2} \quad (5)$$

Onde μ_0 é a constante conhecida como permeabilidade magnética do vácuo e vale exatamente $4\pi \times 10^{-7}$ H/m. A constante ε_0 é denominada permissividade elétrica do vácuo e seu valor é $8,854 \times 10^{-12}$ F/m.

Usando a identidade vetorial $\nabla_{\mathbf{x}}(\nabla_{\mathbf{x}} \bar{\mathbf{E}}) = \nabla(\nabla \cdot \bar{\mathbf{E}}) - \nabla^2 \bar{\mathbf{E}}$, e o fato de que $\rho = 0$ consequentemente $\nabla \cdot \bar{\mathbf{E}} = 0$, no vácuo, podemos escrever:

$$-\nabla^2 \bar{\mathbf{E}} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \bar{\mathbf{E}}}{\partial t^2} \Rightarrow \nabla^2 \bar{\mathbf{E}} - \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \bar{\mathbf{E}}}{\partial t^2} = 0 \quad (6)$$

que pode ser reescrita como

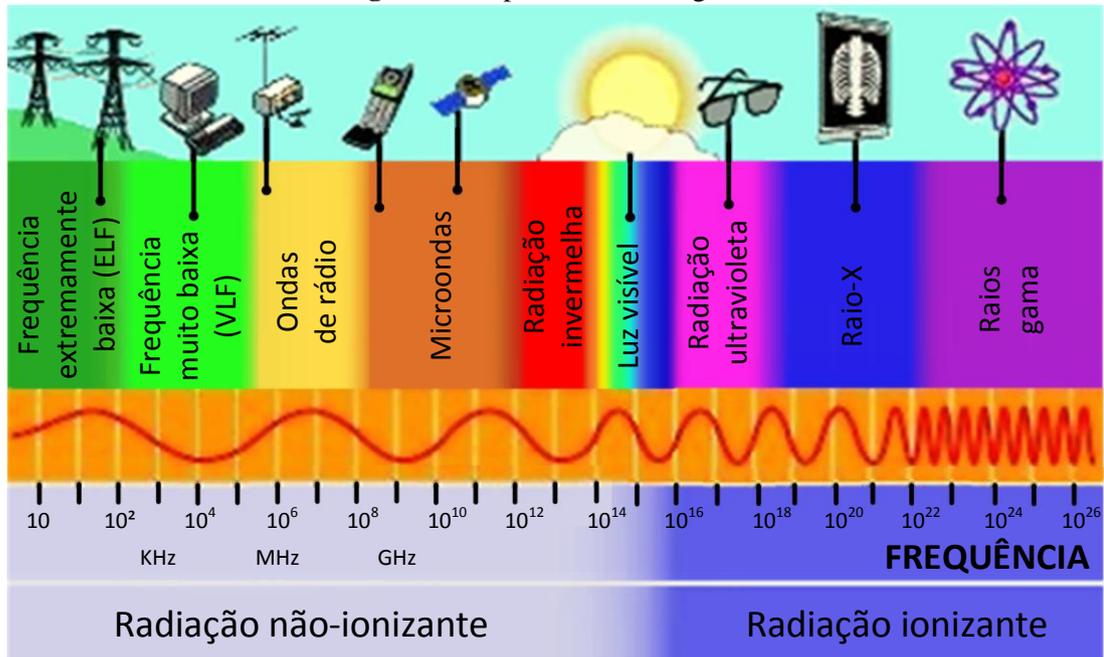
$$\nabla^2 \vec{E} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (7) \quad \text{onde } c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Equação da onda no espaço livre.

A mesma demonstração pode ser desenvolvida para o campo magnético. A equação da onda demonstra que o campo elétrico oscilante se propaga no vácuo com a velocidade da luz (FOWLES, 1989). Maxwell interpretou esse resultado não como uma mera casualidade, mas que indicava ser a luz uma onda eletromagnética.

O espectro eletromagnético é o intervalo completo de todos os tipos de radiação eletromagnética, que vai desde as ondas de rádio até a radiação gama. A faixa de luz visível ao olho humano também faz parte desse quadro de radiação eletromagnética, no entanto, sua faixa é muito pequena se comparada com a dos outros comprimentos de onda.

Figura 1 - Espectro Eletromagnético.



Fonte: Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=28159>>. Acesso em 25 jul 2016.

O que diferencia uma Onda Eletromagnética de outra é sua frequência. Todas elas, entretanto, propagam-se no vácuo (e, aproximadamente, no ar) com a mesma velocidade. Temos diversos tipos de ondas eletromagnéticas como apresentado na figura 1.

A luz é uma radiação eletromagnética que se torna perceptível mediante o nosso sentido da visão. A luz branca é composta de uma mistura de radiações que se estendem ao

longo de uma restrita faixa de frequências e comprimentos de onda. Dentro de limites mais estreitos nessa faixa de radiações visíveis, podemos perceber as cores. É o que se pode perceber quando a luz branca é decomposta nas chamadas "cores do arco-íris".

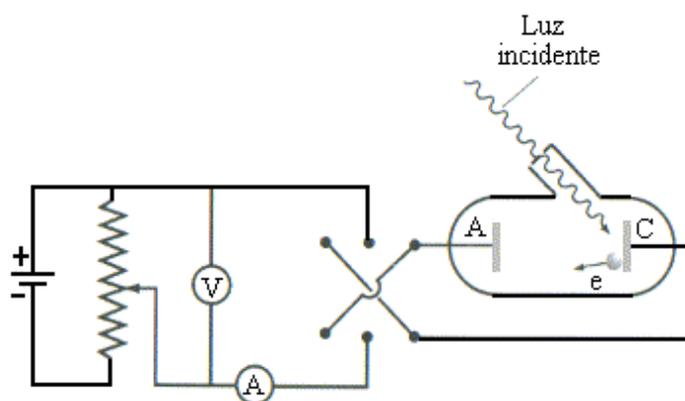
2.2 O EFEITO FOTOELÉTRICO

Por volta de 1887, o físico Heinrich Hertz (1857-1894), através de experimentos, confirmou pela primeira vez a existência das ondas eletromagnéticas e a teoria de Maxwell sobre a propagação da luz. Hertz descobriu que uma descarga elétrica entre duas esferas de zinco ocorria de maneira muito mais fácil quando uma delas era iluminada por luz ultravioleta. Em outras palavras, o que ele descobriu foi que a luz pode interferir nas propriedades elétricas dos objetos, já que a luz ultravioleta facilitava a descarga elétrica ao fazer com que elétrons fossem emitidos pela superfície do catodo.

Dois anos depois, em 1889, J.J. Thomson (1856-1940) explicou que a emissão de elétrons por uma superfície, quando iluminada por luz apropriada, ocorria porque a luz é uma onda eletromagnética que, ao atingir os átomos da rede cristalina do metal, faz com que os elétrons livres em seu interior passassem a vibrar conforme sua frequência de oscilação; alguns desses elétrons, então, poderiam ganhar energia suficiente para conseguir escapar do metal.

Tempo depois, em 1902, Philipp Lenard (1862-1947) realizou alguns experimentos para certificar se a emissão de elétrons pelo metal estava de acordo com o previsto pela teoria clássica. Ele fez com que luz branca composta por diversos espectros de cores sobre uma placa de dentro de um recipiente de vidro, isolado pelo vácuo. Com isso, foi capaz de medir a velocidade dos elétrons, ao carregar uma segunda placa de metal (receptora) com carga negativa, o que repelia os elétrons emitidos pela placa emissora: assim, apenas os elétrons mais velozes seriam capazes de atingi-la. A Figura 2 representa o diagrama esquemático do aparelho básico para estudar o efeito fotoelétrico.

Figura 2 - Esquema do aparelho básico para o estudo do efeito fotoelétrico.



Fonte: Criado pelo autor.

Segundo as explicações de Thomson, se Lenard aumentasse a intensidade da luz incidente, os elétrons seriam ejetados pela placa emissora com mais energia e, portanto, mais velozes. O fenômeno também deveria ser observado para qualquer frequência de luz, desde que a energia da onda eletromagnética incidente fosse intensa o bastante para arrancar os elétrons da superfície do metal. Mas nada disso foi constatado por Lenard em suas experiências. O que se viu é que quanto se aumentava a intensidade da luz, mais elétrons eram arrancados da placa. Outra observação foi a de que o efeito fotoelétrico só era observado para frequências acima de um determinado valor que variava para cada tipo de metal utilizado na placa de emissão.

A explicação para efeito fotoelétrico, foi apresentada pelo jovem físico alemão, Albert Einstein (1879-1955), funcionário de um escritório de patentes na Suíça que pesquisava em casa, nas horas vagas. Sob o título *Sobre um ponto de vista heurístico concernindo à geração e a conversão de luz*, Einstein publicou o artigo que conseguiu explicar os resultados obtidos nos experimentos com efeito fotoelétrico, sugerindo que nesse caso a luz não se distribuía continuamente no espaço, mas de forma quantizada como pequenos pulsos, a quem chamou de fóton.

Einstein adotou a ideia de Planck sobre quantização de energia, em que a energia (E) correspondente a cada partícula de luz (fóton) poderia então ser obtida multiplicando-se o valor da frequência da luz incidente por um valor constante ($6,6260693 \times 10^{-34}$ J.s) que seria então chamada de “Constante de Planck” e representado pela letra (h). Ou seja:

$$E = h \cdot \nu \quad (8)$$

Equação de Planck

Também levou em conta a energia necessária para arrancar os elétrons de uma superfície, chamada função trabalho e representada por (W). Essa energia seria dispersa na superfície cristalina quando houvesse a ejeção de elétrons pelo metal. Segundo as leis de conservação de energia, seria possível então obter o valor da energia cinética (E_c) medida para cada elétron que chegasse à placa receptora, subtraindo-se o valor da função trabalho do metal da energia que o elétron receberia do fóton incidente, de forma que:

$$E_c = h \cdot \nu - W \quad (9)$$

Equação da energia cinética do elétron ejetado

Dessa forma mostrou-se que a energia dos elétrons não dependia da intensidade da luz, mas sim de sua frequência. Se a energia do fóton incidente for menor que a função trabalho do metal, ele não conseguirá arrancar nenhum elétron de sua superfície, ou seja, não ocorre efeito fotoelétrico para luz de baixa frequência. O conceito de fóton como partícula da luz também explica a ejeção imediata de elétrons pelo metal: não há a necessidade de se ficar absorvendo a energia de uma onda eletromagnética até acumular o necessário para escapar do metal; o elétron absorve a energia do fóton de uma única vez.

Segundo Einstein o efeito fotoelétrico ocorre porque a luz é composta por partículas que, incidindo sobre certos metais, levam à emissão de elétrons, cuja energia não depende da intensidade da luz, mas sim de sua frequência.

A ideia a princípio não foi totalmente aceita. Um dos opositores, o físico norte-americano Robert A. Millikan se dedicou a realizar experimentos com o Efeito Fotoelétrico, que pudessem derrubar a teoria proposta por Einstein. Após dez anos de tentativas, Millikan finalmente obteve seus resultados, chegando à conclusão de que Einstein estava correto.

Assim, por explicar o efeito fotoelétrico, Einstein foi agraciado com o Prêmio Nobel da Física em 1921 e Millikan, por seu trabalho, em 1923.

2.3 A ÓPTICA GEOMÉTRICA

Desde os primórdios da racionalidade, as questões acerca da luz permeiam o pensamento humano. Diversas teorias surgiram, algumas comprovadas e aceitas, outras desacreditadas e abandonadas ao longo dos tempos.

A modernidade trouxe uma série de instrumentos que permitem, hoje, análises e testes muito mais profundos e complexos, dando outra tonalidade ao conhecimento. No entanto, conceitos antigos permanecem vigentes e, mesmo séculos depois de terem sido descobertos ou iniciados, se mantêm atuais.

Tais bases e tais avanços modernos atingem todas as partes de estudo da luz, inclusive a óptica geométrica, de nosso interesse neste estudo. Como parte da física responsável pelo estudo do comportamento da luz, direciona o foco para a compreensão acerca dos fenômenos luminosos, adotando como base leis empíricas e utiliza como ferramenta de estudo a Geometria.

Os primeiros estudos da óptica remetem aos filósofos gregos que, em princípio, tiveram como objetivo de seu estudo a visão e os processos que a envolviam. Os primeiros sinais desses estudos partiram de Homero, que acreditava que raios luminosos partiam de nossos olhos e atingiam os objetos e esses raios eram formados por uma sequência de partículas. Essa ideia foi confrontada por Pitágoras, que afirmava o oposto, acreditando que os raios luminosos partiam dos objetos e não dos olhos. Diante desse cenário Platão de Atenas elabora um novo raciocínio, intermediário às duas teorias anteriores, no qual descrevia a visão como uma junção de três fontes de raio: uma originada dos olhos, uma originada do objeto observado e uma terceira, originada da fonte luminosa (sol, lâmpada, etc.). Atribuiu porém, um caráter divino à luz, dando o tom místico comum à época, que acaba por se misturar com os pensamentos científicos até meados do século XVII.

Tempos depois, uma corrente diferente de pensamento quebra com as conhecidas ideologias. O primeiro intelectual de destaque a fazer tal feito foi Aristóteles, que desvia o foco de seu estudo da visão e adota a origem da luz como ponto principal, admitindo a luz como uma atividade sobre determinado meio, iniciando os pensamentos que dariam origem à teoria ondulatória.

Mais tarde, depois de cerca de 400 anos sem registros de produção científica e filosófica sobre a óptica, novos estudos ressurgem, porém agora em domínios árabes. O físico e matemático iraquiano Al Hazen descobriu a lei da reflexão, ao observar e afirmar que o raio incidente, o raio refletido e a normal estão no mesmo plano, rejeitando as idéias gregas de raios visuais. O iraquiano realizou estudos detalhados dos olhos, lentes e espelhos, mas não chegou a estudar profundamente a natureza da luz, assim como seus contemporâneos.

Embora o período supracitado tenha sido de poucos questionamentos quanto à natureza da luz, foi também um tempo de grandes avanços tecnológicos, que viriam embasar os avanços futuros. Dentre eles, destaca-se o desenvolvimento de estudos sobre lentes que, em

1609 embasaram a construção do primeiro telescópio óptico feito por Galileu Galilei. Nos anos posteriores Galileu avançou e conseguiu construir instrumentos cada vez mais potentes, realizando diversas descobertas astronômicas e, em 1620 desenvolveu o microscópio, instrumento amplamente utilizado nos tempos atuais.

Outra ideia de Galileu que baseia as teorias atuais refere-se à velocidade da luz. Ele acreditava ser possível medir a velocidade da luz apenas medindo o tempo que ela levava para chegar de um ponto emissor a um ponto receptor. À época, essa ideia foi combatida por Johan Kepler, que afirmava não ser possível realizar tal medição, pois defendia a infinidade da velocidade da luz. Ambas as teorias foram refutadas posteriormente, mas as contribuições que elas proporcionaram foram determinantes para os conhecimentos futuros.

Alguns anos depois, em 1637, outro filósofo aparece no cenário e traz grandes revoluções para o estudo da óptica. René Descartes começou a questionar e estudar as questões referentes à refração e reflexão da luz, abordando problemas de projetar lentes para telescópios, microscópios e outros instrumentos ópticos. Ao trazer à tona tais indagações, Descartes foi o primeiro a colocar a natureza da luz no centro das discussões, momento no qual a luz passou a ser vista e estudada como objeto. Essa visão propiciou grande evolução no conhecimento das propriedades e da natureza da luz, e a prioridade de descobrimento de leis e princípios que explicassem seu comportamento em nível fundamental.

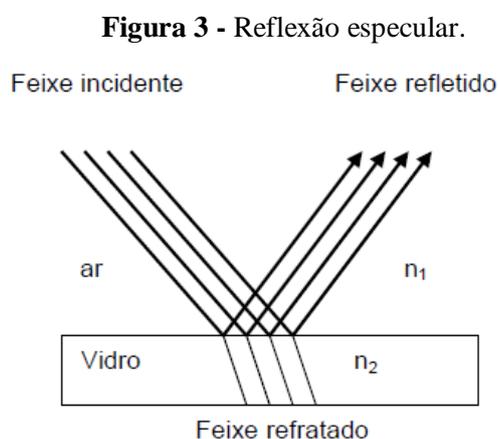
Após esses primeiros passos, no final do Século XVII, acontecem as primeiras tentativas de explicar o comportamento da luz. Em destaque neste cenário, surge as pesquisas realizadas por Isaac Newton, por meio da análise do comportamento da luz através de feixes de luz, originados de um corpo luminoso. A partir de tais análises, o estudioso chegou à conclusão de que partículas eram liberadas dos corpos luminosos e iluminavam os objetos, possibilitando que nós o visualizássemos. A esses fenômenos denominou refração e reflexão.

Mais tarde, após a apresentação dessa teoria por Newton, algumas contestações foram colocadas, embora poucas tiveram força, devido à posição e credibilidade de Newton. Todavia, algumas dessas contestações foram adotadas como definitivas tempos depois, e ainda vigora nos estudos da luz: a teoria de ondulatória de Christian Huygens.

Em 1690, no livro *Tratado da Luz*, Huygens expôs sua teoria ondulatória da luz. Neste tratado ele idealizou o princípio segundo o qual "cada ponto da frente da onda é tomado como o centro de um novo distúrbio que se propaga na forma de ondas esféricas". Com esse princípio, Huygens demonstrou as leis de reflexão e da refração, concluindo também que a velocidade da luz era maior no ar do que na água, ao contrário do que afirmava Newton. Essa observação foi decisiva para refutar as ideias de Newton.

2.3.1 A Reflexão

Quando uma onda que se propaga em um meio de índice de refração n_1 encontra a interface com outro meio de índice de refração n_2 , e sofre mudança na direção de propagação, mas permanece no meio 1 (caso em que $n_2 > n_1$), diz-se que a onda incidente foi totalmente refletida. Em algumas situações, a onda incidente pode passar para o meio 2, sendo parcialmente refletida e refratada, quando, por exemplo, incide em uma placa de vidro, conforme representado na figura 3. A reflexão pode ocorrer na forma especular ou difusa. A reflexão especular é quando o feixe incidente encontra uma superfície lisa sendo o feixe refletido bem definido.

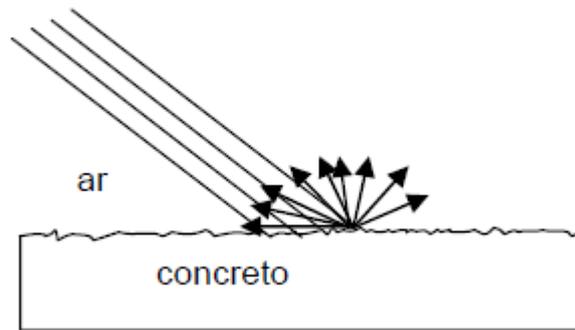


Fonte: Criado pelo autor.

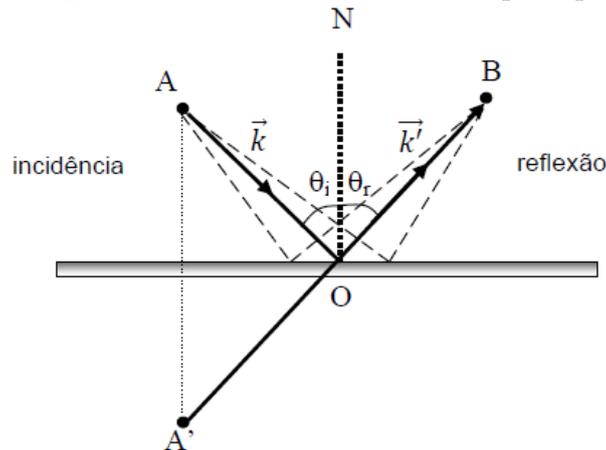
A reflexão difusa é quando um feixe de luz incide sobre uma superfície não homogênea (figura 4). Nesse caso, cada pequena porção da superfície reflete a luz incidente em uma determinada direção e, conseqüentemente, o feixe refletido não é bem definido, observando-se o espalhamento da luz em várias direções (ALVARENGA, 1993).

Figura 4 - Reflexão difusa.

Feixe incidente

**Fonte:** Criado pelo autor.

Na figura 5, um raio luminoso incide sobre o ponto “O” de uma superfície refletora. Traçando-se a normal nesta superfície e no ponto em questão, observa-se que os raios incidente e refletido definem um plano. A reflexão ocorre de tal maneira que o raio refletido está sempre no mesmo plano que contém o raio incidente. Portanto, o raio incidente, o refletido e a normal estão todos contidos no mesmo plano, que é denominado “plano de incidência”. Tal fato é conhecido como a 1ª lei da reflexão. Na representação da figura 5 o plano de incidência coincide com o plano da página.

Figura 5 - Um raio incidente em um espelho plano**Fonte:** Criado pelo autor.

O ângulo θ_i que o raio incidente faz com a normal é denominado ângulo de incidência, e o ângulo θ_r , formado entre a normal e o raio refletido, é chamado de ângulo de reflexão. De acordo com a 2ª lei da reflexão, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, ou seja, $\theta_i = \theta_r$.

Pierre de Fermat foi um matemático francês que no século XVII formulou o seguinte princípio:

De todos os caminhos possíveis entre dois pontos, a luz percorre aquele no qual o tempo de trânsito é um mínimo em comparação com o tempo em outras trajetórias.

A partir desse princípio é possível, facilmente, deduzir a 2ª lei da reflexão. A questão é (segundo o princípio de Fermat): em que ponto do espelho a luz deve ser refletida para que o tempo seja mínimo entre os pontos A e B da figura 5?

Nesse caso, como a luz permanece no mesmo meio, o menor tempo corresponde à trajetória menor. Na figura 5, as distâncias AO e A'O são iguais, pois A' é o ponto imagem da fonte A. Dessa forma, as distâncias AOB e A'OB também são iguais. A distância A'OB é mínima quando os pontos A', O e B estão sobre uma reta e, quando isso ocorre, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Na figura 5 está representada a trajetória percorrida pela luz, entre outras possíveis (linhas tracejadas), de acordo com o princípio de Fermat.

As duas leis da reflexão também podem ser deduzidas a partir das condições de contorno para ondas eletromagnéticas. Nesse caso, supondo que no lado esquerdo da figura 5 há a incidência de uma onda plana com vetor de onda \vec{k} e, no lado direito, a onda refletida com vetor de onda \vec{k}' , pode-se representar as ondas incidente e refletida, desconsiderando suas amplitudes, respectivamente, através das expressões complexas

$$e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)} \quad \text{Onda incidente (10)}$$

$$e^{i(\vec{k}' \cdot \vec{r} - \omega t)} \quad \text{Onda refletida (11)}$$

representando a dependência espaço-tempo das ondas incidente e refletida.

Considerando que num instante t e na posição O as ondas devem coincidir, os argumentos das funções exponenciais precisam ser iguais, portanto

$$\vec{k} \cdot \vec{r} = \vec{k}' \cdot \vec{r} \quad (12) \quad \text{na superfície refletora.}$$

Essa equação informa que os vetores de onda \vec{k} e \vec{k}' são coplanares e que suas projeções na superfície são iguais. Dessa forma,

$$k \text{sen} \theta_i = k' \text{sen} \theta_r \quad (13)$$

Como os vetores de onda são iguais, pois estão no mesmo meio, resulta que

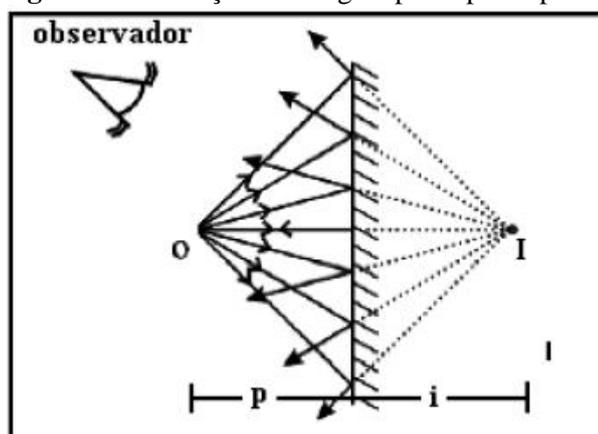
$$\theta_i = \theta_r \quad (14)$$

2.3.2 Espelhos

2.3.2.1 Espelho plano

O espelho plano pode ser considerado como um caso particular dos espelhos esféricos, considerando um raio de curvatura infinito. Também pode ser definido como uma superfície plana e lisa (homogênea) que reflete especularmente a luz. Os raios partem do objeto “O” (figura 6) e são refletidos no espelho chegando até o observador. Os raios refletidos parecem divergir de um ponto “i” atrás do espelho. O observador enxerga a imagem do objeto nesse ponto. Entretanto, os raios de luz não partem realmente dessa posição, por essa razão denomina-se a imagem de virtual (HEWITT, 2002). Chamamos de imagem real aquela formada na posição onde os raios luminosos realmente se cruzam.

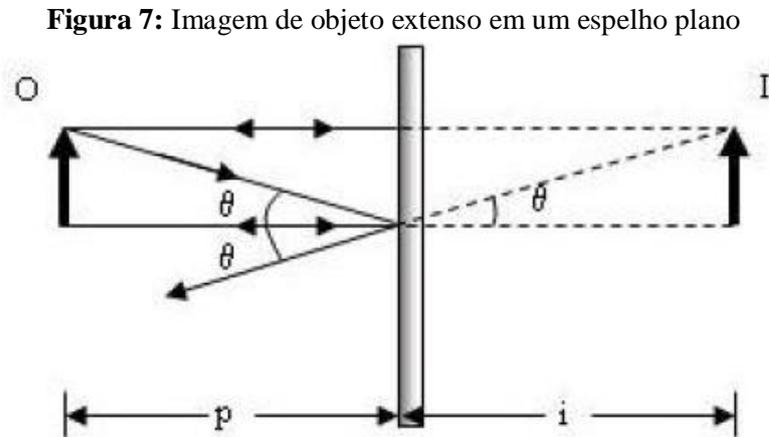
Figura 6 - Formação de imagem por espelho plano.



Fonte: Criado pelo autor.

A imagem formada por um espelho plano é sempre virtual, porém, não sofre qualquer alteração no seu tamanho, ou seja, um espelho plano não é capaz de provocar efeito de ampliação. A imagem formada tem o tamanho do seu objeto, independente da distância que esteja do espelho. Com isso, a relação entre a distância da imagem ao espelho e do objeto ao espelho é $i = -p$. Onde, por convenção, a distância “i” da imagem ao espelho é negativa.

Para um objeto extenso, a imagem é obtida determinando-se a imagem de cada ponto do objeto. Entretanto, podemos determinar a imagem a partir de três raios principais (figura 7).



Fonte: Criado pelo autor.

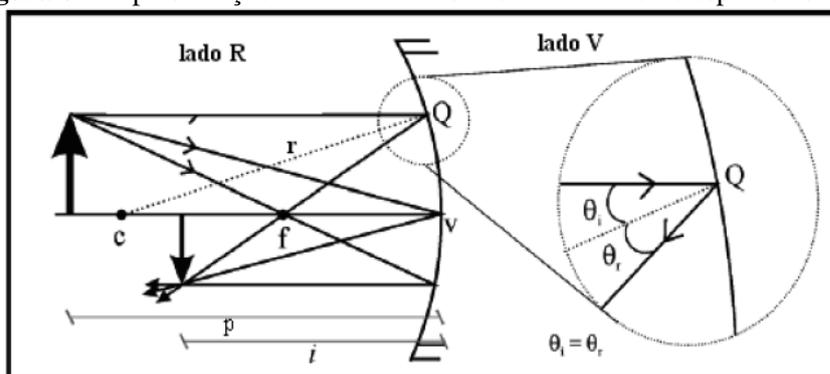
2.3.2.2 Espelho Esférico

Pode-se definir um espelho esférico como uma superfície curva que reflete especularmente a luz. Se ocorrer a reflexão da luz em sua parte interna, tem-se um espelho côncavo, caso ocorra na parte externa, o espelho é convexo. Os elementos de um espelho esférico são: o ponto “v” denominado vértice do espelho; o ponto “c” é o centro de curvatura; o raio “r”, é o raio de curvatura, que corresponde à distância entre o ponto “c” e o espelho; o ponto focal “f”, a distância entre o ponto focal e o centro do espelho é chamada de distância focal. A equação dos espelhos esféricos tem a forma

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{i} \quad (15)$$

onde “f” é a distância focal, “p” é a distância entre o objeto e o espelho e “i” é a distância entre a imagem e o espelho.

Figura 8 - Representação da validade das leis da reflexão no espelho esférico



Fonte: Criado pelo autor.

Por definição, o lado “R” do espelho (figura 8) é aquele no qual os raios são refletidos e podem formar *imagens reais*. O lado “V” é o lado do espelho onde podemos ter os prolongamentos dos raios refletidos, formando as *imagens virtuais*. Além disso, para diferenciar entre os focos dos espelhos côncavo e convexo, chamamos de *foco real* (foco efetivo), no lado “R” do espelho, e *foco virtual* (foco aparente), no lado “V” do espelho, respectivamente. A distância focal “f” está relacionada ao raio de curvatura, para ambos os espelhos, da seguinte forma:

$$f = \frac{r}{2} \quad (16)$$

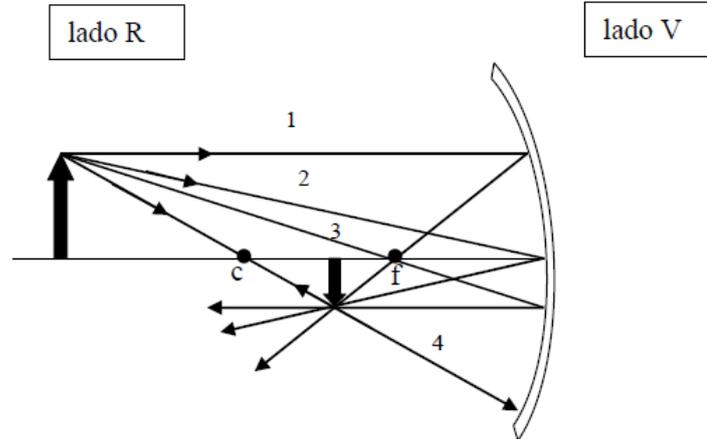
Com isso, a equação dos espelhos esféricos toma a forma

$$\frac{2}{r} = \frac{1}{p} + \frac{1}{i} \quad (17)$$

A partir dos *raios de luz*, obtém-se um método útil para a localização de imagens com uma construção geométrica denominada diagrama de raios. São considerados quatro raios principais para os espelhos esféricos.

Para o espelho côncavo:

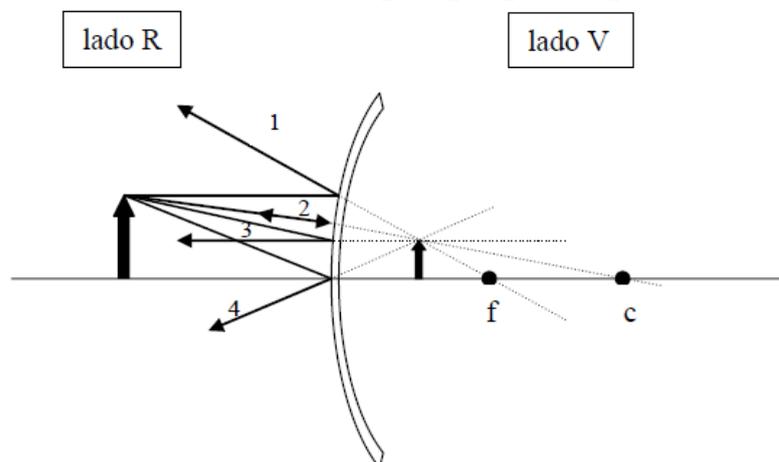
- i) o raio que incide paralelamente ao eixo central (raio 1, figura 9) é refletido passando pelo foco do espelho côncavo;
- ii) o raio que incide obliquamente no vértice de um espelho côncavo (raio 2, figura 9), é refletido fazendo com o eixo um ângulo igual ao de incidência;
- iii) o raio que passa pelo foco de um espelho côncavo (raio 3, figura 9) é refletido paralelamente ao eixo;
- iv) o raio que passa pelo centro de curvatura (raio 4, figura 9), atinge perpendicularmente a superfície do espelho e é refletido na direção de incidência.

Figura 9 - Diagrama de raios principais para o espelho côncavo

Fonte: Criado pelo autor.

Para o espelho convexo:

- i) o raio refletido, de uma incidência paralela ao eixo central de um espelho convexo, tem seu prolongamento passando pelo ponto focal virtual (raio 1, figura 10);
- ii) Para o espelho convexo, o raio também é refletido na direção de incidência, caso o seu prolongamento passe pelo centro de curvatura (raio 2, figura 10);
- iii) o raio que incide em um espelho convexo de forma que a sua direção passe pelo foco virtual (raio 3, figura 10), tem o prolongamento do raio refletido paralelo ao eixo;
- iv) O raio que incide obliquamente no vértice do espelho convexo, reflete com ângulo, em relação ao eixo central, igual ao de incidência (raio 4, figura 10).

Figura 10 - Diagrama de raios principais para o espelho convexo

Fonte: Criado pelo autor.

De acordo com a convenção para os lados R e V do espelho, as imagens formadas por espelhos convexos são sempre virtuais, pois para qualquer posição que o objeto seja colocado, os raios incidentes no espelho serão refletidos, divergindo no lado R, e a imagem é localizada pelo cruzamento dos *prolongamentos* dos raios refletidos. Além disso, a imagem é sempre direita e reduzida. O mesmo não ocorre para espelhos côncavos, pois conforme a posição do objeto podem formar imagens reais ou virtuais. Para um objeto posicionado entre o foco e o vértice do espelho côncavo, por exemplo, a sua imagem é virtual, direita e ampliada (figura 11).

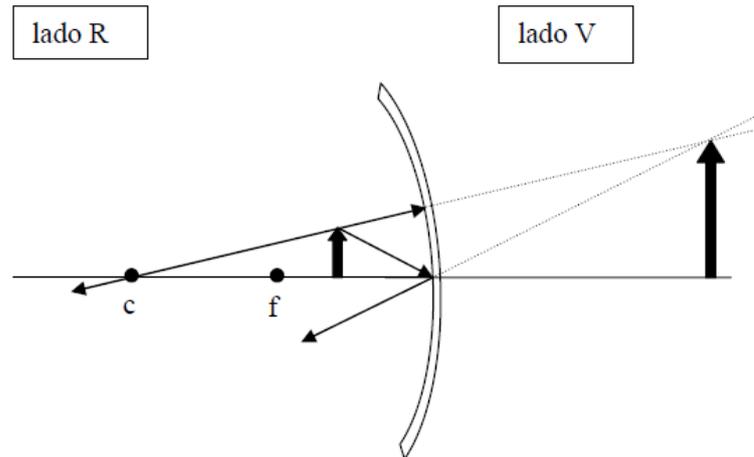
O tamanho de um objeto, ou de sua imagem, que é medido perpendicularmente ao eixo central do espelho, é denominado de *altura*. A *ampliação lateral* m produzida por um espelho esférico está relacionada com as alturas h e h' (objeto e imagem, respectivamente) pela seguinte equação

$$|m| = \frac{h'}{h} \quad (18)$$

que também pode ser escrita a partir das posições do objeto e sua imagem, em relação ao espelho, através da expressão

$$m = \frac{i}{p} \quad (19)$$

Quando o valor de m é positivo e maior do que a unidade, a imagem é direita e tem altura superior à do objeto. Portanto, por convenção, se a imagem tem a mesma orientação do objeto a ampliação lateral inclui o sinal (+). No caso de a orientação da imagem ser invertida, o sinal atribuído à ampliação lateral é (-). Além disso, valores menores do que a unidade indicam que a altura da imagem é menor do que a altura do objeto. No espelho plano em que $i = -p$, temos $m = +1$, que significa que a imagem tem sempre o mesmo tamanho do objeto e a mesma orientação.

Figura 11 - Formação de imagem por espelho côncavo

Fonte: Criado pelo autor.

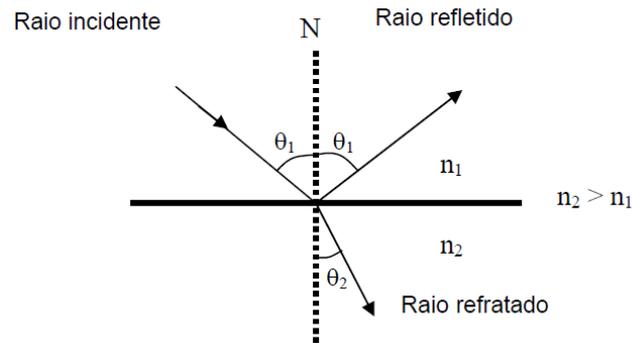
2.3.3 A Refração

Ao fazer um feixe de luz incidir sobre uma superfície transparente lisa, que separa dois meios diferentes, parte desse feixe de luz incidente volta ao meio de origem (raios refletidos) e parte penetra no segundo meio (raios refratados). O efeito da refração consiste em uma aparente mudança da velocidade de propagação do feixe luminoso ao penetrar em um meio com diferente índice de refração, ocorrendo mudança na direção de propagação quando o feixe incide obliquamente.

A lei da refração é denominada Lei de Snell e tem a seguinte expressão:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (20)$$

onde n_1 e n_2 são os índices de refração de cada meio, θ_1 é o ângulo de incidência e θ_2 é o ângulo de um raio refratado, em relação à normal “N”, conforme representado na figura 12.

Figura 12 - Reflexão e refração de um raio de luz incidente em uma superfície plana

Fonte: Criado pelo autor.

Assim como no caso da reflexão, a Lei de Snell pode ser deduzida a partir das condições de contorno para ondas eletromagnéticas. Recorrendo novamente a representação das ondas, desprezando suas amplitudes, pelas expressões complexas

$$e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)} \quad \text{Onda incidente (21)}$$

$$e^{i(\vec{k}'' \cdot \vec{r} - \omega t)} \quad \text{Onda refratada (22)}$$

Nesse caso \vec{k}'' é o vetor de onda no meio de índice de refração n_2 .

Como no caso descrito para a reflexão, a condição de contorno permite escrever

$$k \sin \theta_1 = k'' \sin \theta_2 \quad \text{(23)} \quad \text{Onde } \theta_1 \text{ e } \theta_2 \text{ são os ângulos de acordo com a figura 2.3.}$$

Usando a relação dos valores de k e k'' com os índices de refração

$$k = n_1 \frac{\omega}{c} \quad (24) \quad \text{e} \quad k'' = n_2 \frac{\omega}{c} \quad (25)$$

e fazendo a substituição na equação anterior, resulta

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (26)$$

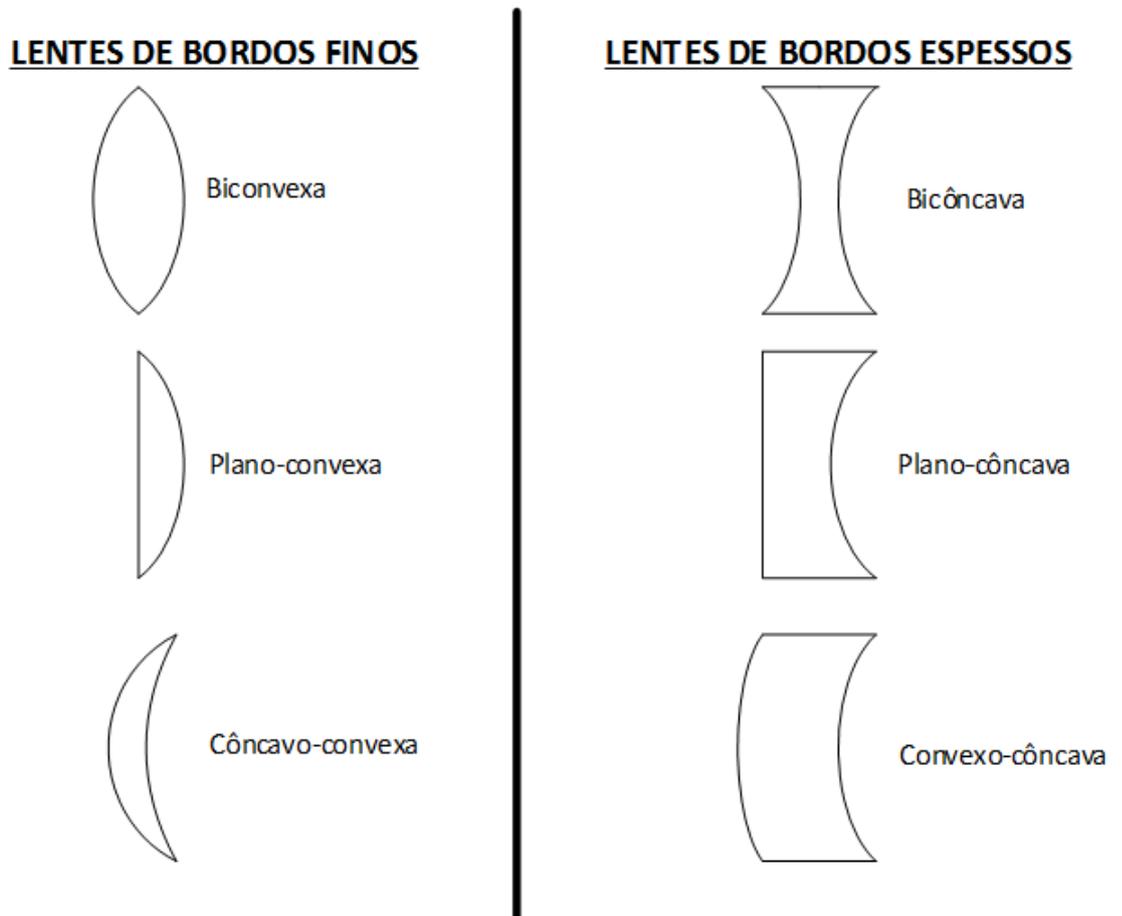
Lei de Snell.

2.3.4 Lentes

Uma lente pode ser definida como uma superfície refratora estreita limitada por duas superfícies transparentes. Quando essas superfícies são esféricas (ou apenas uma delas),

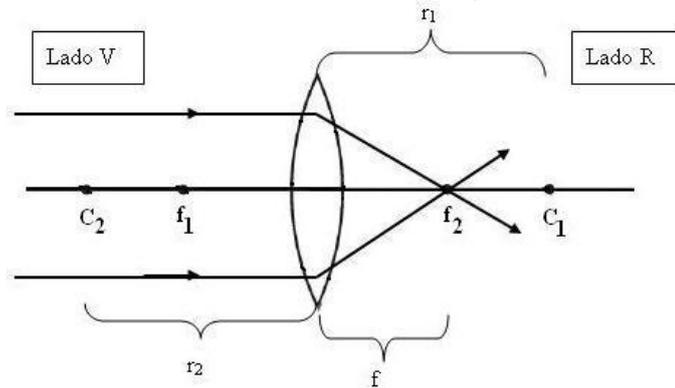
a lente é denominada esférica. Existem seis tipos de lentes delgadas (figura 13) compatíveis com essa definição.

Figura 13 - Principais tipos de lentes



Fonte: Criado pelo autor.

As lentes convergentes (e. g., figura 14) possuem espessuras maiores em seus centros do que em suas bordas, com a condição de que essa lente tenha índice de refração maior que o meio no qual esteja imersa. Uma lente divergente é qualquer lente que seja mais delgada no seu centro do que em suas bordas, com a mesma exigência para o índice de refração. Porém, a convergência e a divergência de uma lente dependem do meio circundante, pois esses comportamentos são dependentes dos índices de refração do meio e da lente. Para cada lente existem dois focos, podendo a luz incidir em qualquer uma das faces. O ponto “C” é o centro de curvatura da lente localizado a uma distância “r” do seu centro óptico. A distância focal “f” é a distância entre o foco e o centro óptico. Por convenção, o *lado negativo* é a face em que há incidência da luz e o *lado positivo* é a face em que há transmissão da luz.

Figura 14 - Lente convergente

Fonte: Criado pelo autor.

Dessa forma, os sinais convencionados para as lentes são:

i (distância imagem-lente)

Imagem real (+), se a imagem está atrás da superfície (lado da transmissão).

Imagem virtual (-), se a imagem está na frente da superfície (lado da incidência).

r, f (raio de curvatura e distância focal)

se o centro de curvatura está no lado da transmissão (+)

se o centro de curvatura está no lado da incidência (-)

De acordo com essa convenção, o centro de curvatura C_2 da segunda superfície (esquerda para direita) está a uma distância “- r_2 ” do centro da lente, e o centro de curvatura da primeira superfície a uma distância “+ r_1 ” (HALLIDAY et al 1995; TIPLER 1995). Essa convenção de sinais também permite identificar os tipos de imagem, real e virtual, já comentados anteriormente. Sendo assim, atribui-se o sinal negativo à imagem virtual e o positivo à imagem real. A equação das lentes delgadas tem a seguinte forma:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \quad (27)$$

onde f é a distância focal da lente e é dada por

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (28)$$

Sendo “ n ” o índice de refração do material da lente, com r_1 , o raio de curvatura da primeira superfície da lente e r_2 o da segunda.

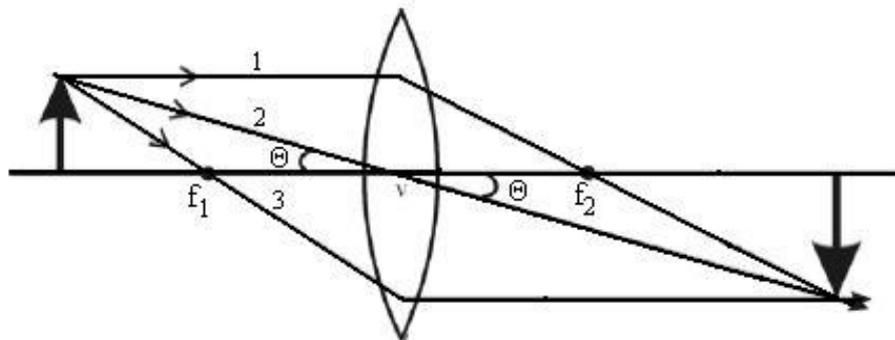
Como no caso dos espelhos planos e esféricos, para a formação de imagens pelas lentes, é necessário, pelo menos, que de cada ponto do objeto que se deseja localizar a imagem emergjam dois raios na direção da lente.

Diagrama de raios principais para lentes

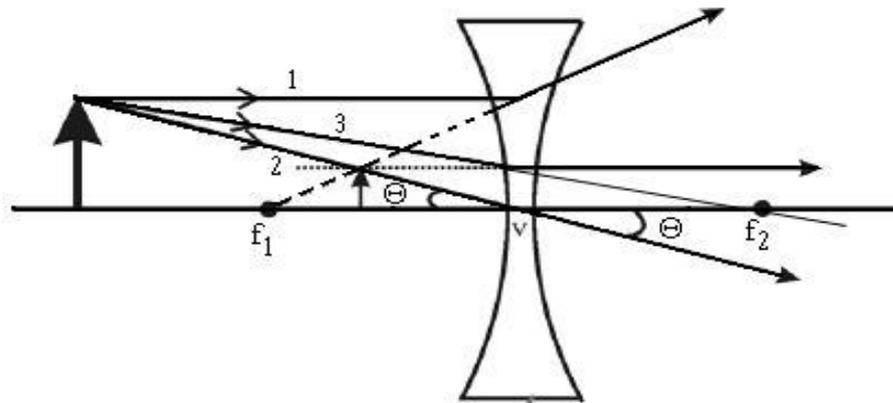
Para o caso das lentes delgadas, são três raios principais para localizar a imagem formada:

- o raio que incide paralelamente ao eixo principal é refratado, passando pelo segundo foco da lente convergente (raio 1, figura 15). Na lente divergente, o raio que incide paralelamente ao eixo principal diverge como se viesse do primeiro ponto focal da lente (raio 1, figura 16).
- o raio que passa pelo primeiro foco emerge paralelamente ao eixo principal em uma lente convergente (raio 3, figura 15). O raio que incide em uma lente divergente, de forma que seu prolongamento passe pelo segundo ponto focal, emerge paralelamente ao eixo principal da lente (raio 3, figura 16).
- o raio que incide no centro óptico não sofre desvio, tanto para lentes convergentes como para as divergentes (raio 2).

Figura 15 - Raios principais em uma lente convergente



Fonte: Criado pelo autor.

Figura 16 - Raios principais em uma lente divergente

Fonte: Criado pelo autor.

2.3.5 Reflexão interna total

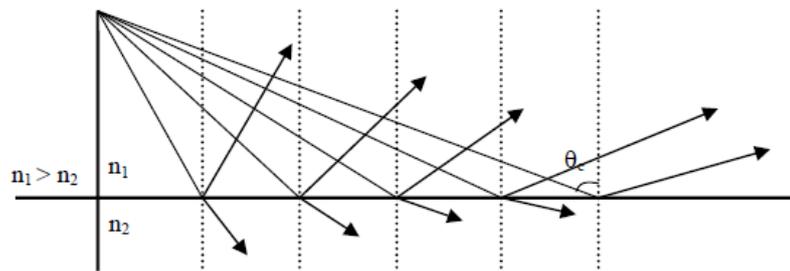
Em uma transmissão em que $n_1 > n_2$ (índices de refração dos meios 1 e 2, respectivamente), conforme representado na figura 17, à medida que o ângulo de incidência θ_i é aumentado, o ângulo de refração também aumenta até ser alcançado um valor de ângulo crítico θ_c em que o ângulo de refração é de $\frac{\pi}{2}$. Se o ângulo de incidência for maior do que o ângulo crítico θ_c , a luz incidente é totalmente refletida, caracterizando a reflexão interna total. Tal efeito torna possível, por exemplo, a utilização de fibras ópticas para a transmissão de dados.

O ângulo crítico θ_c pode ser determinado, sabendo-se os índices de refração n_1 e n_2 , a partir da Lei de Snell:

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin \left(\frac{\pi}{2} \right) \quad (29)$$

$$\sin \theta_c = \sin \theta_c \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (30)$$

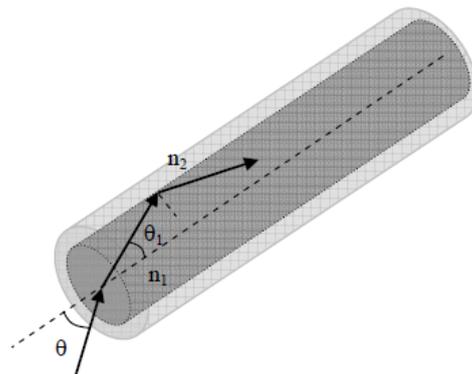
portanto
$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right). \quad (31)$$

Figura 17 - Reflexão interna total

Fonte: Criado pelo autor.

Como exemplo, vamos considerar o seguinte problema.

Uma fibra ótica consiste em um núcleo de vidro (índice de refração n_1) envolvido por uma película (índice de refração $n_2 < n_1$). Suponha um feixe de luz que vai do ar para a fibra, fazendo um ângulo “ θ ” com o eixo da fibra, de acordo com a figura a baixo. a) Mostre que o maior valor possível de “ θ ”, para o qual um raio pode propagar-se pela fibra é dado por $\theta = \text{sen}^{-1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ (HALLIDAY et. al., 1995).

Figura 18 - Fibra óptica

Vamos chamar de “ θ_1 ” o ângulo do raio refratado com a normal à área da secção transversal.

Fonte: Criado pelo autor.

Temos as seguintes relações

$$\text{sen}\theta = n_1 \text{sen}\theta_1 \quad (33)$$

supondo o índice de refração do ar $n = 1$

$$e \quad n_1 \text{sen}\left(\frac{\pi}{2} - \theta_1\right) = n_1 \cos\theta_1 = n_2 \quad (34)$$

pois estamos interessados no caso da reflexão interna total; dentro do material, a luz é totalmente refletida. Com isso, podemos escrever

$$\cos \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} = \left(1 - \sin^2 \theta_1\right)^{\frac{1}{2}} \quad (35)$$

o que leva a

$$\sin^2 \theta_1 = 1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \Rightarrow \sin \theta_1 = \left[1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (36)$$

Voltando à equação “1” temos:

$$\sin \theta = n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \Rightarrow \theta = \sin^{-1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} . \quad (37)$$

2.4 CORES E PIGMENTOS

2.4.1 Cores

O Sol emite radiação eletromagnética e, uma parte dessa radiação, compreende o espectro visível. A soma de todos os comprimentos de onda localizados na região visível do espectro eletromagnético resulta na luz branca. Ela também pode ser obtida somando-se as luzes vermelha, azul e verde, denominadas cores primárias.

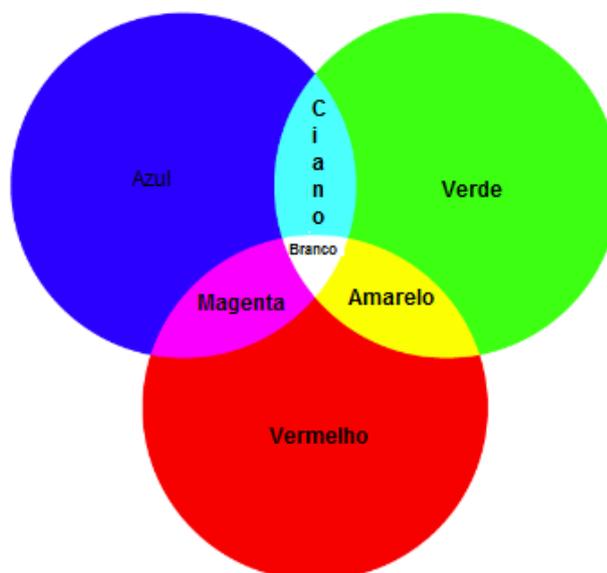
Quando duas das três cores primárias da luz são combinadas, tem-se como mostra a figura 19.

Azul + verde = ciano

Vermelho + verde = amarelo

Vermelho + azul = magenta

Figura 19 - Resultado de adição das cores primárias da luz



Fonte: Criado pelo autor.

Se duas cores combinadas produzem a luz branca são chamadas cores complementares, que apresentam as relações:

Magenta + verde = branco

Amarelo + azul = branco

Ciano + vermelho = branco

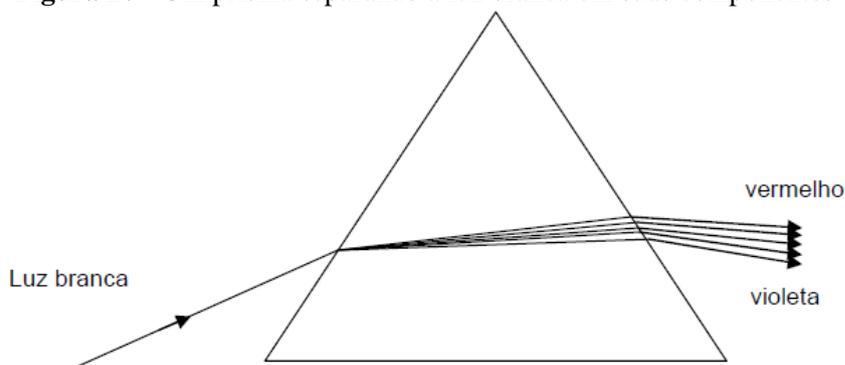
Entretanto, para compreender o processo de visualização das cores, é necessário considerar a percepção do olho humano, quando há a superposição de diferentes ondas luminosas. As células fotossensíveis do olho, os cones e os bastonetes, enviam os sinais ao cérebro e conduzem a percepção das cores (PESA, 2003). Quando, por exemplo, chegam ao olho do observador as luzes de cores verde e azul, as células sensíveis a essas cores se manifestam e percebemos a combinação aditiva delas, ou seja, a cor entre ambas – ciano (IDEM).

É possível, facilmente, verificar que a luz branca é composta pela combinação de todas as ondas luminosas, fazendo a luz incidir em um meio dispersivo. Ao incidir um feixe de luz policromática sobre um meio transparente, surgem raios refratados de diversas cores. Esse fenômeno de separação da luz nas cores que a constituem é denominado *dispersão cromática*. Assim, quando um feixe de luz incide em uma superfície que separa dois meios, os componentes do feixe são separados por refração, propagando-se em diferentes direções (HALLIDAY et al.,1995).

Para a maioria das substâncias transparentes, a dispersão ocorre, pois o índice de refração é uma função inversamente proporcional ao comprimento de onda “ λ ”. Tende, portanto, a aumentar com a frequência da luz incidente. Por essa razão, a luz violeta sofre um desvio maior do que a luz vermelha ($\lambda_{\text{violeta}} \cong 400\text{nm}$ e $\lambda_{\text{vermelha}} \cong 700\text{nm}$). Destaque-se que essa aproximação nem sempre é válida. Em estudos mais detalhados sobre o índice de refração, pode-se verificar casos de dispersão “anômala” em que o desvio é maior para comprimentos de onda maiores, ou seja, há um decréscimo do índice de refração à medida que ocorre o aumento da frequência (FOWLES, 1989).

Usualmente, utiliza-se um prisma para decompor a luz policromática (figura 20), pois ele provoca duas dispersões, uma em cada superfície de separação com o ar.

Figura 20 - Um prisma separando a luz branca em suas componentes



Fonte: HALLIDAY; RESNICK&WALKER, 1995.

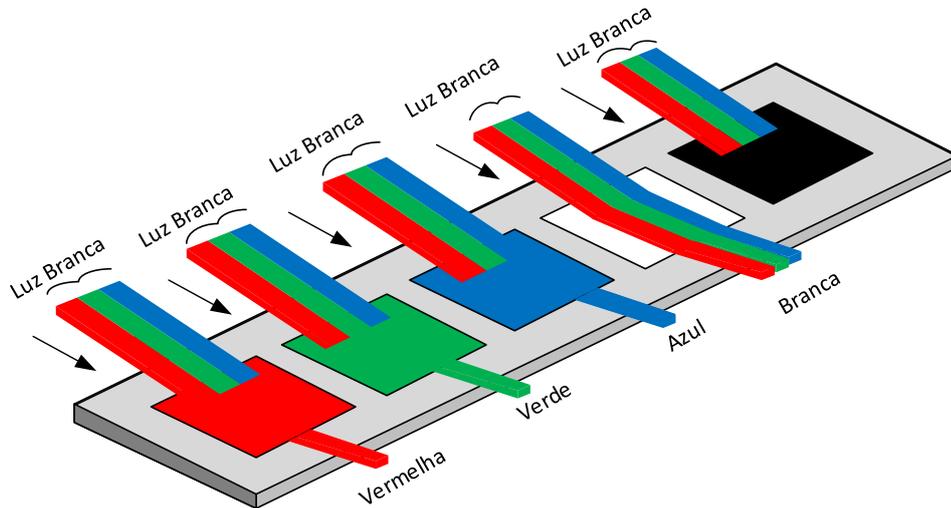
2.4.2 Pigmentos

Um pigmento é um material que muda a cor da luz transmitida ou refletida como resultado de uma absorção seletiva em um dado comprimento de onda. Muitos materiais absorvem seletivamente certos comprimentos de onda da luz.

Os materiais que foram escolhidos e desenvolvidos para serem usados como pigmentos possuem propriedades especiais que os tornam ideais para colorirem outros materiais. Os pigmentos são usados para dar cor a tintas, plásticos, têxteis, cosméticos, comida, e outros materiais. A maioria dos pigmentos são complexos de transferência de carga tal como compostos de metais de transição com largas bandas de absorção que subtraem a maioria das cores da luz branca incidente. O espectro da luz refletida cria a aparência da cor. O pigmento azul ultramarino reflete a luz azul e absorve as outras cores. Os pigmentos, ao

contrário das substâncias fluorescentes ou fosforescentes apenas podem subtrair comprimentos de onda da luz incidente e nunca adicionar novos comprimentos de ondas.

Figura 21 - Absorção e reflexão da luz por diferentes pigmentos

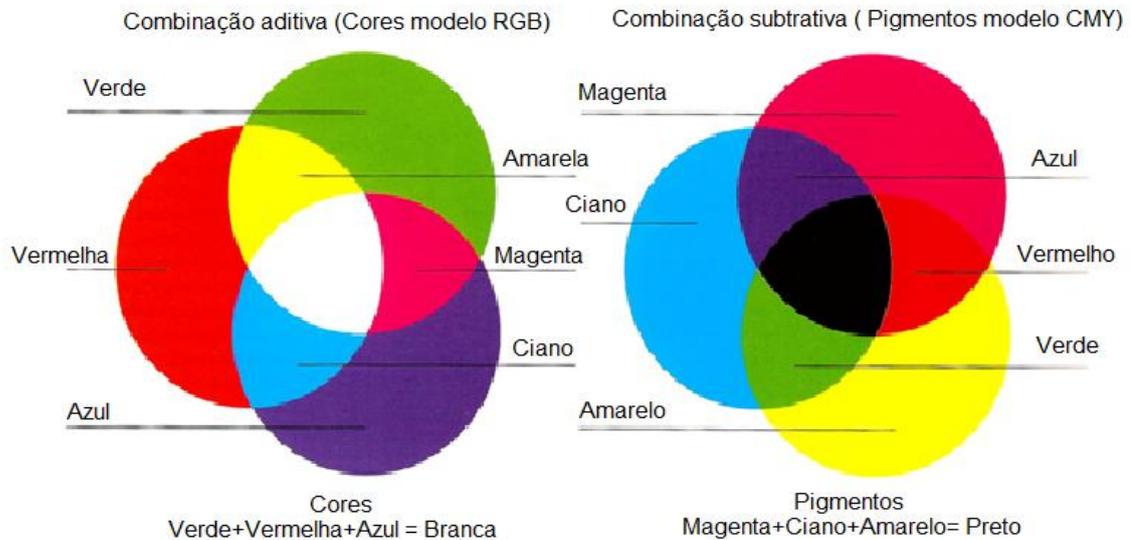


Fonte: Criado pelo autor.

Os pigmentos aparentam cores porque eles refletem seletivamente certos comprimentos de onda da luz. A luz branca é aproximadamente uma mistura idêntica de todo o espectro da luz visível com uma gama de comprimentos de onda entre 380/400 nm a 760/780 nm. Quando esta luz encontra um pigmento, parte do espectro é absorvida pelas ligações químicas dos sistemas conjugados e outros componentes do pigmento. Alguns outros comprimentos de onda ou partes do espectro são refletidos ou dispersos.

Uma diferença crucial entre pigmento e cor é observada ao se misturar todas elas. Ou seja, se misturarmos todos os pigmentos obteremos preto, enquanto que se misturarmos todas as cores obteremos branco.

Figura 22 - Resultado da adição das cores primárias da luz e da subtração para pigmentos



Fonte: Criado pelo autor.

2.5 A LUZ O QUE É?

O pensamento humano tem grandes fundamentações nas ideologias e indagações gregas. Na física, e na óptica isso não é diferente. Os filósofos gregos deram início às preocupações com o entendimento da visão humana que envolve indiretamente o estudo da luz, os quais formaram por muito tempo a base da teoria óptica. Contudo, é evidente que em grande parte destes estudos e por um longo período a luz, enquanto objeto, foi ignorada, dificultando pesquisas que pudessem explicar suas propriedades de propagação partindo de suas propriedades físicas.

De forma controversa, mas complementar, podemos notar que, apesar da baixa produção científica na idade média, este momento foi crucial para o desenvolvimento tecnológico, que posteriormente possibilitaram a compreensão da natureza da luz, levando à avanços extremamente relevantes no período, com enfoque nos séculos XVI e XVII. Como forma de corroborar este marco, tem-se que quase todas as leis da óptica geométrica e as propriedades relacionada à propagação não retilínea da luz foram descobertas e realizadas nestes séculos.

Como frutos deste momento intelectual, tem-se os postulados de Huygen, por exemplo, que serviram como base para as formulações matemáticas realizadas por diversos estudiosos posteriormente, agindo de forma decisiva na evolução do conhecimento físico e matemático.

Nos anos seguintes, mais precisamente no século XIX, a óptica tem seu avanço mais expressivo no entendimento da natureza da luz e a explicação de todos os fenômenos ópticos a partir de equações básicas. Este feito, realizado por Maxwell, colocou a óptica como bases científicas, de maneira definitiva, abrindo uma gama de aplicações que levaram, principalmente, à evolução das telecomunicações.

Mas a concepção da luz como onda não conseguia explicar certos fenômenos, como o chamado efeito fotoelétrico: quando se incide luz contra determinados metais, observa-se que a superfície deles libera elétrons. O enigma começou a se desfazer em 1900, quando o físico alemão Max Planck ao estudar a radiação térmica dos corpos, publicou o primeiro estudo do que viria a ser conhecido como física quântica. Ele descobriu que os átomos não emitem energia de forma contínua, mas em minúsculas partículas chamadas quanta.

Poucos anos mais tarde, em 1905, Albert Einstein utilizou a teoria de Planck para explicar o efeito fotoelétrico. Uma vez compreendido que a luz é composta por partículas, a física quântica pôde ser aplicada a ela. Cientificamente, esse novo ramo da física trazia inovações ideológicas jamais concebidas antes, trabalhando com dualidades como onda e partícula, vibração e matéria, nunca antes pensadas.

Ao longo dos anos, as teorias de Einstein e Planck já foram diversas vezes comprovadas, mas questionamentos ainda imperam. Afinal, a luz é uma onda ou uma partícula? A física abraçou o mistério: Quem disser que ela é onda está certo e quem disser que ela é partícula também está.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 CONTEXTUALIZANDO O TRABALHO

A proposta deste trabalho se pautou na elaboração de uma sequência didática com o desenvolvimento de módulos didáticos de modo a contribuir e possibilitar para uma aprendizagem mais efetiva sobre a luz. Assim, a sequência didática, de modo mais abrangente, teve como proposta estudar a luz a partir da observação de fenômenos cotidianos, utilizando em essência interpretações qualitativas para os fenômenos físicos abordados nos módulos. Como nosso foco não será a resolução de problemas numéricos, trataremos os conteúdos de forma teórica com ênfase nos aspectos qualitativos.

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos às operacionalizações de variáveis (MINAYO et al., 2000, p. 21).

Assim, inicialmente foi feita pesquisa bibliográfica de modo que os procedimentos didáticos pudessem ser aplicados e interpretados de forma compatível com o perfil pedagógico previsto.

Após período de investigação e discussão foi elaborada a sequência didática, e aplicada na Escola Municipal Carolina de Assis, no município de Juiz de Fora, no período de 8 de setembro de 2015 a 19 de janeiro de 2016. A sequência foi aplicada a 27 alunos do 9º ano do ensino fundamental, e, durante a aplicação procuramos enfatizar o desenvolvimento escrito, oral e observação crítica e prática de fenômenos envolvendo Física Clássica e Física Moderna, procurando sempre garantir e levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos.

Os referenciais teóricos aqui utilizados visaram ancorar abordagens que possam efetivamente ser utilizadas em sala de aula. Como essência da investigação aqui desenvolvida foi focada a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel. Segundo essa vertente teórica as ideias expressas simbolicamente são relacionadas com as informações previamente adquiridas pelo aluno, através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal).

Conforme Ausubel pretendeu-se fazer com que o aluno manifestasse uma disposição para a aprendizagem significativa. Levando em conta seus conceitos prévios sobre luz e visão, objetivou-se buscar uma disposição para relacionar o novo conhecimento.

Para que o novo conhecimento fosse potencialmente significativo para o aluno e passível de incorporação na sua estrutura cognitiva através de uma relação não arbitrária e não literal, conforme Ausubel, pretendeu-se desenvolver uma estratégia didática com esse perfil, buscando âncoras para subsidiar uma aprendizagem mais efetiva.

Ainda, para Ausubel, a aprendizagem automática ocorre se a tarefa de aprendizagem consistir em associações puramente arbitrárias. Se faltar ao aluno o conhecimento prévio relevante e/ou ele adotar uma estratégia que consiste em relacionar de forma arbitrária e literal os novos conhecimentos com os pré-existentes o aprendizado não se dá de forma significativa. Como já apontamos, em nossa proposta buscamos despertar conhecimentos prévios sobre a propagação da luz e sua interação com a matéria.

A característica essencial da aprendizagem por descoberta, ainda segundo Ausubel (1980), é que o conteúdo principal não é dado, mas deve ser “descoberto” pelo aluno antes que possa ser incorporado significativamente na sua estrutura cognitiva, como foi proposto em todos os módulos da sequência didática.

Outra base teórica muito importante, na qual buscamos suporte para nossa investigação, são as ideias apresentadas por Vygotsky, sendo bastante pertinentes para fundamentação de nosso estudo. Concordando com esse autor, consideramos que, para que ocorra uma aprendizagem mais eficaz, é necessário buscar apoiar o estudante de uma maneira diferenciada. Como já apresentado no tratamento de nossa base teórica, um conceito muito importante é o de *zona de desenvolvimento proximal*, que, segundo Vygotsky se refere à “região” ou “distância” entre aquilo que o aluno já sabe, que já foi assimilado, isto é, aquilo que ele consegue fazer sozinho, daquilo que o aluno (indivíduo) pode vir a aprender ou a fazer com a ajuda de outras pessoas, denominado desenvolvimento potencial. Nesse caso as ideias são relacionadas com alguns aspectos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno (por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição). Acreditamos que nossa investigação mostra uma intenção bastante compatível com esse recorte da teoria de Vygotsky.

Também buscamos os fundamentos das ideias de Freire (1996), segundo o qual o papel do professor deve ser de alguém que propõe desafios, capaz de promover a educação como prática de liberdade e criticidade. O professor é aquele que possui uma prática evolutiva que tende a desenvolver junto aos educandos uma capacidade crítica, a curiosidade para perguntar, conhecer, atuar, reconhecer, estimular a insubmissão, a indocilidade. Esse professor caminha por uma direção emancipadora, consciente de constituir-se constantemente a partir de uma curiosidade epistemológica construída pela superação de sua curiosidade

natural, capaz de compreender sua função e o mundo criticamente, visando romper com “verdades” rotuladas socialmente que podem gerar preconceitos, discriminações e estereótipos. Sua postura ética deve ser compatível com suas palavras e práticas na sala de aula, já que aprendemos uns com os outros, pelo próprio exemplo.

O papel do professor está atrelado à concepção de que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar condições para sua construção. Significa reconhecer que juntos, educandos e professores aprendem na sala de aula, já que todos trazem muitos conhecimentos das experiências que vivenciaram durante a existência.

O papel do estudante, nesta perspectiva, é assumir-se como ser histórico e social, como ser pensante, comunicante, transformador, criador e realizador de utopias. Cabe reconhecer-se como ser histórico, cultural consciente das possibilidades que representam na luta contra a negação da existência humana.

Juntos, professores e educandos podem perceber criticamente as razões que condicionam as situações nas quais se encontram como caminho para decisões, escolhas e intervenções.

Foi utilizado também no período de aplicação do produto o recurso da observação participante. Segundo Gil Pérez (1999, p. 103):

A observação participante, ou observação ativa, consiste na participação real do conhecimento na vida da comunidade, do grupo ou de uma situação determinada. Neste caso, o observador assume, pelo menos até certo ponto, o papel de um membro do grupo. Daí por que se pode definir observação participante como a técnica pela qual se chega ao conhecimento da vida de um grupo a partir do interior dele mesmo.

Os aportes teóricos apresentados, envolvendo Ausubel, Vygotsky, Freire e a nota de Gil Pérez sobre a observação participante, nos parece fornecerem subsídio relativamente adequado para planejar, aplicar, observar e avaliar aspectos de efetividade de aprendizagem decorrente da utilização da sequência didática em questão.

3.2 ESTRUTURAÇÃO E APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Após autorização e acertos com a gestão da escola e dos estudantes envolvidos em nossa pesquisa, iniciamos o processo de interação com os alunos. A tabela abaixo sintetiza o cronograma e as ações desenvolvidas, que serão descritos detalhadamente adiante.

Tabela 1 – Cronograma e ações desenvolvidas

ENCONTRO	DATA	MÓDULO	NÚMERO DE PARTICIPANTES
Primeiro	08 de setembro de 2015	Sondagem	25
Segundo	03 de novembro de 2015	1 – Apresentação da proposta	27
Terceiro	10 de novembro de 2015	2 – Propagação retilínea da Luz I	23
Quarto	01 de dezembro	3 - Propagação retilínea da Luz II	24
Quinto	22 de dezembro de 2015	4 – Cor dos objetos e reflexão da Luz	27
Sexto	19 de janeiro de 2016	5 – Refração da Luz e lentes	17
Sétimo	27 de janeiro de 2016	6 – Interação da Luz com a matéria	26

Fonte: Criada pelo autor.

No primeiro contato com a turma, em 08 de setembro de 2015, foi aplicado um questionário a 25 estudantes (apêndice A). Esse questionário originou-se a partir de minha experiência como professor, ao longo de 10 anos, e buscou o levantamento de concepções prévias dos alunos sobre ciências e mais precisamente sobre Física, a fim de levantar as fontes de suas concepções bem como explorá-las, e procurar entendê-las para utilizá-las como facilitador do processo de ensino e aprendizagem. Vale ressaltar que este primeiro contato não faz parte, em si, da sequência didática, e sim parte de minha estratégia para conhecer melhor a turma na qual estava prestes a realizar minha intervenção.

Entre esse primeiro contato com os alunos e a aplicação do primeiro módulo didático, houve um intervalo em decorrência da adequação do calendário, devido à greve ocorrida no primeiro semestre letivo. Esse espaço foi utilizado para adequar as intervenções a serem aplicadas, tomando com base as respostas do questionário aplicado no primeiro encontro.

No dia 03 de novembro de 2015, foi aplicado o primeiro módulo da sequência didática, e neste encontro houve apresentação da proposta para os alunos tomarem conhecimento do que seria realizado ao longo das aulas seguintes, bem como conhecer os objetivos do projeto. Procuramos esclarecer da melhor forma possível como iríamos desenvolver o projeto através da sequência didática.

Segundo Zabala (1998, p. 18), a Sequência Didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos”.

Nesse encontro também foi proposto e aplicado outro questionário visando o levantamento das concepções dos alunos sobre o tema a ser estudado, a Luz. Em geral, observa-se que os estudantes apresentam concepções espontâneas para a luz e a visão, que servem de âncoras para a aprendizagem.

O questionário aplicado foi passado no quadro negro e as respostas foram recolhidas para posterior análise. Os questionamentos presentes eram:

1 - Imagine que você tivesse que explicar o que é luz para um ser que vive no fundo do oceano em mundo sem luz. O que você lhe diria?

2 - Como você explicaria o que são cores?

3 - Você consegue imaginar um mundo sem luz?

Após realizar tal levantamento, foi pedido que investigassem e trouxessem na próxima aula uma pesquisa com o tema: O que é Luz.

No terceiro encontro, em 10 de novembro de 2015, foi aplicado o segundo módulo da sequência didática. Foram recolhidas as pesquisas feitas em casa e incentivada uma discussão sobre os conceitos oriundos de tal pesquisa. Posteriormente trabalhamos uma atividade investigativa com o intuito de observar a formação de sombras e penumbras a partir de fontes pontuais de luz e entender que essas são consequências da propagação retilínea.

Consideramos que essa atividade é de fácil solução para os alunos, já que foi pensada para motivá-los e assim os fazer perder o medo de compartilhar ideias. Levando-se em consideração o fato de que a maioria dos estudantes de Física teme expor e compartilhar suas ideias, essa etapa torna-se extremamente importante já que a aceitação pelo professor de uma ideia, ainda que esta não tenha potencial para resolução, pode gerar o envolvimento positivo de toda a turma por sentirem-se seguros e expressar suas visões de mundo.

Ao final da intervenção foi aplicado um questionário (apêndice B) que foi desenvolvido a partir de livros destinados a turmas de 9º ano do Ensino Fundamental. O

intuito desse questionário foi identificar qualitativamente a incorporação de conhecimento sobre Propagação Retilínea por parte dos educandos.

No quarto encontro, em 01 de dezembro de 2015, quando foi aplicado o terceiro módulo, os alunos tiveram a oportunidade de utilizar câmaras escuras como aplicação do princípio da propagação de retilínea da luz e posteriormente confeccionar sua própria câmara. A finalidade dessa atividade foi a de constatar que a luz se propaga em linha reta a partir da formação das imagens proporcionada pelo experimento.

Após intervalo, solicitado pelo professor regente da turma devido ao período de avaliações do colégio, foi realizado o quinto encontro, em 22 de dezembro de 2015, quando foi aplicado o quarto módulo. Foi feita a leitura de um texto sobre o físico Isaac Newton com o objetivo de introduzir o estudo da luz branca e sua dispersão e entender como enxergamos os objetos. Através do texto, buscou-se também compreensão do fenômeno da reflexão como propriedade da luz, e como desdobramento, a capacidade de enxergarmos as cores. Através de um procedimento experimental utilizando fontes de luz primárias os alunos deveriam interagir e checar como enxergamos as cores dos objetos; também foram disponibilizados espelhos planos e esféricos, para observação da formação de imagens.

Para finalizar o módulo foi aplicado um questionário (apêndice C) que foi desenvolvido a partir de livros destinados a turmas de 9º ano do Ensino Fundamental; a aplicação do questionário buscou identificar qualitativamente incorporação de conhecimento sobre Reflexão Luminosa por parte dos alunos.

Após recesso de final de ano, as aulas retornaram em janeiro, como consequência da greve. Neste momento foi realizado o sexto encontro, em 19 de janeiro de 2016, com aplicação do quinto módulo. Os alunos foram estimulados a estudar qualitativamente o uso de lentes e entender o comportamento geométrico da luz ao passar de um meio transparente para outro, o que consiste no fenômeno da refração. Como base para pesquisa e observação os alunos foram levados ao pátio da escola para utilizarem lentes a fim de queimar folhas de papel A4. Foram dadas lentes diferentes (convergente e divergente) para que testassem hipóteses quanto ao uso delas e suas possibilidades de queimar ou não as folhas de papel.

Os alunos retornaram para a sala e juntamente com o professor fizeram um levantamento de hipóteses para explicar os comportamentos da luz observados. Após o julgamento das hipóteses, foi apresentado um experimento em sala de aula a fim de reforçar o fenômeno da refração. Foi utilizado um aquário e um laser para evidenciar o desvio da luz ao trocar de meio. Para finalizar o módulo foi aplicado um questionário (apêndice D) que foi desenvolvido a partir de livros destinados a turmas de 9º ano do Ensino Fundamental; os

questionamentos buscaram evidenciar incorporação de conhecimento sobre Refração Luminosa e lentes.

No sétimo e último encontro, em 27 de janeiro de 2016, foi aplicado o sexto e último módulo onde foi desenvolvida uma atividade experimental com os estudantes. A problematização inicial da aula teve relação com o funcionamento da iluminação pública.

Nesse encontro pretendeu-se fazer com que os alunos possam ter contato com os conceitos do efeito fotoelétrico através da construção de um circuito simples, de baixo custo, que possibilita simular o acendedor presente na iluminação pública. Tal empreendimento pretendeu mostrar aos estudantes que a luz tem a capacidade de alterar características da matéria quando nela incide.

Um questionário foi aplicado (apêndice E) no fim da intervenção com o intuito de comparar a partir das respostas dos alunos como suas visões sobre o funcionamento do acender e apagar de um poste ocorre.

Com a realização da atividade foi possível aproximar os alunos do ensino fundamental, que na maioria das vezes só tem contato com conceitos de Física clássica, do efeito fotoelétrico, que é uma experiência genuína da física quântica cuja explicação teórica rendeu a Einstein um prêmio Nobel em 1921.

3.3 UM COMPLEMENTO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA

No workshop realizado nos dias 4 e 5 de março de 2016¹, foi proposto pelos leitores críticos o acréscimo de alguns módulos a fim de tornar mais fluente a transição da Física Clássica para os conceitos da Física Moderna. Tais alterações não foram aplicadas devido ao encerramento do ano letivo e a não continuidade da turma, em decorrência do fato do colégio não disponibilizar Ensino Médio.

A partir das discussões do workshop e posterior análise do potencial de ensino da intervenção pedagógica, optamos pela reestruturação da sequência didática que passaria a contar com mais três módulos didáticos.

Sendo proposta Inicial:

- 1º Módulo - Apresentação da proposta e sondagem;
- 2º Módulo – Propagação retilínea da luz I;
- 3º Módulo – Propagação retilínea da luz II;

¹ Dados disponíveis no seguinte endereço: <<http://www.ufjf.br/profis/eventos/workshop-2016>>. Acesso em 31 ago 2016.

- 4º Módulo – Cor dos objetos e reflexão da luz;
- 5º Módulo – Refração da luz e lentes;
- 6º Módulo – Interação da luz com a matéria.

Após reestruturação proposta no workshop:

- Aula 1 - Apresentação da proposta e sondagem;
- Aula 2 – Propagação retilínea da luz I;
- Aula 3 – Propagação retilínea da luz II;
- Aula 4 – Cor dos objetos e reflexão da luz;
- Aula 5 – Refração da luz e lentes;
- Aula 6 – Ouça e veja seu controle remoto;
- Aula 7 – Montando um acendedor de poste;
- Aula 8 – Simulador Efeito fotoelétrico (PhET);
- Aula 9 – Avaliação do aprendizado.

Levando-se em consideração que as cinco primeiras aulas são idênticas aos módulos anteriores à reestruturação, os posteriores visam uma aproximação mais gradativa dos conceitos de Física Quântica. Embora não tenham sido aplicados, farei aqui uma breve descrição baseado nas análises da aplicação e em minha experiência com educação básica, do que seria o objetivo de tais alterações.

Na aula 6 a atividade proposta teve por finalidade apresentar para os alunos o espectro eletromagnético. Para tal feito foi proposto uma atividade experimental que consistiu em ver e ouvir a onda eletromagnética emitida pelo LED de um controle remoto. Na atividade foi utilizado um circuito de baixo custo que possui um foto transistor capaz de receber a onda emitida pelo controle remoto associada a um circuito que possibilita retirar sinais elétricos para uma caixa de som de computador; desta maneira, é possível transformar o infravermelho existente no controle remoto em um sinal sonoro.

A parte visual do experimento fica por conta da possibilidade do aluno, através da câmera de um celular, ver o acender do LED do controle remoto ao ser direcionado diretamente para a câmera.

A proposta da aula sete se aproxima do experimento do sexto módulo: “interação da luz com a matéria”, proposta na sequência didática original, abrindo mão dos aspectos

históricos e dando maior ênfase ao experimento, buscando correlacioná-lo com o efeito fotoelétrico.

Já na aula 8, pretendeu-se introduzir através de um texto uma visão mais ampla sobre a luz. O encontro foi idealizado para ser realizado no laboratório de informática da escola para serem usados os experimentos computacionais do sítio <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations>.

O intuito desse experimento é aproximar os alunos de forma mais didática dos conceitos do efeito fotoelétrico, a partir um experimento computacional interativo.

A aula 9, último encontro da sequência didática, tem por função aplicar um pós teste (proposto no workshop) com as mesmas perguntas realizadas no início da sequência, e realizar um comparativo entre as respostas e discussões iniciais e as relatadas no fim da aplicação.

3.4 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS COLETADOS

O trabalho, após expor e discutir conceitos de óptica e seus desdobramentos, evolui até que se chegue a poder ser abordado o fenômeno do efeito fotoelétrico, como pode ser verificado na exposição dos módulos da sequência didática. A fim de verificar impactos decorrentes da estratégia didática empregada, foram incentivados debates e discussões sobre os temas abordados.

A análise das discussões, concepções e atitudes dos alunos envolvidos foi feita a partir de suas falas, bem como através de avaliações por meio de breves questionários. Tais procedimentos buscaram identificar indícios de aprendizagem dos estudantes, se de fato eles apreenderam os conceitos abordados, e ainda indícios de que as atividades tenham proporcionado o envolvimento e a motivação destes. Registrando suas falas e gestos, procuramos verificar o quanto nossa proposta possibilitou desenvolver a criatividade dos alunos e se eles foram estimulados a refletir com mais consciência e a aumentar a discussão entre eles.

Cada momento de criação e aprendizado dos alunos foi coberto de curiosidade e muita interação. Os alunos se viram capazes de usar seus experimentos como instrumento de reflexão e questionamentos. Além dos experimentos e questionários utilizados como foco principal da coleta de dados, fomos capazes de desenvolver e propiciar um aquecimento para tais momentos através de textos, pesquisas e perguntas que aguçavam a curiosidade dos

alunos para que fossem guiados a um objetivo maior, o desenvolvimento de experimentos para os módulos.

Toda a estratégia desenvolvida nesta sequência didática nos remete em grande parte às ideias defendidas por Paulo Freire (1996). Para ele, a pesquisa, o conhecimento e a aprendizagem fazem parte do processo de mediação das relações entre educador e educando, o que constrói o conhecimento de forma coletiva, dialógica e dialética. É necessário, portanto, que a escola leve em conta todo saber adquirido pelo discente através de suas experiências, para que seus saberes ingênuos se transformem em conhecimentos críticos, superando o senso comum através dele mesmo.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 INTERVENÇÕES PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS

Esta primeira parte do capítulo visa levantar e analisar os conceitos dos alunos sobre Ciências em geral, Física em particular, e o tema central do nosso estudo, a Luz.

4.1.1 Conceitos prévios sobre Ciências e Física

O primeiro contato com os alunos se deu no dia 8 de Setembro de 2015. Nessa data, eles ainda não tinham encerrado o primeiro semestre letivo devido à greve ocorrida naquele ano. Esse primeiro encontro não faz parte, propriamente dito, da sequência didática desenvolvida. Seu intuito principal foi buscar conhecimento sobre as características e particularidades da turma a ser trabalhada, uma vez que os alunos desta turma não estavam sob minha regência.

Nessa ocasião o professor regente da turma se mostrou muito disponível e interessado em fazer parte da atividade. Para tal, me disponibilizou uma de suas três aulas semanais, às terças-feiras, o que acabou evoluindo para duas aulas, a partir do módulo 3, devido ao envolvimento da turma e ganho de credibilidade da proposta perante o professor.

Para tal, foi aplicado o primeiro questionário (apêndice A), tendo como objetivo o levantamento de suas concepções prévias sobre Ciências, mais especificamente sobre Física. Tal atividade foi executada por 25 alunos presentes na aula.

Com base nas respostas e na análise dos textos produzidos, pudemos observar que a maioria dos alunos considera ciências como algo importante e presente em seu cotidiano. A reprodução das respostas de alguns alunos para a primeira questão do questionário, apresentados abaixo, corrobora essa percepção.

1- Você acha importante estudar a matéria de ciências na escola? Por quê?

Sim muito, porque com essa matéria você vai aprender um pouco sobre os ~~processos~~ fenômenos de vida em geral, entender os nomes partes que os olhos não podem ver, e estudar profundamente a nossa corpo e a natureza em geral.

1- Você acha importante estudar a matéria de ciências na escola? Por quê?

Sim. Para nós aprendermos mais sobre o que ainda há nessa volta. 😊

1- Você acha importante estudar a matéria de ciências na escola? Por quê?

Sinceramente sim e não. pois nem sempre eu acho a ciência importante pois não conheço meu corpo direito, e sim porque na maioria das vezes eu sempre aprendo na ciência o que eu preciso para um bom dia a dia.

A segunda questão apresentada nos revela uma visão de ciências mais vinculada à Biologia, em especial ao corpo humano, o que já era esperado devido a serem alunos que ainda não tinham tido contato com Física, e breve contato com a Química. Vejamos algumas afirmações sobre essa questão, nas reproduções a seguir.

2- O que você aprende em ciências na escola tem utilidade em sua vida? Cite exemplos.

Sim. aprendemos sobre o corpo humano, sobre todos os órgãos e sistemas relacionados a nós seres humanos.

2- O que você aprende sobre ciências tem utilidade em sua vida? Cite exemplos.

Sim. Quando rego a plantinha da minha casa
Quando coloco água para ferver
Quando faço exame de sangue.

2- O que você aprende em ciências na escola tem utilidade em sua vida? Cite exemplos.

Como se alimentar corretamente, pois para uma vida saudável precisa-se ter conhecimento de uma boa alimentação.
As operações que estão na ciência, por uma boa noite de sono e um dia saudável.

A questão seguinte buscou saber se eles tinham conhecimento que a ciências do Ensino Fundamental se dividia em Física, Química e Biologia, e, em sua visão qual dessas seria mais importante no Ensino Médio. As respostas foram bem diversificadas com alunos afirmando não saberem da separação das áreas, outros escolhendo uma das áreas e ainda

alguns citando as três com a mesma importância, como se percebe nas reproduções de respostas presentes abaixo.

3- Você sabe que biologia química e física são divisões da ciência? Qual das três você acha mais importante? Por quê?

Não. Eu acho a física mais importante pois é a química que fornece quase tudo que nos temos hoje tipo a energia, e faz exercícios também e a física na base dos alimentos e remédios

3- Você sabe que biologia química e física são divisões da ciência? Qual das três você acha mais importante? Por quê?

Sim, biologia, porque está estudando um pouco de tudo, um pouco sobre o nosso corpo, um pouco sobre fenômenos químicos da natureza, basicamente biologia pegando tudo.

3- Você sabe que biologia química e física são divisões da ciência? Qual das três você acha mais importante? Por quê?

Sim. Para mim a física é mais importante. Porque nós aprendemos sobre a origem e cálculos de coisas de nosso dia-a-dia que muitas vezes imaginamos como o porquê que a gravidade nos sustenta no chão.

3- Biologia, química e física são divisões da ciência. Qual das três áreas você acha mais importante? Por quê?

Química. Porque tem muitas pesquisas para os remédios, alimentos, o corpo humano. Assim também como tem químicas na natureza, flores, etc.

3- Você sabe que biologia química e física são divisões da ciência? Qual das três você acha mais importante? Por quê?

Sim, eu acho todas importantes, pois elas estão complementando a outra, e por isso acredito que todas são importantes e se tratando de especializar em alguma área de ciência.

Na quarta pergunta foi argumentado se o termo Física lhes parecia familiar. As correlações se deram de maneira majoritária foneticamente, ou seja, a maioria dos alunos fez

inferência direta com palavras que já fazem parte de seu cotidiano, tais como Educação Física e Fisioterapia. Porém foi possível encontrar alguns alunos com visão mais apurada sobre o que vem a ser a Física, como evidenciado a seguir.

4- O termo física lhe parece familiar? Em que situações você já viu ou ouviu falar de física?

Sim. Educação Física, Fisioterapia,

4- O termo física lhe parece familiar? Em que situações você já viu ou ouviu falar de física?

Sim; na escola um pouco, ~~mas~~ mas não sei o que é a física na prática cotidiana

4- O termo física lhe parece familiar? Em que situações você já viu ou ouviu falar de física?

Sim. Em jogos, quadras, filmes e séries.

4- O termo física lhe parece familiar? Em que situações você já viu ou ouviu falar de física?

Sim; na escola um pouco, ~~mas~~ mas não sei o que é a física na prática cotidiana

4- O termo física lhe parece familiar? Em que situações você já viu ou ouviu falar de física?

acender e desligar uma luz, ligar a televisão, são situações do dia-a-dia que funcionam através da eletricidade, acredito que funcionam por ondas magnéticas, e pelas eletricidades práticas, os números em física, k, l, M, N, D, P, Q com a carga elétrica mais porém é k .

Os resultados encontrados nesse questionamento se mostraram surpreendentes, pois em minha experiência nunca havia trabalhado com turmas de 9º ano do Ensino Público devido à legislação, que destina aulas de Ciências no Ensino Fundamental em geral para licenciados em Ciências Biológicas. Como professor da rede particular de ensino, já observei

que, tal questionamento em turmas de 9º ano dessa rede, aponta para um viés diferenciado. Os alunos nesse caso relataram uma familiaridade com o termo Física através de relatos dos colegas e familiares que já estudaram tal disciplina em sua trajetória acadêmica. Atribuo tal discrepância de respostas às diferenças de formação entre os familiares dos alunos da rede pública em relação aos da rede particular.

As demais questões do questionário procuraram identificar o que os alunos esperavam estudar em Física. Grande parte afirma não saber nada ainda sobre a disciplina e alguns fazem referência a termos ou temas como movimento e eletricidade, podendo ser verificado nas afirmações que se seguem.

5- Baseado no que você já viu e ouviu falar, escreva com suas palavras, o que se estuda em física na escola.

Estuda a calor a eletricidade, velocidade, tempo, densidade, metros, densidade, peso etc.

5- Baseado no que você já viu e ouviu falar, escreva com suas palavras, o que se estuda em física na escola.

Movimento, aceleração, leis da gravidade, como funciona certos tipos de objetos como lâmpada, tomadas etc.

4.1.2 Buscando levantar conceitos prévios sobre a Luz

O segundo encontro com a turma se deu no dia 3 de novembro 2015, que foi, de fato, o primeiro módulo da sequência didática, quando foi apresentada a proposta a ser desenvolvida. Na ocasião, a turma estava completa, com 27 alunos e lhes foram feitas três perguntas por meio de um questionário, tendo como principal objetivo não a obtenção de respostas corretas, mas sim permitir a abertura de uma discussão sobre o tema Luz.

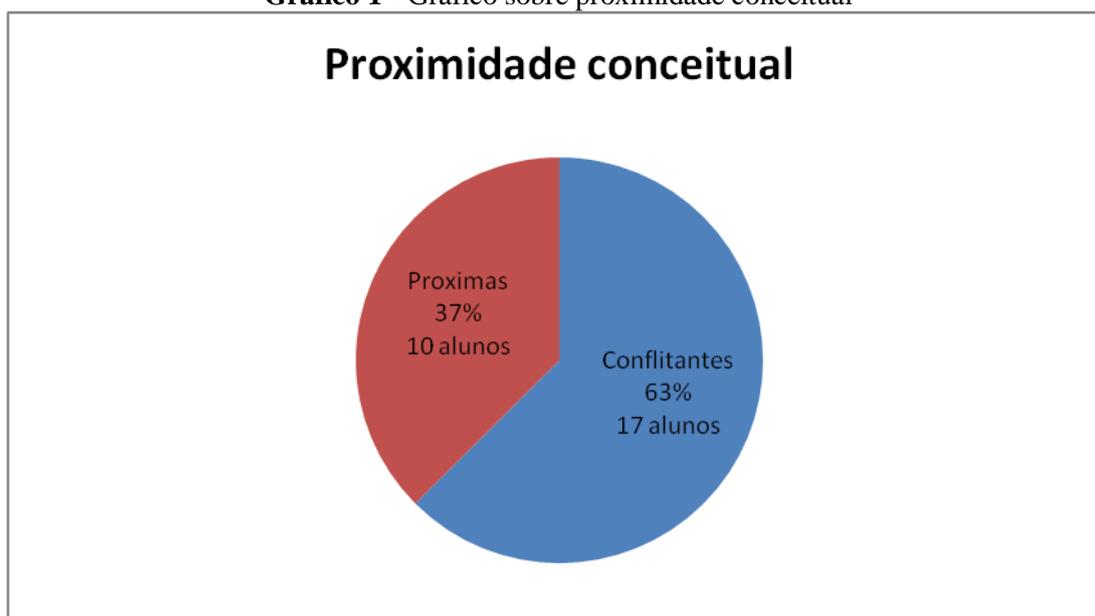
Abaixo estão transcritas as perguntas feitas neste questionário.

1-Imagine que você tivesse que explicar o que é luz para um ser que vive no fundo do oceano em mundo sem luz. O que você lhe diria?

2-Como você explicaria o que são cores?

3-Você consegue imaginar um mundo sem luz?

A partir das respostas dos alunos conseguimos registrar algumas visões bem coerentes com os conceitos de óptica geométrica, embora a grande maioria apresentasse conceitos conflitantes entre suas experiências de mundo e os conceitos científicos atrelados à óptica. O gráfico que se segue mostra a porcentagem de tal verificação.

Gráfico 1 - Gráfico sobre proximidade conceitual

Fonte: Criado pelo autor.

Na reprodução abaixo é possível observar conceitos de ondulatória e óptica geométrica em acordo com conceitos científicos, bem como comparando a explicação para um mundo sem luz, quando o aluno se coloca no lugar de um deficiente visual.

A seguir encontra-se a transcrição da resposta de um aluno, exposta aqui a fim de facilitar a leitura, já que a versão original (digitalizada) encontra-se pouco legível:

A Questão: “Imagine que você tivesse que explicar o que é a luz para algum ser que vivesse no fundo do oceano em um mundo sem luz. O que você lhe diria? Como você explicaria o que são as cores? Você consegue imaginar um mundo sem luz? (Hoje, no Globo Repórter!)”.

A Resposta do Aluno: “A luz é uma onda, que, entre outras funções permite se localizar e reconhecer o ambiente em torno do observador. As cores são diferentes formas de reflexão da luz que permitem distinguir objetos próximos. Se nos colocarmos no lugar de uma pessoa com deficiência visual, podemos perceber que, sem luz, aparecem muitas dificuldades, mas com essas (dificuldades) nos vemos obrigados a aprimorar os outros sentidos, portanto, com algumas adaptações podemos imaginar um mundo sem luz.”

A próxima reprodução mostra uma explicação simplória, afirmando que sem luz é possível enxergar cores, porém estas seriam mais escuras.

1. IMAGINE QUE VOCÊ TIVESSE QUE EXPLICAR O QUE É A LUZ PARA ALGUM SER QUE VIVESSE NO OCEANO EM UM "MUNDO ESCURO".

→ O QUE VOCÊ DIRIA?

A LUZ É UMA COISA QUE BRILHA, QUE DEIXA O AMBIENTE ILUMINADO, MAIS CLARO. PODEMOS ENXERGAR MELHOR O QUE ESTÁ AO REDOR.

→ COMO VOCÊ EXPLICARIA O QUE SÃO CORES?

AS CORES SÃO DIFERENTES TONALIDADES. O SER VIVE NO ESCURO. ENXERGA PRETO, SÃO CORES NÃO PRETAS.

→ VOCÊ CONSEGUE IMAGINAR O MUNDO SEM LUZ?

SIM, SERIA TODO ESCURO. SEM LUZ, ENXERGARÍAMOS AS CORES, SÓ QUE MAIS ESCURAS. ENXERGARÍAMOS COM DIFICULDADE

Os questionários aplicados visaram confrontar o conhecimento já enraizado, sendo ele correto ou não, do ponto de vista formal ou científico, o que, segundo Vygotsky (MIND IN SOCIETY, 1978) pode ser chamado de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo. Nosso interesse é explorar nos alunos a zona de desenvolvimento proximal na qual, segundo Vygotsky, acontecem as interações para a construção do conhecimento ou da aprendizagem, sendo esse nosso principal interesse na investigação em pauta.

Em acordo com Vygotsky, consideramos que as situações vividas pelos estudantes durante o seu aprendizado são tão fortemente ligadas àquilo que eles efetivamente aprendem que os conceitos construídos a partir delas se tornam inseparáveis.

Tendo como parâmetro essa ideia pudemos recolher e organizar respostas de modo a subsidiar nossas ações posteriores. Aqui pensamos em investigar até que ponto esses alunos podem acreditar na importância da ciência e em que medida relacioná-la com seu dia-a-dia, motivando-os a conhecer um pouco mais da disciplina. Verificamos nesse episódio que poucos foram os alunos que não se esforçaram para tal.

Ao fim do primeiro encontro, em que foram assentadas as bases para aplicação da sequência didática, foi solicitado aos alunos que trouxessem uma pesquisa feita em casa com o tema: "O que é Luz". O intuito dessa pesquisa foi aproximá-los de conceitos mais avançados sobre a Luz.

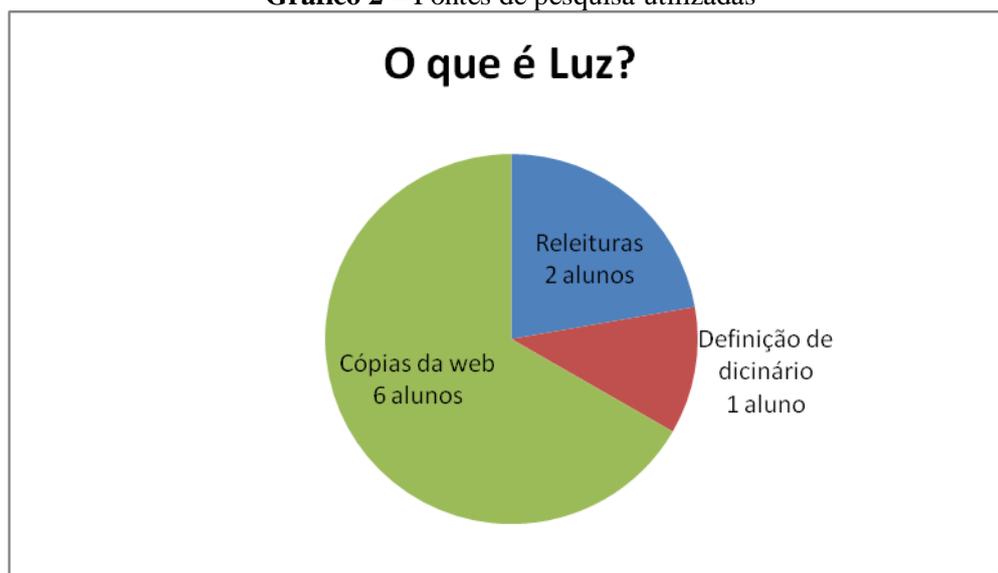
4.2 INTERVENÇÕES VISANDO EVOLUÇÕES NOS CONCEITOS

Finalizada a coleta de dados, que subsidiaram os ajustes dos módulos, foi dado início às intervenções procurando investigar modos de evolução dos conceitos existentes nos alunos sobre o tema a ser estudado, a Luz.

4.2.1 Módulos 2 e 3 – Propagação retilínea da Luz I e II

No início do segundo módulo, em 10 de novembro de 2015, foram recolhidas as pesquisas solicitadas no módulo anterior. Como apenas nove estudantes retornaram com as respostas, decidimos promover discussão em sala de aula sobre o tema Luz, tendo como base os textos daqueles que buscaram responder a pesquisa. O gráfico abaixo mostra as porcentagens das fontes de pesquisa utilizadas.

Gráfico 2 – Fontes de pesquisa utilizadas



Fonte: Criado pelo autor.

Durante a discussão percebemos um interesse grande tanto dos alunos quanto do professor regente, sobre o comportamento dual da Luz. Antes mesmo de buscar a compreensão mais apurada dos conceitos que envolvem a Luz, os alunos já se encontravam efusivos e curiosos para entender como algo pode apresentar uma natureza dual.

Ainda no encontro de 10 de novembro de 2015, aproveitando a efusividade dos alunos foi proposta a eles uma atividade experimental que seria o primeiro passo para vislumbrarmos a compreensão dos comportamentos e características da Luz, inclusive a questão da dualidade, que gerou tanta curiosidade.

Essa primeira atividade experimental teve como foco explorar um dos conceitos iniciais para se estudar a Luz: a propagação retilínea. Tal atividade consistiu em montar quatro aparatos experimentais que teve como intuito possibilitar a formação de sombras e penumbras, e representar como a Luz se comporta nesses casos.

As fotos a seguir mostram os arranjos utilizados para o desenvolvimento da atividade descrita:

Fotografia 1 - Aparato experimental: Fonte luminosa, cartão com suporte, palitos de churrasco e barbante.



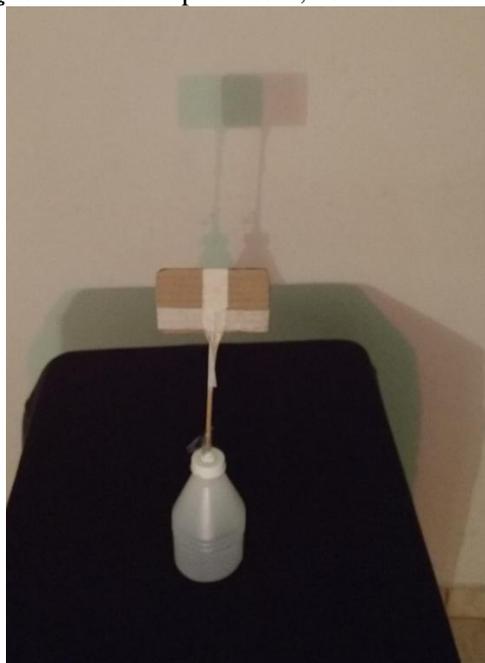
Fonte: Acervo do autor.

Fotografia 2 - Experimento montado, com uma fonte luminosa acesa, para a formação de sombra.



Fonte: Acervo do autor.

Fotografia 3 - Formação de umbra e penumbra, com as duas fontes luminosas ligadas.



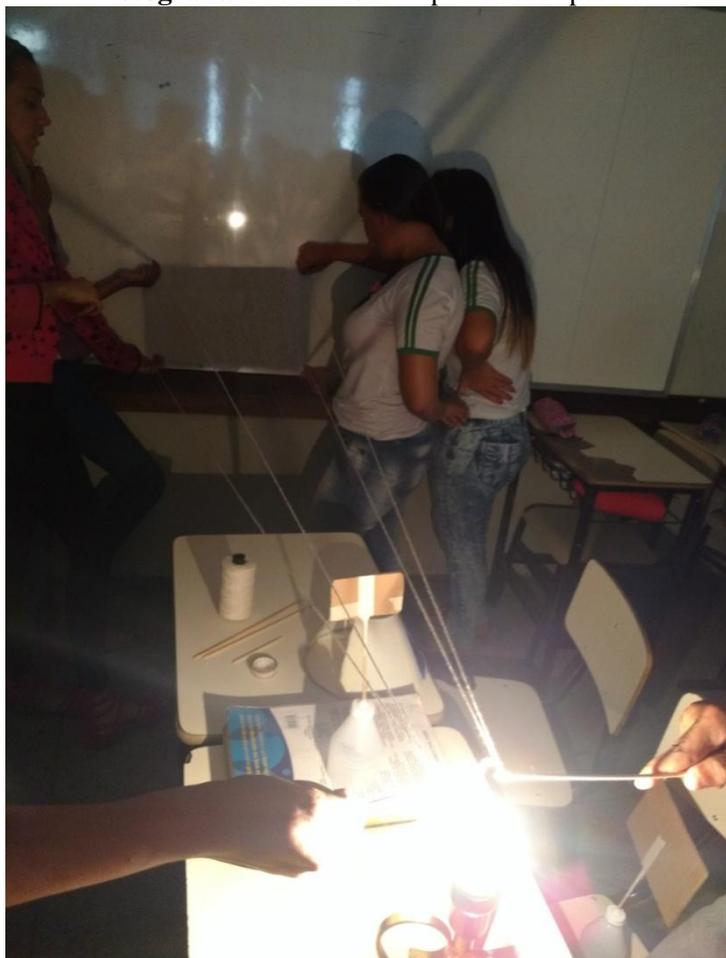
Fonte: Acervo do autor.

A atividade teve início com a montagem do aparato experimental, sem ligar as lâmpadas, e perguntando aos alunos o que aconteceria na parede quando as lâmpadas fossem acesas. Consideramos tal questionamento de fácil explicação, tendo sido idealizado para incentivar os alunos a interagirem e expressarem suas concepções sobre os fenômenos envolvidos.

Em minha prática no cotidiano da sala de aula, observo que em geral os alunos não expressam suas opiniões por vários motivos, provavelmente medo de não ser aceito, de sofrer retaliação ou de ser excluído. Sendo assim, julgamos que esta estratégia se tornou essencial para o sucesso das intervenções posteriores.

Em função de nossa proposta de intervenção pedagógica, consideramos que a atividade se deu de maneira excepcional, já que cumpriu o objetivo de fazer com que os alunos interagissem mais livremente entre si, com o experimento e com o professor, lembrando não se tratar de uma turma sob regência do pesquisador.

Fotografia 4 - Alunos manipulando o aparato



Fonte: Acervo do autor.

Segundo Freire (1997, p. 96),

O bom professor é o que consegue, enquanto fala trazer o aluno até a intimidade do movimento do seu pensamento. Sua aula é assim um desafio e não uma *cantiga de ninar*. Seus alunos cansam, não dormem. Cansam porque acompanham as idas e vindas de seu pensamento, surpreendem suas pausas, suas dúvidas, suas incertezas.

Em muitos momentos houve a interação entre o professor e os alunos, porém quando fomos registrar a atividade através de fotos, sentimos determinada sensibilidade e insegurança por parte dos alunos com relação ao registro, embora essa documentação tenha sido acordada com eles no primeiro módulo.

Além de promover a interação da turma entre si e com o professor pesquisador, levando em consideração que eles estavam diante de um professor estranho, a atividade também proporcionou um efeito positivo do ponto de vista da evolução dos conceitos sobre Luz, tomando como parâmetro de comparação o que os alunos incorporaram ao longo da

sequência didática. Tendo em vista as respostas do questionário aplicado ao final da atividade, conforme Anexo 1, verificamos que a maioria dos alunos usou o conteúdo explorado na atividade para embasarem pelo menos parte das respostas.

Na aula do módulo 3, Propagação Retilínea II, os alunos foram conduzidos ao pátio onde foram disponibilizadas quatro câmaras escuras de orifício confeccionadas com caixas de papelão. Tais caixas estavam preparadas para que eles buscassem conseguir colocar suas cabeças dentro da caixa e observarem a imagem projetada na face oposta ao furo.

No início da intervenção a opinião dos alunos estava dividida entre curiosidade e receio. Depois que alguns mais curiosos começaram a explorar as câmaras, os mais temerosos foram tomados pela vontade iminente de entender as possibilidades de explorar a caixa.

Após determinado tempo explorando possibilidades e observando o funcionamento da caixa, os alunos retornaram para a sala de aula onde lhes foram dadas latas de refrigerante e leite em pó, papel vegetal, tesoura, prego e martelos para que tentassem reproduzir câmaras escuras, como as vistas anteriormente, em menor escala.

Após montarem suas câmaras, foi proposto aos alunos discutirem e levantarem hipóteses sobre como ocorre a formação de imagens na câmara escura. Tal atividade foi monitorada e mediada pelos professores que notaram que os alunos conseguiram correlacionar a formação de imagens com o conteúdo abordado no encontro anterior, propagação retilínea da Luz I, e a partir desse conceito foi possível explicar um fato que os intrigou desde o primeiro momento, que foi a formação da imagem invertida.

Depois das discussões sobre os conceitos presentes na atividade, as ideias foram guiadas a determinado momento no qual os alunos foram questionados se tais conceitos poderiam ser encontrados em outras situações cotidianas. Nesse momento eles conseguiram perceber a câmara escura relacionada com características do cinema e da visão humana. Porém, nas duas situações citadas, questionaram o fato de que no cinema a imagem projetada não é de cabeça para baixo e também o fato de não enxergarmos dessa forma.

De todas as intervenções da aplicação da sequência didática, essa foi a que o professor da turma que leciona Ciências, que possui formação em Ciências Biológicas, se sentiu mais a vontade para mediar o aprendizado, e explicar o mecanismo de funcionamento do olho humano. Talvez por esse motivo, o professor disponibilizou duas aulas para as intervenções, ao invés de uma, a partir desse momento.

4.2.2 Módulo – Cor dos objetos e reflexão da Luz

No dia 22 de dezembro de 2015, os alunos tiveram contato com os conceitos de reflexão e dispersão luminosa a partir de um texto (apêndice F) que faz referência aos experimentos de Isaac Newton. O texto foi lido e, a partir dele, discutido como enxergamos as cores dos objetos.

Durante essa aula os alunos propuseram espontaneamente uma discussão sobre um dos questionamentos levantados no módulo 1, sobre como seria explicar para um ser que habitasse o fundo do oceano, a existência de cores e concluíram que sem a existência de Luz não seria possível enxergar.

Depois da discussão foram realizados experimentos com caixas de papelão revestidas de papel color set preto, em que uma possuía em seu interior um LED RGB acionado por controle remoto, capaz de emitir as cores primárias de maneira monocromática e até mesmo de misturá-las, podendo gerar 16 cores diferentes de iluminação.

Fotografia 5 - Aparato experimental montado



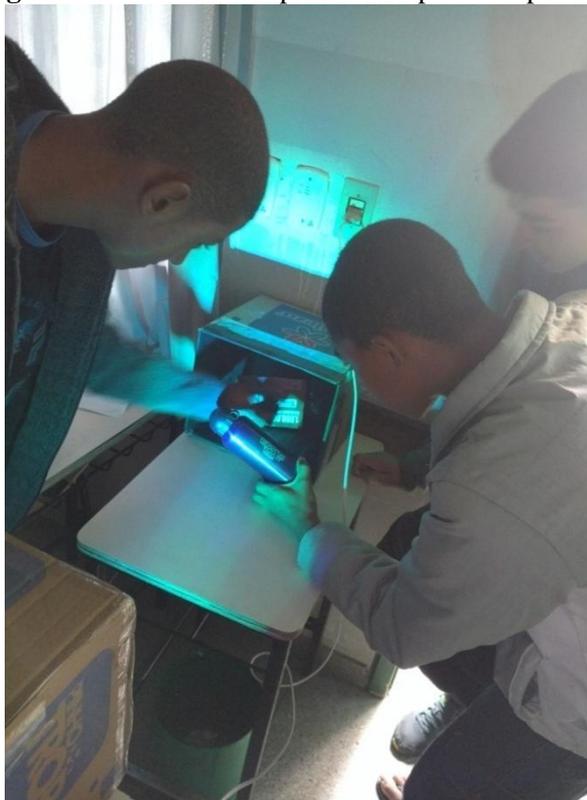
Fonte: Acervo do autor.

Fotografia 6 - Materiais utilizados

Fonte: Acervo do autor.

A experiência, a nosso ver, mostrou de maneira interativa os conceitos discutidos em momentos anteriores, levando a uma aprendizagem efetiva, contribuindo assim numa direção favorável à evolução cognitiva dos alunos. A interferência, com tendências fortemente positivas, colaborou sem dúvida para uma evolução dos conceitos, principalmente em função de testes de hipóteses levantadas pelos próprios alunos, ao iluminarem corpos coloridos por diferentes cores de Luz.

Fotografia 7 - Alunos manipulando o aparato experimental



Fonte: Acervo do autor.

Observamos que as atividades da sequência didática possibilitaram aos alunos concluírem que enxergamos por reflexão, e com base nesse fato foi perguntado a eles em qual outra situação a reflexão da Luz está presente. De maneira imediata eles fizeram relação com a utilização de espelhos. Nesse momento foram disponibilizados para a turma alguns espelhos côncavos, convexos e planos, e solicitado que comparassem o campo visual e a imagem gerada por cada tipo de espelho.

Para conclusão do processo de intervenção foi aplicado aos alunos um questionário composto de 6 perguntas (apêndice C). As respostas a este questionário evidenciaram melhora expressiva nas concepções, e incorporação de conhecimentos mais consistentes dos conteúdos, mostrando que estes foram incorporados de maneira satisfatória a partir dos assuntos tratados nas atividades. Disponibilizamos no Anexo 2 as respostas de dois alunos ao referido questionário.

Vale a pena ressaltar que, nesse dia, o professor da turma não esteve presente na intervenção, embora estivesse na escola substituindo o colega que havia faltado.

4.2.3 Módulo 5 – Refração da Luz e lentes

Após algum tempo de inatividade, por conta do recesso de fim de ano e período de provas, reunimos os alunos por iniciativa própria, em 19 de janeiro de 2016, para uma aula sobre refração luminosa. Essa data não era dia letivo, sendo que aconteceria na escola uma reunião pedagógica com os professores, e os alunos haviam sido dispensados. Ainda assim 17 alunos compareceram à escola, atendendo à nossa solicitação, um número considerável para uma turma de 27 alunos, o que julgamos um fato animador e uma resposta positiva à aplicação da sequência didática.

Essa intervenção teve por motivação principal, estudar o fenômeno da refração de maneira qualitativa com foco no desvio apresentado pela Luz ao passar de um meio transparente a outros. A adesão expressiva dos alunos ao retorno de nossa iniciativa reforça o sucesso da atividade desenvolvida.

Logo de início, os alunos foram divididos em duplas, havendo entre eles um trio, e levados ao pátio onde lhes foram disponibilizados folhas de papel, palitos de fósforos e lentes convergentes e divergentes. A atividade consistia em saber qual seria a primeira dupla a queimar totalmente a folha de papel. O prêmio seria uma lupa para cada integrante da equipe. Porém, devido ao interesse e a pedidos, todos os participantes foram agraciados com uma lupa.

Um episódio que julgamos importante destacar, pois evidencia o envolvimento e até mesmo o rompimento com a rotina perene do espaço formal de ensino, ou seja, a escola, foi o fato de os alunos passarem a pedir que fotos fossem tiradas muitas vezes com seus próprios celulares para mostrarem a amigos e familiares sua participação na atividade.

Fotografia 8 - Alunos queimando folha A4 com auxílio de uma lupa.²



Fonte: Acervo do autor.

Durante a atividade no pátio, ficou evidente a percepção por parte dos alunos que a Luz sofre desvio ao trocar de meio, podendo ela convergir ou divergir, dependendo da configuração. Os alunos ainda relacionaram o comportamento das lentes com sua forma, como pode ser evidenciado no vídeo disponível no código da figura abaixo.

Figura 23 - Código para acesso do vídeo dos alunos



Fonte: Criado pelo autor.

² Podemos observar na foto que os alunos estão sem uniforme por não ser um dia de aula devido à reunião pedagógica.

Após as curiosidades sobre o funcionamento das lentes serem testados, os alunos foram conduzidos de volta à sala de aula onde o professor levantou a discussão sobre as possibilidades da queima do papel utilizando as lentes disponíveis na atividade.

A fim de consolidar o entendimento do desvio ocorrido na refração, foi apresentado aos alunos um experimento que consistia em um laser e um aquário contendo água com açúcar, a fim de visualizar a trajetória do raio luminoso quando este passa do ar para água.

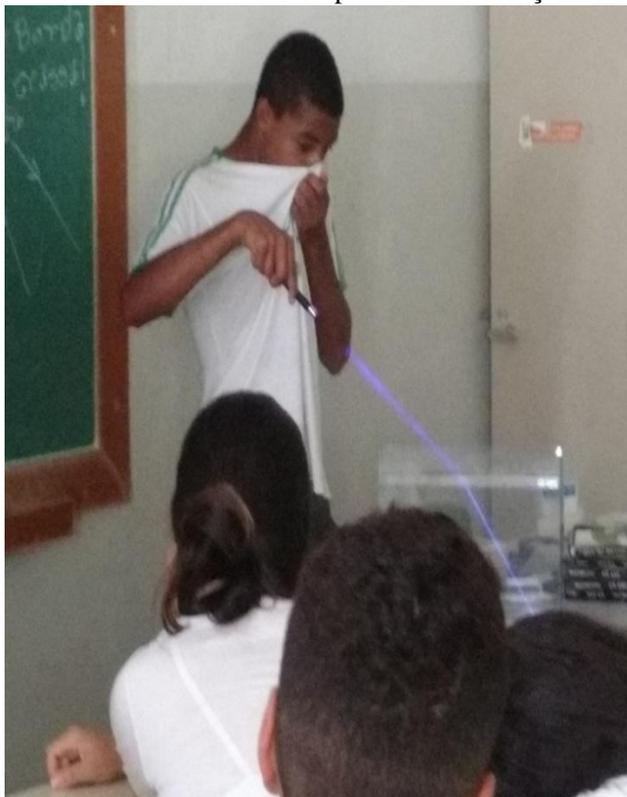
Fotografia 9 - Aluno buscando visualizar o desvio presente na refração



Fonte: Acervo do autor.

É relevante registrar que, durante a realização desse experimento, uma ação foi proposta pelos alunos com o objetivo de facilitar a visualização da Luz do laser no ar: sugeriram usar pó de giz em suspensão próximo ao aquário.

Fotografia 10 - Aluno buscando visualizar o desvio presente na refração com pó de giz em suspensão



Fonte: Acervo do autor.

Para concluir a intervenção, foi aplicado aos alunos um questionário com 8 perguntas (Anexo D) envolvendo os conteúdos estudados no dia. Nesse questionário foi possível evidenciar a utilização de conceitos ensinados no módulo tais como: foco, lente convergente e divergente, além de relações com as formações de imagens virtuais possíveis para cada lente. O Anexo 3 mostra a digitalização das respostas de 3 alunos.

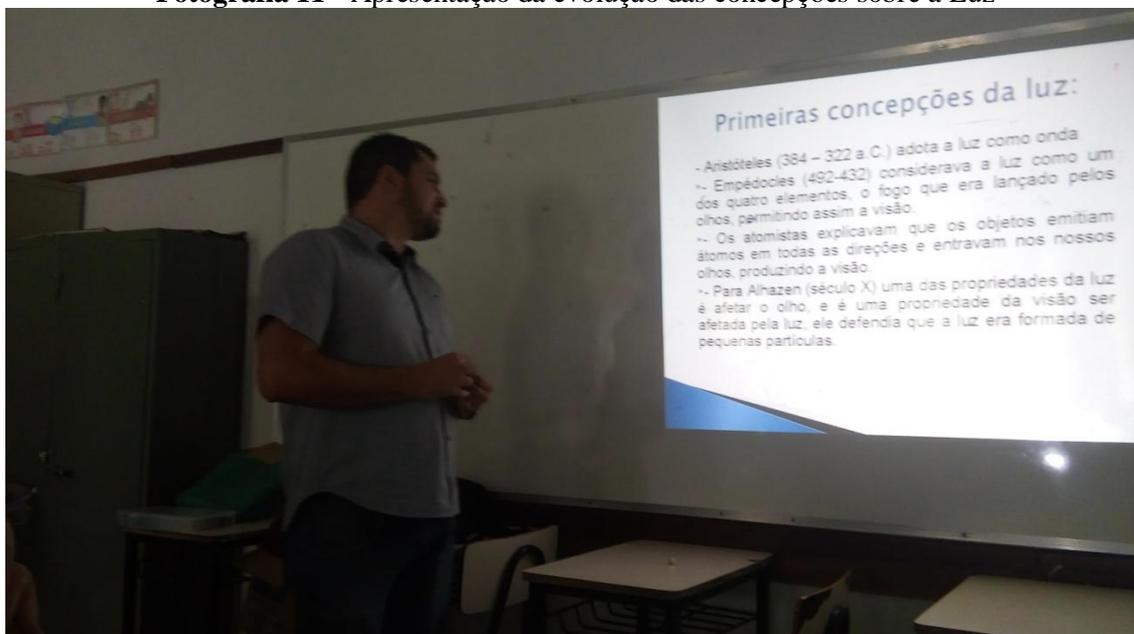
4.2.4 Módulo 6 – Interação da luz com a matéria

No último encontro que aconteceu no dia 27 de janeiro de 2016, o professor pesquisador ficou responsável pela turma devido à ocupação do professor da turma com atividades administrativas para o encerramento do ano letivo. A discussão inicial girou em torno do funcionamento da iluminação pública presente nos postes; o experimento desenvolvido consistia na montagem de um circuito de baixo custo que simula um sensor que aciona a iluminação pública.

O intuito dessa aula foi apresentar aos alunos a capacidade que a Luz tem de interagir com a matéria. A aula foi iniciada com a apresentação do conteúdo em Power Point

apresentando a história da evolução científica dos conceitos de Luz, com foco na dualidade e no efeito fotoelétrico.

Fotografia 11 - Apresentação da evolução das concepções sobre a Luz



Fonte: Acervo do autor.

A forma com que os aspectos históricos foram abordados gerou um baixo interesse dos alunos naquele momento. Porém algo se mostrou potencial para o envolvimento dos discentes e pode explorado: a presença de Albert Einstein nos aspectos históricos.

Quando perguntados se já haviam ouvido falar sobre Einstein todos afirmavam que sim, embora sem nenhuma referência a suas teorias, e ficaram muito motivados ao saber que o experimento que eles estavam prestes a realizar tinha relação com o prêmio Nobel ganho por ele em 1921. Tal discussão aumentou a efusividade da turma, e os alunos se mostraram ansiosos para iniciarem a atividade experimental referente ao conteúdo.

Na realização da montagem do experimento os 26 alunos foram divididos em duplas e lhes foram fornecidos um kit com um tutorial e equipamentos necessários para a montagem do circuito relativo ao experimento.

Fotografia 12 - Alunos realizando a montagem do experimento



Fonte: Acervo do autor.

O experimento gerou um grande encantamento e envolvimento dos alunos, porém quando perguntados sobre, as conexões com os conceitos do módulo, embora existentes, não foram tão imediatas quanto nos demais.

Tendo em vista a proposta desse módulo, que é proporcionar aos alunos do Ensino Fundamental um contato com conceitos mais atuais, despertando e instigando o interesse em investigar explicações para fenômenos que estão presentes em seu cotidiano e não propriamente o ensino quantitativo do efeito fotoelétrico, o módulo se deu de maneira satisfatória.

Podemos evidenciar a correlação do efeito fotoelétrico com o cotidiano dos alunos nas respostas dadas ao questionário (Apêndice E) proposto no final da aula, quando pudemos observar nestas respostas, Anexo 4, a associação da incidência luminosa com uma alteração no material presente no sensor LDR.

Após análise e discussão no workshop do programa do mestrado profissional, realizado nos dias 4 e 5 de março de 2016³, foi proposto pelos leitores críticos o acréscimo de módulos afim de tornar mais fluente a transição da Física Clássica para os conceitos da Física Moderna, conforme exposto na metodologia. Tais módulos não foram aplicados devido ao encerramento do ano letivo.

³ Dados disponíveis no seguinte endereço: <<http://www.ufjf.br/profis/eventos/workshop-2016>>. Acesso em 31 ago 2016.

Nossos referenciais teóricos, a nosso ver, defendem em sua essência a aplicação de estratégias de ensino que procuram tratar o aluno a partir de suas concepções e interesses, buscando aflorar a curiosidade e motivação, proporcionando um maior nível de aprendizagem. O fato de uma atividade fora dos padrões da aula tradicional se mostrar mais motivadora e facilitadora para uma relação mais efetiva entre ensino e aprendizagem, principalmente no que se refere a conteúdos científicos, mostra que devemos atualizar nossos métodos de ensino.

A presente análise das respostas e concepções dos alunos, bem como iniciativas e procedimentos favoráveis e muitas vezes inusitados demonstrados por eles, nos faz apontar para a indicação de que o sucesso no processo de ensino e aprendizagem tem relação direta com o envolvimento dos estudantes nas situações de aprendizagem nas aulas. Ao longo da atividade percebemos o quanto o envolvimento e a integração dos alunos são influenciados por diversos fatores que devem ser melhor observados e considerados por educadores em geral. Dentre esses fatores destacamos aspectos, situações e demais fatos correlacionados, que os alunos consideram positivos nas aulas, os quais seguramente atuam como motivadores durante o processo.

Compilando nossas percepções, constatações, sugestões, e demais observações, apresentamos a seguir nossas considerações finais, nas quais buscamos sintetizar como e quanto essa investigação nos pareceu um divisor de águas em nossa atuação como educador, em seu sentido mais amplo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em determinado momento da vida de todos os seres humanos, passamos a considerar determinadas atividades mais ou menos prazerosas e isso, claro, irá variar para cada indivíduo. A partir do momento em que nos tornamos alunos, o professor passa a ter um papel importantíssimo na formação individual de cada um. Juntamente com a família, o professor se torna um artesão, tecelão que tece a teia de nossos saberes conforme nossos interesses.

No ensino da Física nada seria diferente. O professor de Física será responsável por todo processo de aprendizado a partir do momento em que se torna mediador de conhecimentos. Nossos alunos são capazes de estruturar seu aprendizado utilizando seu conhecimento de mundo, inferindo e interagindo com o professor.

A partir do momento em que o professor libera a criatividade de seus alunos e os incitam a percorrer caminhos nunca antes conhecidos por meio de metodologias e estratégias, experimentos, hipóteses e conceitos esse mediador estará dando asas a seus alunos para que voos mais altos sejam alcançados.

As aulas de Física proporcionaram aos alunos a capacidade de interagir, aprender, enriquecer conhecimentos, tornarem-se curiosos e ávidos por mais momentos como os que viveram. A sala de aula torna-se um local de interesse quando o quadro e giz tornam-se coadjuvantes de uma aventura diferente e cheia de encantos. O uso de materiais de baixo custo, experimentos diversos, alguns questionários e muita curiosidade foi o carro chefe para o desenvolvimento deste trabalho.

Fazendo o uso de diferentes metodologias em nossa investigação fomos capazes de produzir um material didático bastante interessante. Tal possibilidade ocorreu principalmente devido ao fato de termos contado com a participação expressiva de alunos que conseguiram fazer a ponte entre a teoria e a prática de forma satisfatória e lúdica.

No início de nosso trabalho houve o intuito de gerar informações a partir do conhecimento dos alunos sobre Física e sobre a Luz em particular. O fato de encontrarmos grande parte deles desprovidos de concepções prévias negativas sobre aprender Física gerou um sentimento de enorme satisfação já que em minha prática durante as aulas do Ensino Médio, em geral observamos parte considerável dos alunos com uma visão negativa sobre o estudar Física.

Quando o foco de nossas intervenções se deu visando a evolução dos conceitos sobre o tema “Luz”, pudemos perceber nitidamente em alguns alunos uma aproximação entre

suas visões e concepções com os conceitos cientificamente aceitos. Percebemos assim a possibilidade de desenvolvermos uma proposta de ensino mais individualizada, participativa, crítica e qualitativa da Física para nossa prática pretendida. Essas percepções nos permitiram produzir uma gama de técnicas e materiais de suporte que acreditamos poder auxiliar o ensino do tema Luz a professores de Ciências do Ensino Fundamental.

Julgamos que o foco principal de toda e qualquer intervenção pedagógica é a evolução cognitiva dos nossos alunos. Na atividade realizada pudemos observar tal evolução, visto que antes do processo de intervenção, a maioria dos alunos não fazia ideia do que vinha ser Física e nem como ela poderia estar presente em seu cotidiano.

Estes alunos, quando questionados sobre a Física, demonstraram correlações primárias e fonéticas da palavra Física com vocábulos como Fisioterapia e Educação Física. Esses mesmos alunos, no decorrer de nossas aulas e experimentos, em poucos encontros, passaram a discutir com os professores e seus próprios colegas conceitos como propagação retilínea, reflexão e refração luminosa, formação de imagens e até mesmo conceitos recentes estudados e explicados pelo célebre Albert Einstein como fotoelétrons e efeito fotoelétrico, de maneira crítica e consciente.

Assim, o fato de os estudantes terem se mostrado motivados durante a atividade, com sua curiosidade aguçada e terem incorporado, segundo nossa avaliação, conhecimentos científicos de forma a perceberem sua importância e necessidade, nos faz sentir que a missão pretendida foi cumprida.

A estrutura da sequência didática, finalizada com a colaboração dos alunos, com sugestões de colegas e principalmente pelos observadores críticos, por ocasião da realização do workshop do programa, nos pareceu razoavelmente compatível para o nível de ensino a que consideramos ela se destinar.

Em nosso trabalho para o desenvolvimento desta dissertação tivemos a sensação do dever cumprido, em que a pesquisa de aportes teóricos, a investigação de elementos da legislação e seus desdobramentos relativos ao ensino e à educação como um todo, aliados à busca de estratégias e metodologias mais condizentes com a relação ensino e aprendizagem, nos fizeram crescer profissionalmente.

Acreditamos com esta dissertação e com o produto educacional desenvolvido termos contribuído com ideias e material que possam vir a possibilitar melhores resultados para o ensino de ciências, e da física em particular. No mundo contemporâneo é fundamental que possamos estar preparados, sempre atualizados e afinados com as necessidades e anseios de nossos alunos. Julgamos ter trabalhado nessa direção e com a certeza de parceria efetiva no

processo educacional moderno, em que a escola deve ser a base para propiciar uma formação verdadeiramente crítica e participativa dos educandos na sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de Física**. 3a ed. São Paulo: HARBRA, 1993.

AUSUBEL, D.P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, P., NOVAK, Joseph D., HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BONADIMAN, H., NONENMACHER, S. E. B. O Gostar e o Aprender no Ensino de Física: Uma proposta Metodológica. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física – SBF: Sociedade Brasileira de Ensino de Física**. V. 24, n. 2, agosto de 2007 p. 194 – 223.

BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

_____. Aprendizagem significativa: ideias de estudantes concluintes do ensino superior. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 6, n.2, 2001. Disponível em: Acesso em: 02 abr. 2016.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais/ Secretaria de Educação Fundamental**. – Brasília: MEC/SEF, 1998.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. 17a tiragem. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

GADOTTI, Moacir. **Convite à leitura de Paulo Freire**. São Paulo: Scipione, 1989.

GOMES, A. P.; DIAS COELHO, U. C.; CAVALHEIRO, P. O.; GONÇALVEZ, C. A. N.; RÔÇAS, G.; SIQUEIRA-BATISTA, R. A educação médica entre mapas e âncoras: a Aprendizagem Significativa de David Ausubel, em busca da arca perdida. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 32, n. 1, p. 56-59, 2008.

GOMES, Andreia Patrícia; RÔÇAS, Gisele; COELHO, Udson Chandler Dias; CAVALHEIRO, Priscila de Oliveira; GONÇALVEZ, Cristina Angélica Nunes; BATISTA, Rodrigo Siqueira. Ensino de Ciências: dialogando com David Ausubel. **Revista Ciências & Ideias**. Nº1. Vol. 1, 2010.

GOULART, S. M.; DIAS, C. N.; BARROS, S. L. de S. Conceitos espontâneos de crianças sobre fenômenos relativos à luz: análise qualitativa. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 9-20, abr. 1989.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 4ª ed., v. 4. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995.

HASSAD, J. Backup of meaningful learning model. **Dear Habermas Current Issue**, v. 17, n. 3, week of June 30, 2003.

HESSEN, J. **Teoria do conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

HUMBERT, Colette. **Conscientização: a experiência e a investigação de Paulo Freire**. Lisboa: Moraes, 1976.

JAEGER, W. **Paidéia: a formação do homem grego**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

KANT, I. **Crítica da razão pura**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1994.

KEARSLEY, G.. **Subsumption Theory** (D. Ausubel). Disponível em: <<http://tip.psychology.org/ausubel.html>>. Acesso em: 11 out 2016.

LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica. IN: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**. Florianópolis, 2009.

LOCKE, J. **Ensaio acerca do entendimento humano**. Os pensadores. São Paulo: Nova Cultural, 2000.

MARTINS, Paulo Roberto. Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente no Brasil: Perspectivas e Desafios. IN: **Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**. FALTA A CIDADE, 2004.

MCGRIFF, S. J. **A position paper and concept map: Philosophy of Education**, 2000. Disponível em: <<http://www.personal.psu.edu/sjm256/>>. Acesso em: 10 abr 2015.

MICHAEL, J. In pursuit of meaningful learning. **Advances in Physiology Education**, v. 25, p. 145-158, 2001.

MOREIRA, Marco A., MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino da Física**. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

_____. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. (Texto Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O Ensino), **Revista Galaico Portuguesa de Sócio Pedagogia e Sociolinguística**, Ponte Vedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, n 23 a 28, p. 87-95, 1988.

_____. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. Bob. **Aprender a aprender**. (2a ed.), Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

_____. **Learning how to learn**. New York and Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A.; Tópicos de Física Contemporânea na Escola Média: um Estudo com a Técnica Delphi; In: **Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física**, 6, 1998, Florianópolis. Atas... Florianópolis, Imprensa Universitária da UFSC, 1998.

PELIZZARI, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PÉREZ, D. G.; ALÍS, J. C.; DUMAS-CARRÉ, A.; MAS C. F.; GALLEGO, R.; DUCH, A. G.; GONZÁLEZ, E.; GUIASOLA, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSSA, J.; CARVALHO, A. M. P.; SALINAS, J.; TRICÁRIO, H. VALDÉS. Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica. **Enseñanza de la ciencia**, v.18, n.1, 2000.

PIAGET, J. A equilibração das estruturas cognitivas. **Problema Central do Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

PINTO A. C. & ZANETIC J. (1997) É Possível Levar a Física Quântica para o 2o Grau? Trabalho apresentado no **V Simpósio de Iniciação Científica da USP**, Pró- Reitoria de Pesquisa, Volume 2, Exatas e Engenharia, 1997.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

_____. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média**. Tese de doutorado. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

TIPLER, P. A. **Física para cientistas e engenheiros**. v. 4, 3a ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995.

VIGOTSKY, L. **Mind and Society**. Harvard University Press, 1930.

ANEXOS

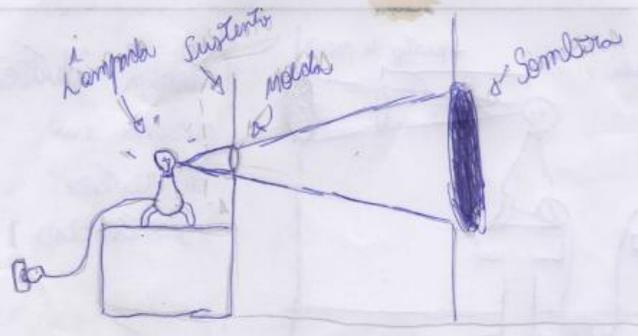
ANEXO 1 - RESPOSTAS DE ALGUNS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE DE PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ.

ufjf UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Propagação retilínea da luz

1- No espaço abaixo, desenhe e explique como a sombra de uma moeda seria formada em nosso experimento. (O desenho deverá conter a lâmpada a moeda e a sombra projetada na parede.)



2- É possível alterar o tamanho da sombra da moeda colocada à frente da lâmpada? Se sim, explique como o tamanho da sombra se altera.

Sim, pois ao aproximar a moeda ocupa mais o espaço iluminado e a luz atingindo a sombra maior.

3- É possível cobrir uma moeda de 1 Real na sombra de uma moeda de 1 centavo iluminada pela lâmpada? Explique como podemos conseguir esse resultado.

Sim, apenas afastando a moeda de 1 real (que ilumina a sombra) da luz e a de 1 centavo mais próxima a lâmpada.

4- Existe alguma relação entre os tamanhos das sombras da moeda, e as distâncias entre as moedas e a lâmpada? Se sim explique com funciona a relação. (Se necessário faça um desenho).

Quanto mais longe da lâmpada (luz), menor a sombra do objeto.



5- Quando acendemos as duas lâmpadas, observamos a formação de regiões de sombras mais clara (penumbra), e mais escura (umbra), como você explica este fenômeno?

Por ser colocamos um objeto em frente a 2 lâmpadas, cada lâmpada projeta a sombra do ~~objeto~~ objeto e a parte mais escura (umbra) é o meio, que por uma parte da costa menor e por isso fica mais escura.

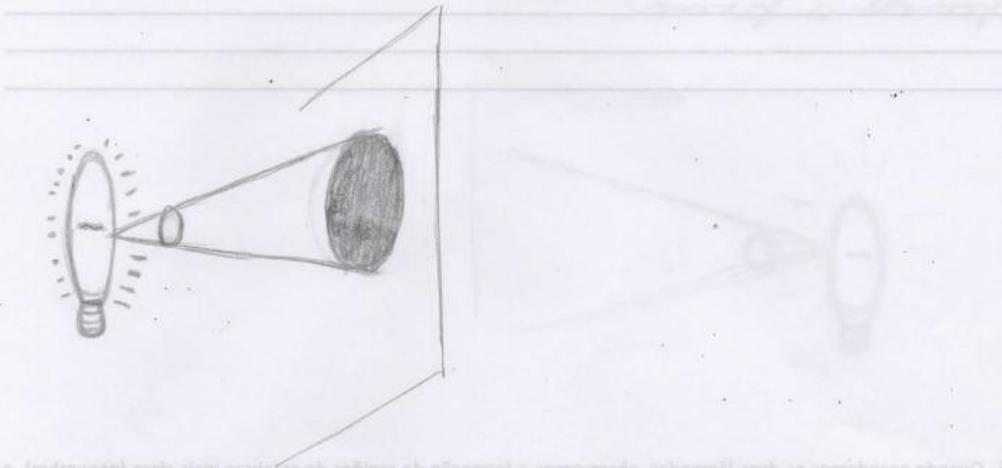
6- Em um dia ensolarado, você brinca em um quintal e, então, se abriga na sombra de uma grande árvore. Ao fazer isso, o que acontece com sua sombra? Explique.

Ela está "dentro" da sombra da árvore, pois como a sombra da árvore é maior, ela cobre a sombra da pessoa.



Questionário atividade: Propagação retilínea da luz

1- No espaço abaixo, desenhe e explique como a sombra de uma moeda seria formada em nosso experimento. (O desenho deverá conter a lâmpada a moeda e a sombra projetada na parede.)



2- É possível alterar o tamanho da sombra da moeda colocada à frente da lâmpada? Se sim, explique como o tamanho da sombra se altera.

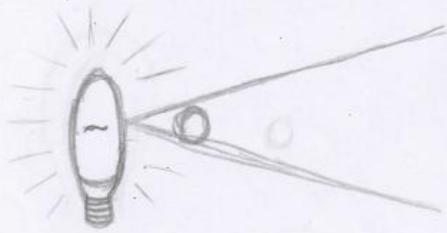
Sim. Porque quanto mais perto ou mais longe estiver a moeda da lâmpada, a sombra se altera.

3- É possível cobrir uma moeda de 1 Real na sombra de uma moeda de 1 centavo iluminada pela lâmpada? Explique como podemos conseguir esse resultado.

Sim. Se você cobrir a moeda de 1 centavo próxima a lâmpada.

4- Existe alguma relação entre os tamanhos das sombras da moeda, e as distâncias entre as moedas e a lâmpada? Se sim explique com funciona a relação. (Se necessário faça um desenho).

Quando mais longe da lâmpada, menor é o tamanho da sombra da moeda. Quando mais perto da lâmpada, maior é o tamanho da sombra da moeda.



5- Quando acendemos as duas lâmpadas, observamos a formação de regiões de sombras mais clara (penumbra), e mais escura (umbra), como você explica este fenômeno?

Por uma lâmpada ilumina outra lâmpada e reflete sobre a região.

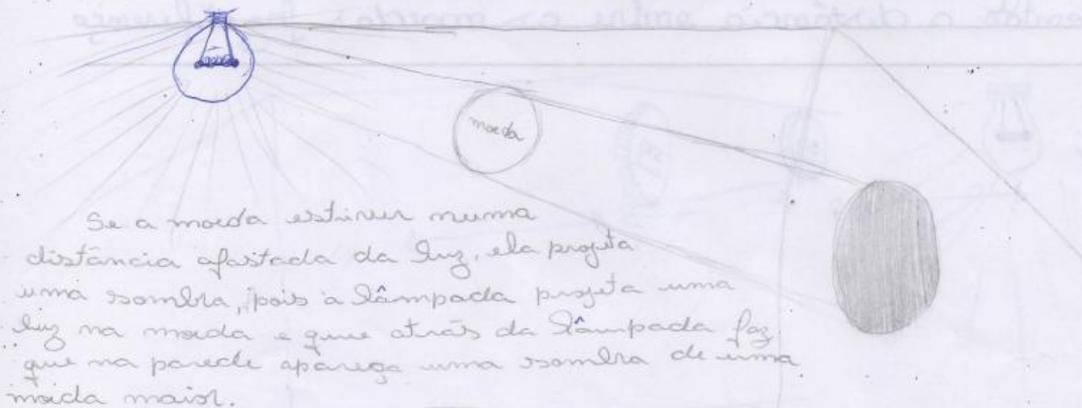
6- Em um dia ensolarado, você brinca em um quintal e, então, se abriga na sombra de uma grande árvore. Ao fazer isso, o que acontece com sua sombra? Explique.

Sua sombra como se fosse uma sombra de uma árvore e você para que produza sua sombra.

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Propagação retilínea da luz

- 1- No espaço abaixo, desenhe e explique como a sombra de uma moeda seria formada em nosso experimento. (O desenho deverá conter a lâmpada a moeda e a sombra projetada na parede.)



- 2- É possível alterar o tamanho da sombra da moeda colocada à frente da lâmpada? Se sim, explique como o tamanho da sombra se altera.

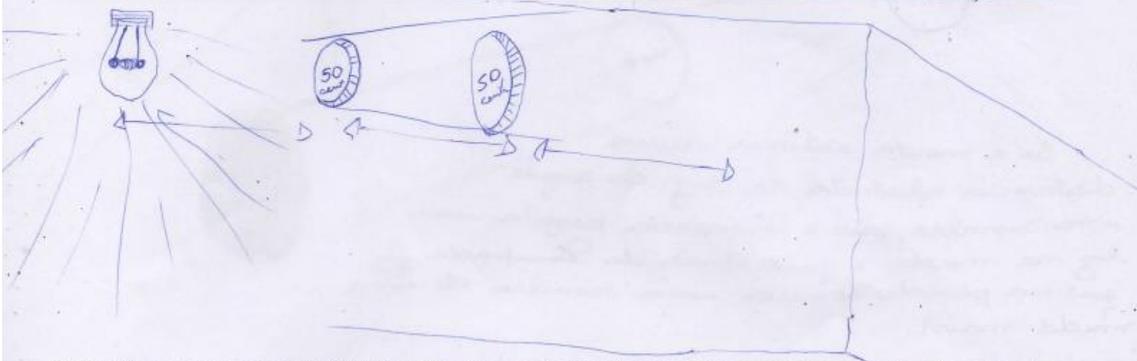
Sim, se a moeda estiver na frente da lâmpada e a distância for ~~menor~~ muito grande da parede a sombra não tem o dobro sem clareza

- 3- É possível cobrir uma moeda de 1 Real na sombra de uma moeda de 1 centavo iluminada pela lâmpada? Explique como podemos conseguir esse resultado.

Sim, é possível para isso acontecer é preciso a ajuda da distância novamente, se a moeda estiver na parede e a outra de 1 centavo estiver perto da lâmpada a de 1 centavo irá cobrir a de 1 real.

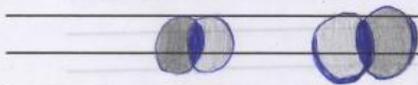
4- Existe alguma relação entre os tamanhos das sombras da moeda, e as distâncias entre as moedas e a lâmpada? Se sim explique com funciona a relação. (Se necessário faça um desenho).

sim porque se a moeda estiver perto da lâmpada a sombra irá ser maior, caso se a moeda estiver longe da lâmpada a sombra irá ser menor, então a distância entre as moedas faz diferença.



5- Quando acendemos as duas lâmpadas, observamos a formação de regiões de sombras mais clara (penumbra), e mais escura (umbra), como você explica este fenômeno?

Se acendemos as duas lâmpadas se irá formar três sombras, uma mais clara a do meio mais escura e a terceira mais ou menos (ou mais e menos).



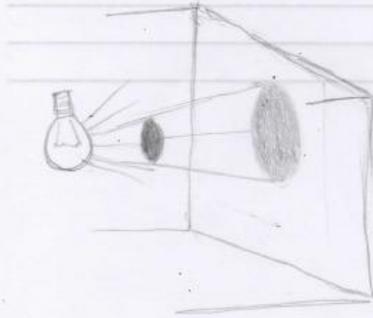
6- Em um dia ensolarado, você brinca em um quintal e, então, se abriga na sombra de uma grande árvore. Ao fazer isso, o que acontece com sua sombra? Explique.

Ela irá sumir, porque o sol atrás da árvore irá causar uma grande sombra onde a minha irá ~~sumir~~ desaparecer.

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Propagação retilínea da luz

1- No espaço abaixo, desenhe e explique como a sombra de uma moeda seria formada em nosso experimento. (O desenho deverá conter a lâmpada a moeda e a sombra projetada na parede.)



2- É possível alterar o tamanho da sombra da moeda colocada à frente da lâmpada? Se sim, explique como o tamanho da sombra se altera.

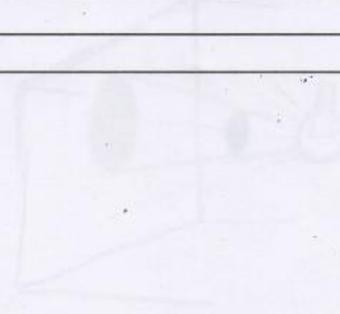
Sim. Dependendo da distância onde se coloca a moeda, sua sombra é alterada.

3- É possível cobrir uma moeda de 1 Real na sombra de uma moeda de 1 centavo iluminada pela lâmpada? Explique como podemos conseguir esse resultado.

Sim. Colocando a moeda de um centavo mais próxima da lâmpada, faz com que a sombra da moeda de um centavo se amplie cobrindo a sombra da moeda de um real.

4- Existe alguma relação entre os tamanhos das sombras da moeda, e as distâncias entre as moedas e a lâmpada? Se sim explique com funciona a relação. (Se necessário faça um desenho).

Sim.



5- Quando acendemos as duas lâmpadas, observamos a formação de regiões de sombras mais clara (penumbra), e mais escura (umbra), como você explica este fenômeno?

Quando acende uma lâmpada (lâmpada 1) ela forma sua sombra na parede, mas quando se acende a lâmpada 2 colocada ao lado da lâmpada 1, faz com que a luz da lâmpada 2 clareie a sombra da lâmpada 1.

6- Em um dia ensolarado, você brinca em um quintal e, então, se abriga na sombra de uma grande árvore. Ao fazer isso, o que acontece com sua sombra? Explique.

Ela some. Você sendo menor que a árvore ~~se~~ a partir que você se aproxima dela, faz com que a árvore te cubra.

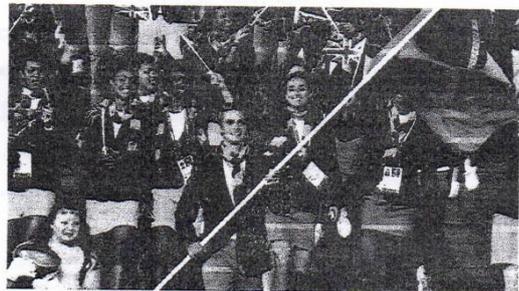
ANEXO 2 - RESPOSTAS DE ALGUNS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE DE CORES E REFLEXÃO DA LUZ.

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Cores e reflexão da luz

1) Na apresentação da abertura das Olimpíadas Rio 2016, será utilizada uma lâmpada que emite luz de cor verde. No palco da apresentação além dos atletas, teremos a bandeira nacional.



Com quais cores iremos enxergar os seguintes elementos que compõe a bandeira do Brasil, quando for iluminada apenas pela luz verde:

a) Retângulo: Verde

b) Círculo: Branco

c) Faixa com a frase "Ordem e Progresso": Verde

2) Considere os seguintes elementos: Chama de uma vela, lápis, sombrinha e madeira em brasa.

a) quais desses elementos conseguiríamos enxergar em um quanto totalmente escuro:
Chama de uma vela e madeira em brasa

B) o que diferencia os elementos que conseguimos ver dos que não conseguimos:
Uns tem luz própria e outros não

3) Para comprar carnes, devemos ter diversos cuidados: procurar por açougues com boas condições de higiene, com paredes e balcões limpo, além de ficar atentos com a luz do ambiente. Cuidado: iluminar a carne com luz vermelha é ilegal. Por quê?
Porque se a carne estiver entregada nosé não vai ver a sua cor verdadeira

4) Os espelhos retrovisores de motos são classificados como espelhos esféricos.

a) Como são as imagens formadas pelos retrovisores?

São menores mas o campo de visão ampliado

b) Além de ser usado como retrovisor estes tipos de espelhos podem ser usados em outras situações, como por exemplo, entrada de uma garagem e porta dos ônibus. Você sabe explicar por quê?

Por seu campo de visão ser maior

5) Um artista deseja maquiar-se. Para isso necessita de um espelho que amplie seu rosto.

a) Que tipo de espelho deve ser usado pelo artista?

Côncavo

b) Como fica o campo visual para este espelho?

menor

6) Observe a figura:



a) O que você observa na imagem acima?

Uma mulher penteando o cabelo em frente ao espelho.

b) Classifique o tipo de espelho usado.

Espelho plano

c) Porque utilizamos esse tipo de espelho em nossas casas para escovar os dentes e pentearmos os cabelos?

Porque ele reflete a imagem exatamente como ela é



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Cores e reflexão da luz

1) Na apresentação da abertura das Olimpíadas Rio 2016, será utilizada uma lâmpada que emite luz de cor verde. No palco da apresentação além dos atletas, teremos a bandeira nacional.



Com quais cores iremos enxergar os seguintes elementos que compõe a bandeira do Brasil, quando for iluminada apenas pela luz verde:

- a) Retângulo: Verde
- b) Círculo: Preto
- c) Faixa com a frase "Ordem e Progresso": Verde

2) Considere os seguintes elementos: Chama de uma vela, lápis, sombrinha e madeira em brasa.

a) quais desses elementos conseguiríamos enxergar em um quanto totalmente escuro:

vela, madeira

B) o que diferencia os elementos que conseguimos ver dos que não conseguimos:

A vela e a madeira tem luz proprio e os outros não

3) Para comprar carnes, devemos ter diversos cuidados: procurar por açougues com boas condições de higiene, com paredes e balcões limpo, além de ficar atentos com a luz do ambiente. Cuidado: iluminar a carne com luz vermelha é ilegal. Por quê?

Se fizer a luz deito a carne mais vermelha, dificultando a vê se ela está estragada

Salvatore Foglietti

4) Os espelhos retrovisores de motos são classificados como espelhos esféricos.

a) Como são as imagens formadas pelos retrovisores?

menores

b) Além de ser usado como retrovisor estes tipos de espelhos podem ser usados em outras situações, como por exemplo, entrada de uma garagem e porta dos ônibus. Você sabe explicar por quê?

ampliam o campo de visão

5) Um artista deseja maquiar-se. Para isso necessita de um espelho que amplia seu rosto.

a) Que tipo de espelho deve ser usado pelo artista?

convexo

b)

maquiagem

6) Observe a figura:



a) O que você observa na imagem acima?

uma mulher e a reflexão dela

b) Classifique o tipo de espelho usado.

espelho plano

c) Porque utilizamos esse tipo de espelho em nossas casas para escovar os dentes e pentearmos os cabelos?

por que imagem da igual

ANEXO 3 - RESPOSTAS DE ALGUNS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE DE REFRAÇÃO DA LUZ.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Refração da luz

- 1) Na atividade realizada no pátio do colégio, conseguimos colocar fogo em uma folha de papel com o auxílio de uma lupa. Esse evento seria possível se o dia estivesse nublado? Explique.

Não, porque esse evento precisa de luz solar.

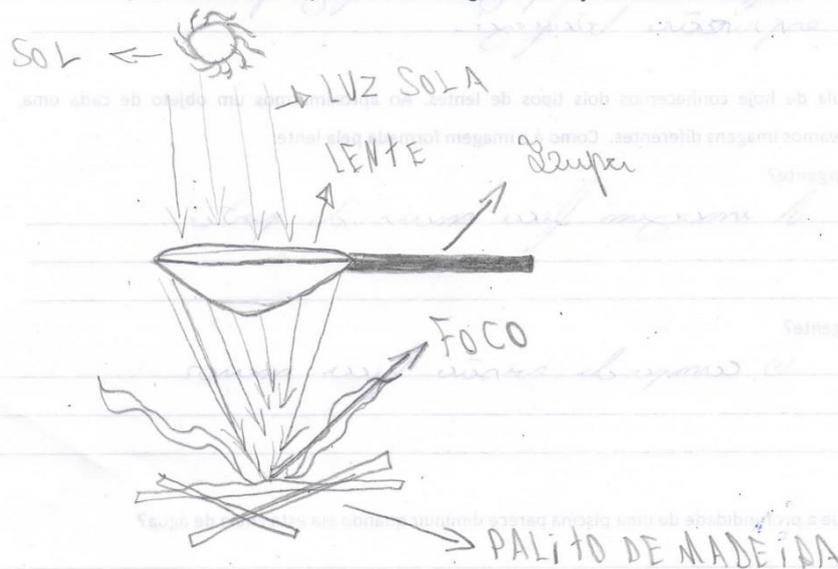
- 2) A lupa é feita de um objeto central de vidro. Que nome damos a esse objeto óptico?

Denomina o nome de lente.

- 3) É possível repetir esse experimento usando qualquer tipo de lente? Por quê?

Não, porque a lente que é convergente de espelho côncavo é mais fácil de fazer.

- 4) Faça um desenho representando como é possível colocar fogo em um objeto utilizando uma lente.



5) Explique a tirinha usando o que você aprendeu na aula de hoje.



Essa tirinha mostra que quando a luz bate na lente convergente com um foco que esteja próximo ao foco por isso a expressão botafogo.

6) Na aula de hoje conhecemos dois tipos de lentes. Ao aproximarmos um objeto de cada uma, observamos imagens diferentes. Como é a imagem formada pela lente:

a) Convergente?

A imagem fica maior do que o objeto

b) Divergente?

O campo de visão fica menor

7) Por que a profundidade de uma piscina parece diminuir quando ela está cheia de água?

Devido a refração quando a luz bate ocorre a refração.

8) Você com certeza conhece alguém que usa óculos. Seja alguém mais velho como o seu avô ou até um amigo da mesma idade. Como é possível que o óculos corrija a visão dessas pessoas?

Devido a refração o campo de visão do pessoa.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Refração da luz

- 1) Na atividade realizada no pátio do colégio, conseguimos colocar fogo em uma folha de papel com o auxílio de uma lupa. Esse evento seria possível se o dia estivesse nublado? Explique.

Não, por que ~~sem~~ ^{sem} presença do sol.

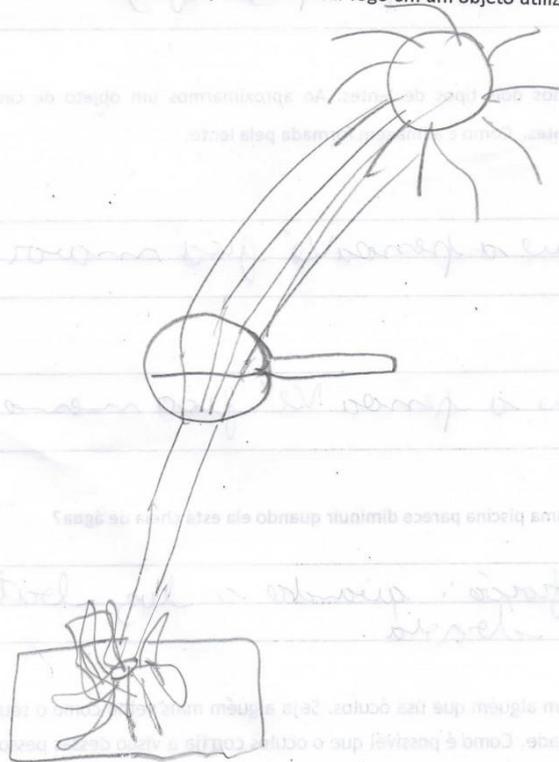
- 2) A lupa é feita de um objeto central de vidro. Que nome damos a esse objeto óptico?

~~Lente~~ Lente

- 3) É possível repetir esse experimento usando qualquer tipo de lente? Por quê?

Não, por que outros tipos de ^{lente} ~~lente~~ pode ~~ser~~ ^{ser} os ~~raios~~ ^{raios} se abrem.

- 4) Faça um desenho representando como é possível colocar fogo em um objeto utilizando uma lupa.



- 5) Explique a tirinha usando o que você aprendeu na aula de hoje.



Quando o sol bate na lente com seus raios ela junta os raios em um formato um raio forte que pega fogo.

- 6) Na aula de hoje conhecemos dois tipos de lentes. Ao aproximarmos um objeto de cada uma, observamos imagens diferentes. Como é a imagem formada pela lente:

a) Convergente?

o espaço que o objeto fica maior

b) Divergente?

o espaço que o objeto fica menor

- 7) Por que a profundidade de uma piscina parece diminuir quando ela está cheia de água?

controle a refração: quando a luz brilha na água ela desvia.

- 8) Você com certeza conhece alguém que usa óculos. Seja alguém mais velho como o seu avô ou até um amigo da mesma idade. Como é possível que o óculos corrija a visão dessas pessoas?

com o lente convergente a pessoa do consegue vê melhor.



Questionário atividade: Refração da luz

- 1) Na atividade realizada no pátio do colégio, conseguimos colocar fogo em uma folha de papel com o auxílio de uma lupa. Esse evento seria possível se o dia estivesse nublado? Explique.

Não porque precisa dos raios para queimar a folha

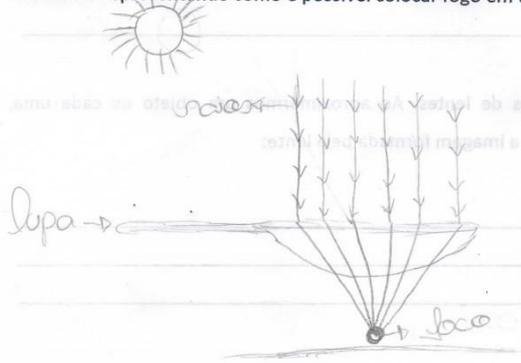
- 2) A lupa é feita de um objeto central de vidro. Que nome damos a esse objeto óptico?

lente

- 3) É possível repetir esse experimento usando qualquer tipo de lente? Por quê?

Não, somente a lente convergente pois ela junta os raios e a divergente espalha os raios

- 4) Faça um desenho representando como é possível colocar fogo em um objeto utilizando uma lupa.



- 5) Explique a tirinha usando o que você aprendeu na aula de hoje.



porque quando o sol bate na lente ela coloca fogo em algo.

- 6) Na aula de hoje conhecemos dois tipos de lentes. Ao aproximarmos um objeto de cada uma, observamos imagens diferentes. Como é a imagem formada pela lente:

a) Convergente?

aumento

b) Divergente?

A imagem fica menor

- 7) Por que a profundidade de uma piscina parece diminuir quando ela está cheia de água?

porque o raio desvia

- 8) Você com certeza conhece alguém que usa óculos. Seja alguém mais velho como o seu avô ou até um amigo da mesma idade. Como é possível que o óculos corrija a visão dessas pessoas?

por causa da lente convergente

ANEXO 4 - RESPOSTAS DE ALGUNS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE DE INTERAÇÃO DA LUZ COM A MATÉRIA.

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Interação da luz com a matéria.

1- Explique com suas palavras como funciona o sistema que acende e apaga a luz de um poste de iluminação pública.

O LDR pode ser resiste ou condutor dependendo da luz. O transistor decide se a lâmpada deve ser acesa.

2- Antes da realização do experimento como você achava que a iluminação pública funcionava.

Não pensamos que existia uma central de controle por trás da iluminação pública, que determinava uma hora pré definida para o poste ficar aceso ou apagado.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Interação da luz com a matéria.

1- Explique com suas palavras como funciona o sistema que acende e apaga a luz de um poste de iluminação pública.

Sim, ocorre por causa do LDR que quando há luz condutor e sem luz isolante e o transistor que controla os funciona os não se led.

2- Antes da realização do experimento como você achava que a iluminação pública funcionava.

Não pensava que havia pessoas que trabalhavam para acender os poste, dentro de uma central controlando tudo



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Interação da luz com a matéria.

1- Explique com suas palavras como funciona o sistema que acende e apaga a luz de um poste de iluminação pública.

O poste tem o LDR, que é o responsável por indicar a luminosidade das ruas, o mesmo diz as transições se deve ou não acender a luz do poste

Escuro → Acende

Claro → Apaga

2- Antes da realização do experimento como você achava que a iluminação pública funcionava.

Não desconfiávamos que existia um sensor que detectava a luminosidade das ruas, sendo assim quando a rua fica escura o sensor manda a lâmpada acender, e quando estiver muito clara a lâmpada apaga.

APÊNDICES**APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES.****UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA****MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG**

1- Você acha importante estudar ou adquirir conhecimento sobre ciências? Por quê?

2- O que você aprende sobre ciências tem utilidade em sua vida? Cite exemplos.

3- Biologia, Química e Física são divisões da ciência. Qual das três áreas você acha mais importante? Por quê?

4- Cite uma situação do dia-a-dia que você julgue estar relacionado com Física.

5- Baseado no que você já viu e ouviu falar escreva, com suas palavras, o que você acha que se estuda em Física.

6- Em breve você estará ingressando no Ensino Médio. Qual (is) disciplina(s) você acredita que terá maior dificuldade? Por quê?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO: PROPAGAÇÃO RETILÍNEA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA



MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Propagação retilínea da luz

1- No espaço abaixo, desenhe e explique como a sombra de uma moeda seria formada em nosso experimento. (O desenho deverá conter a lâmpada, a moeda e a sombra projetada na parede)

2-É possível alterar o tamanho da sombra da moeda colocada à frente da lâmpada? Se sim, explique como o tamanho da sombra se altera.

3- É possível cobrir uma moeda de 1 Real na sombra de uma moeda de 1 centavo iluminada pela lâmpada? Explique como podemos conseguir esse resultado.

4- Existe alguma relação entre os tamanho, das sombras da moeda e as distâncias entre as moedas e a lâmpada? Se sim explique com funciona a relação. (Se necessário faça um desenho)

5- Quando acendemos as duas lâmpadas, observamos a formação de regiões de sombras mais clara (penumbra) e mais escura (umbra), como você explica este fenômeno?

6- Em um dia ensolarado, você brinca em um quintal e, então, se abriga na sombra de uma grande árvore. Ao fazer isso, o que acontece com sua sombra? Explique.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO: CORES E REFLEXÃO DA LUZ



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA



MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Cores e reflexão da Luz

- 1) Durante uma apresentação da abertura das Olimpíadas de 2016, será utilizada uma lâmpada com luz de cor verde. No palco da apresentação além dos atletas, teremos a bandeira nacional.



Com quais cores iremos enxergar os seguintes elementos que compõe a bandeira do Brasil:

- a) Retângulo: _____
- b) Esfera: _____
- c) Faixa com a frase “Ordem e Progresso”: _____

2) Considere os seguintes elementos: Chama de uma vela, lápis, sombrinha e madeira em brasa.

- a) quais desses elementos conseguiríamos enxergar em um quarto totalmente escuro:

- b) o que diferencia os elementos que conseguimos ver dos que não conseguimos:

3) Para comprar carnes, devemos ter diversos cuidados: procurar por açougues com boas condições de higiene, com paredes e balcões limpo, além de ficar atentos com a luz do ambiente. Cuidado: iluminar a carne com luz vermelha é ilegal. Por quê?

4) Os espelhos retrovisores de motos são classificados como espelhos esféricos.

a) Como são as imagens formadas pelos retrovisores? _____

b) Além de ser usado como retrovisor, estes tipos de espelhos podem ser usados em outras situações, como por exemplo, na entrada de uma garagem. Você sabe explicar por quê? _____

5) Um artista deseja maquiar-se. Para isso necessita de um espelho que amplia seu rosto.

a) Que tipo de espelho deve ser usado pelo artista? _____

b) Como fica o campo visual para esse espelho? _____

6) Observe a figura:



a) O que você observa na imagem acima?

b) Classifique o tipo de espelho usado.

c) Porque utilizamos esse tipo de espelho em nossas casas para escovar os dentes e pentearmos os cabelos?

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO – LENTES E REFRAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA



MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Refração da luz

1) Na atividade realizada no pátio do colégio, conseguimos colocar fogo em uma folha de papel com o auxílio de uma lupa. Esse evento seria possível se o dia estivesse nublado? Explique.

2) A lupa é feita de um objeto central de vidro. Que nome damos a esse objeto óptico?

3) É possível repetir esse experimento usando qualquer tipo de lente? Por quê?

4) Faça um desenho representando como é possível colocar fogo em um objeto utilizando uma lente.

5) Explique a tirinha usando o que você aprendeu na aula de hoje.



6) Na aula de hoje conhecemos dois tipos de lentes. Ao aproximarmos um objeto de cada uma, observamos imagens diferentes. Como é a imagem formada pela lente:

a) Convergente?

b) Divergente?

7) Por que a profundidade de uma piscina parece diminuir quando ela está cheia de água?

8) Você com certeza conhece alguém que usa óculos, seja alguém mais velho como o seu avô ou até um amigo da mesma idade. Como é possível que os óculos corrijam a visão dessas pessoas?

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO: INTERAÇÃO DA LUZ COM A MATÉRIA.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

MESTRADO NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFJF/IF-SUDESTE DE MG

Questionário atividade: Interação da luz com a matéria.

1- Explique, com suas palavras, como funciona o sistema que acende e apaga a luz de um poste de iluminação pública.

2- Antes da realização do experimento, como você achava que a iluminação pública funcionava? _____

APÊNDICE F - SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA LUZ EM TURMAS DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DO ESTUDO DA LUZ

Caro colega professor, este produto consiste em material de apoio para o ensino da Luz, contemplado sua natureza, propagação e interação com a matéria, e foi desenvolvido com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Aqui você encontrará uma proposta de ensino voltada para atividades experimentais de baixo custo e fácil aplicação. O material é planejado para 9 (nove) aulas, mas fica a cargo de sua necessidade a utilização total ou parcial e ainda adaptações que julgar necessárias perante a realidade presente.

Física é a Ciência que se propõe estudar e conhecer o mundo em que vivemos sendo ela uma das formas mais empolgantes de desvendarmos e explicarmos a natureza. Entretanto esse estudo é direcionado muitas vezes de forma cansativa priorizando cálculos em detrimento aos conceitos e fenômenos existentes.

Ao longo da história muitos filósofos, físicos, matemáticos e estudiosos conseguiram desenvolver teorias, experimentos e modelos para auxiliar na construção dessa Ciência. A Física não foi construída apenas em cima de acertos, muitas foram as rupturas de conceitos até se chegar a todo desenvolvimento científico que temos hoje. Muitas das concepções apresentadas por nossos alunos vão ao encontro às ideias de grandes pensadores.

Sabendo que alguns erros não representam apenas uma dificuldade específica em relação ao conceito a ser ensinado, o erro pode ser, portanto interpretado como um conflito de duas teorias, a proposta pelo aluno e a cientificamente aceita.

Nesse sentido, o erro também é fonte de conhecimento, pois representa a forma que o indivíduo interpreta determinado fenômeno. O erro é um modelo alternativo ao modelo científico para determinado fato e não deve ser descartado. Pois funcionam como “âncoras”, propiciando tanto a aprendizagem, quanto o crescimento intelectual. Desta forma, o processo de construção do conhecimento se dá de forma individualizada e correlacionada com o que o sujeito carrega, assim o aprendizado se dá de forma efetiva e duradoura.

Ausubel, psiquiatra norte-americano, que dedicou vinte e cinco anos à psicologia educacional, afirmou que a aprendizagem ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos já presentes nas experiências de aprendizado anteriores e, por isso, o fator mais

importante que influencia na aprendizagem consiste no que o aluno já sabe. É a partir desse ponto de apoio, que deve decorrer a aprendizagem dos novos conceitos.

Segundo David Ausubel em sua obra *Psicologia Educacional*, (1980), “Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos...”

A presente sequência didática tem como proposta a construção de conhecimento sobre a luz a partir da observação de fenômenos cotidianos buscando uma interpretação qualitativa para os fenômenos físicos envolvidos.

AULA 1: APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

A primeira aula tem por finalidade apresentar para os estudantes o que será realizado ao longo das aulas seguintes e o levantamento de suas visões sobre o tema a ser estudado, a Luz: em geral, os alunos apresentam concepções espontâneas para a luz e a visão.

Início da atividade

Convide os alunos a responderem as seguintes questões em seus cadernos:

Imagine que você tivesse que explicar o que é a luz para algum ser que vivesse no fundo do oceano em um “mundo sem Luz”.

O que você lhe diria?

Como você explicaria o que são as cores?

Você consegue imaginar o mundo sem luz?

As explicações dadas servirão de suporte para discutirmos as ideias iniciais do nosso trabalho.

Após as discussões geradas pelas perguntas iniciais propostas, os alunos devem registrar suas respostas no caderno, elas serão retomadas na última aula.

Aporte para o professor

Há muito se tem investigado sobre a natureza da luz. Newton explicou a luz como pequenas partículas, buscando inspiração nos gregos atomistas Leucipo e Demócrito (450 a.C) que explicavam que tudo na natureza era formado por partes menores que se propagavam no vazio. Na mesma época Huygens com suas ideias contrapôs as explicações que Newton dava sobre a natureza da luz, pois para ele a luz era uma onda e precisava de um meio para se propagar. Huygens utilizou a teoria da existência do éter para validar suas ideias, na época, muitos fenômenos foram explicados baseados na possível existência do éter.

Ambos os cientistas conseguiram explicar diversos comportamentos da luz, defendendo com embasamento teórico e alguns experimentos suas concepções. Apesar de termos hoje como comprovadas algumas observações feitas por Huygens a respeito da luz, a teoria do éter não é mais utilizada, pois a mesma foi refutada por Michelson Morley.

AULA 2: PROPAGAÇÃO RETILÍNEA - PARTE 1

Aporte para o professor

Observando os feixes de luz que entram por orifício de um determinado local escuro, verificamos que eles se propagam em linha reta. Sombras projetadas por luz pontiforme ou pontual são claramente definidas, ou seja, tem forma semelhante ao contorno do corpo que as originou, por estes e outros motivos, dizemos que em meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta. O princípio da propagação retilínea da luz é um dos princípios fundamentais da óptica geométrica.

Figura 1 - Ilustração popular, do Século XIX sobre o experimento de Newton com o prisma, evidenciando a propagação retilínea.



Uma das aplicações da propagação retilínea da luz é a formação de sombra e penumbra, que se dá quando a luz encontra em seu caminho um objeto que não permite a propagação da luz através dele, denominado opaco.

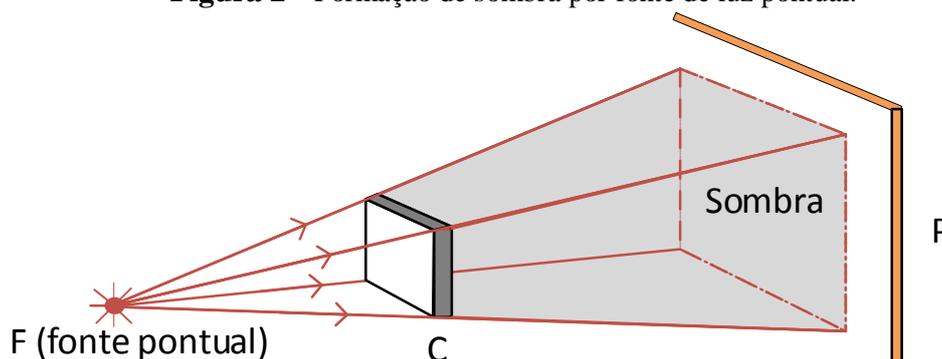
O que determinará a formação de sombra ou sombra e penumbra será a fonte de luz utilizada, que pode ser uma fonte pontual ou extensa; vamos distinguir os dois casos:

1º: Caso **fonte pontual** (fonte de luz com dimensões pequenas em relação ao que vai iluminar):

Na **figura 2**, temos uma fonte pontual F e uma chapa opaca C.

Uma fonte pontual F emite luz em todas as direções. A chapa opaca não permite que a luz se propague e dessa forma os raios luminosos não atingem a região atrás da chapa. Essa região não iluminada é denominada **sombra**.

Figura 2 - Formação de sombra por fonte de luz pontual.



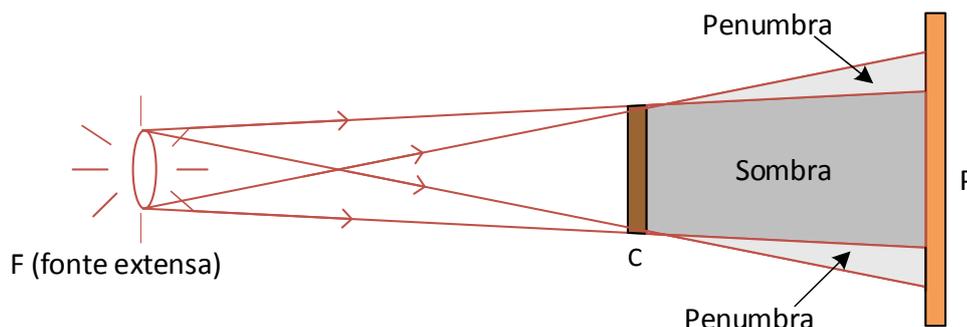
Observe que a fonte F é pequena quando comparada às dimensões da chapa, por isso dizemos que ela é uma fonte pontual ou puntiforme.

2º Caso **fonte extensa** (fonte de luz com dimensões consideráveis em relação ao que vai iluminar):

Agora considere na **figura 3** uma fonte de luz F extensa.

Com a fonte de luz extensa, pode-se observar na figura que existe uma região atrás do objeto opaco que recebe uma pequena intensidade de luz da fonte, não sendo totalmente escura, esta é denominada penumbra.

Figura 3 - Formação de sombra e penumbra por fonte de luz extensa



Logo, **penumbra** é uma região parcialmente iluminada e ocorre quando se tem uma fonte de luz extensa.

Objetivo:

- ✓ Apresentar uma atividade investigativa com o objetivo de observar o princípio da propagação retilínea da luz
- ✓ Entender como uma de suas consequências da propagação retilínea a formação de sombras e penumbras.

Atividade Experimental 1: Propagação retilínea da luz**Materiais utilizados:**

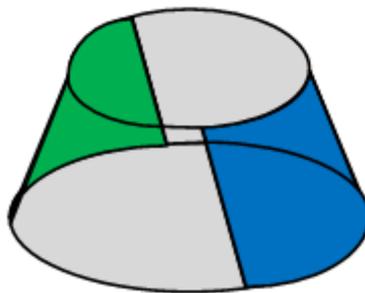
- 2 lâmpadas incandescente 40W
- 2 abajures com cúpula que permitam recorte
- Papel celofane nas cores verde, vermelho e azul
- Pedaco de papel cartão de aproximadamente 10cm x 14cm
- Suporte para o papel cartão
- Barbante
- Palito de churrasco
- Fita crepe
- Tesoura
- Extensão elétrica
- Lanternas tipo tática com fonte puntiforme de luz

Montagem do aparato utilizado no experimento:

Divida a cúpula do abajur em 4 partes. Recorte 2 partes opostas da cúpula, conforme a figura 4. Essa etapa será feita nos dois abajures.

Usando fita crepe, fixe o papel celofane azul em uma das partes recortadas de um dos abajures. Nesse mesmo abajur, fixe o celofane verde, no outro recorte. Está pronto o abajur 1.

Figura 4 - Montagem da cúpula do abajur.



No outro abajur (abajur 2), um dos recortes será preenchido com o celofane vermelho. A outra parte vazada deverá ficar aberta.

Figura 5 – Abajures montados



Para construir o suporte do cartão, corta-se a parte de cima de um frasco de garrafa PET. Fure a tampinha. Cole o papel cartão no palito de churrasco, utilizando a fita crepe. Fixe o palito de churrasco no furo da tampinha da garrafa. Em cada palito, prenda um pedaço de barbante de aproximadamente 2m.

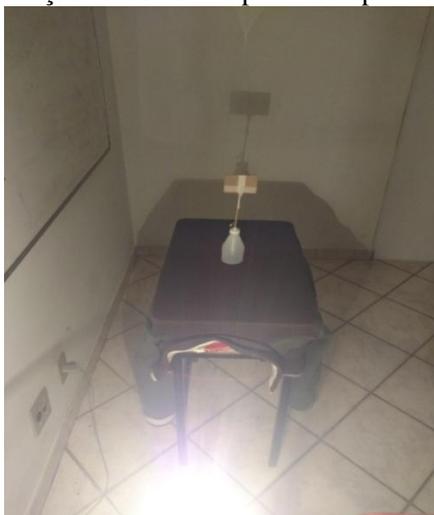
Figura 6 - Aparato experimental: dois abajures, cartão com suporte, barbante e palitos de churrasco.



Procedimento Experimental

Em uma mesa, coloque o abajur 1 afastado aproximadamente 1,60m de uma parede. Essa parede servirá de anteparo para todo o experimento. Distante 40 cm do abajur, coloca-se o papel cartão fixado no suporte. Apague toda a luz da sala. Acenda o abajur 1. Observe a formação da sombra projetada na parede. Questione aos alunos porque na parede temos uma região escura e outra clara.

Figura 7 - Formação de sombra a partir do aparato experimental.



Peça a alguns alunos que utilizando o barbante preso no palito de churrasco, faça uma representação da trajetória da luz.

Figura 8 - Montagem do aparato experimental, com barbante simulando a propagação retilínea dos raios luminosos.



Acenda o abajur 2. Observe que agora há uma região mais escura, a qual denominamos sombra e outra um pouco mais clara, que chamamos de penumbra. A intenção

de utilizar o papel celofane é deixar claro para os alunos que a formação da penumbra aconteceu devido a luz proveniente do abajur verde, que gerou uma região de sombra diferente da região de sombra criada pelo abajur vermelho, por exemplo.

Figura 9 - Formação de sombra e penumbra a partir dos dois abajures, simulando uma fonte de luz extensa.



A penumbra é uma região parcialmente iluminada, ou seja, é uma região de sombra para uma das lâmpadas e uma região iluminada para a outra lâmpada. Pergunte aos alunos o que pode explicar a formação da penumbra na parede.

Disponibilize algumas lanternas para os alunos responderem o questionário.

Após realizar a parte experimental da aula, entregue aos alunos o questionário.

1) Desenhe e explique como a sombra de uma moeda seria formada em nosso experimento. (O desenho deverá conter a lâmpada, a moeda e a sombra projetada na parede.)

2) É possível alterar o tamanho da sombra da moeda colocada à frente da lâmpada? Se sim, explique como o tamanho da sombra se altera.

3) É possível cobrir uma moeda de R\$1 na sombra de uma moeda de 5 centavos iluminada pela lâmpada? Explique como podemos conseguir esse resultado.

4) Existe alguma relação entre os tamanhos das sombras da moeda, e as distâncias entre as moedas e a lâmpada? Se sim explique como funciona a relação. (Se necessário faça um desenho).

5) Quando acendemos as duas lâmpadas, observamos a formação de regiões de sombras mais clara (penumbra), e mais escura (umbra), como você explica este fenômeno?

6) Em um dia ensolarado, você brinca em um quintal e, então, se abriga na sombra de uma grande árvore. Ao fazer isso, o que acontece com sua sombra? Explique.

A avaliação poderá ser feita durante toda a atividade, inclusive utilizando-se o questionário respondido pelos alunos.

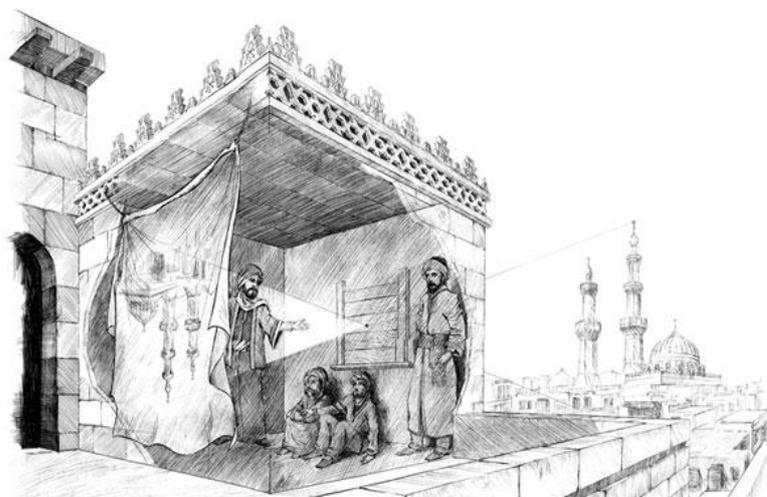
AULA 3: PROPAGAÇÃO RETILÍNEA - PARTE 2

Aporte para o professor

Para melhor compreender a propagação retilínea da luz trabalharemos a câmara escura que é um dispositivo óptico que consiste numa caixa com um orifício em uma das faces, por onde a luz externa entra e atinge um anteparo localizado na face diametralmente oposta, onde conseguimos observar a imagem formada.

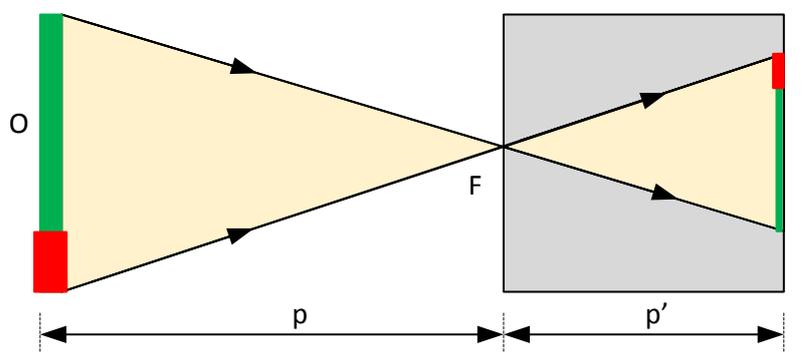
Colocando uma fonte de luz ou um corpo bem iluminado diante da face que tem o orifício, observa-se que os raios luminosos provenientes penetram na caixa pela abertura e atingem a face oposta onde está o papel, dando origem a uma imagem com forma semelhante a da fonte de luz utilizada, porém de orientação invertida. Quanto menor for o orifício da câmara, maior será a nitidez da imagem, entretanto menor luminosidade ela apresentará.

Figura 10 - Imagem de Azalhen, inventor da câmara escura.



As relações entre as dimensões do objeto o e da imagem i podem ser obtidas por meio da semelhança de triângulos, como mostra a figura:

Figura 11 - Relações trigonométricas presentes na câmara escura de orifício.



Pela semelhança entre os triângulos formados, temos:

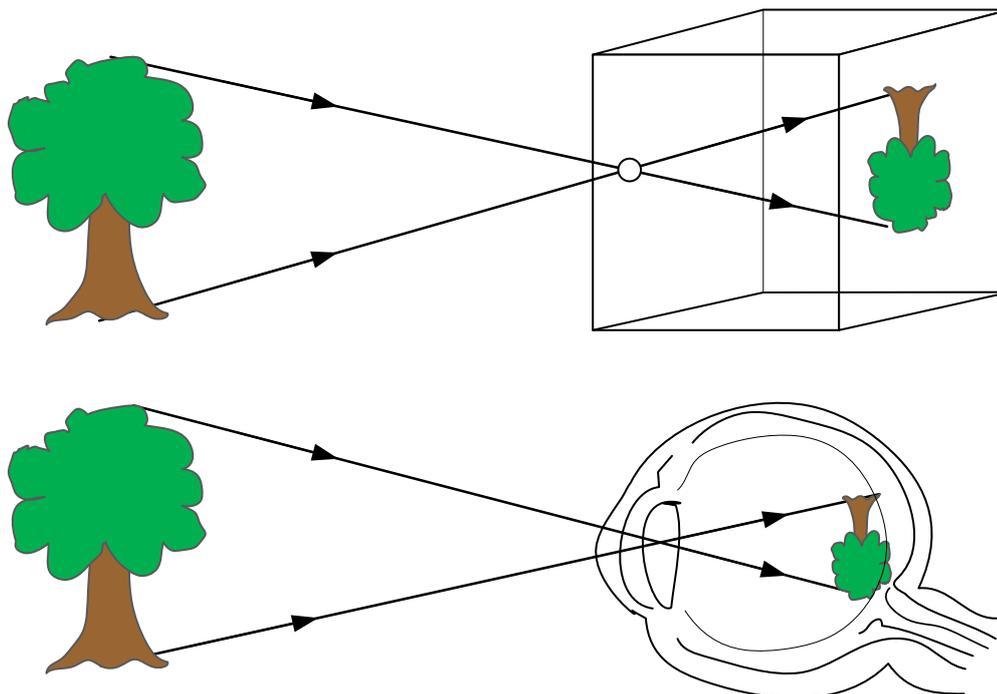
$$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p}$$

Sendo p a distância entre o objeto O e o furo F e p' a distância da imagem até o furo.

O olho humano funciona basicamente como a câmara escura. A pupila altera de tamanho de acordo com a iluminação do ambiente, esta pode ser comparada com o buraco da câmara escura, por onde a luz emitida pelo objeto luminoso entra.

No fundo do globo ocular encontra-se a retina. Na retina a imagem é formada invertida, nela encontram-se células que transformam a luz recebida em sinais elétricos que são enviados até nosso cérebro, que processa as informações recebidas reposicionando a imagem que se formou invertida na retina; assim podemos enxergar os objetos da maneira em que se apresentam.

Figura 12 - Analogia entre a câmara escura e o olho humano



Atividade experimental 2: Propagação Retilínea da Luz II

Nesta atividade o professor deverá confeccionar previamente 3 câmaras escuras para disponibilizar para os alunos e propor como atividade em sala de aula a reprodução individual de pequenas câmaras escuras.

Objetivos:

- ✓ Utilizar a câmara escura como aplicação do princípio da propagação de retilínea da luz
- ✓ Estimular os alunos a construir sua própria câmara escura baseada nos conhecimentos adquiridos durante a aula
- ✓ Compreender como ocorre a projeção de uma imagem e o processo de visão.

Montagem da câmara escura disponibilizada aos alunos

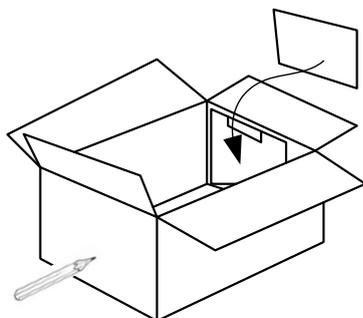
Materiais utilizados

- 3 caixas de papelão de aproximadamente 100cm x 60cm x 60cm
- Papel alumínio suficiente para cobrir as frestas das caixas
- Cartolina branca
- Pano escuro
- Tesoura
- Pregos
- Cola
- Fita adesiva

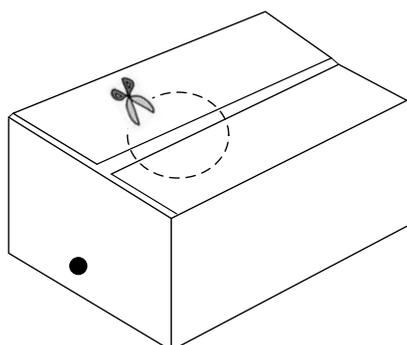
Montagem

Construa três câmaras escuras da seguinte forma:

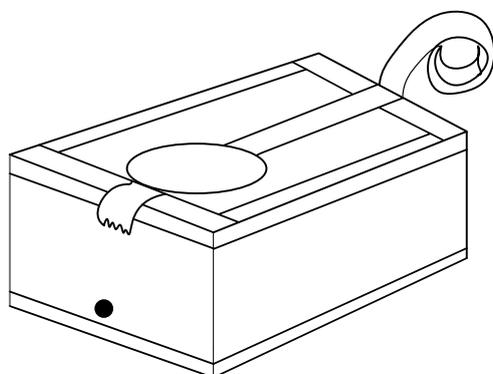
Faça um furo bem pequeno com um lápis em um dos lados da caixa. Cole por dentro da caixa, do lado oposto ao furo, a cartolina branca.



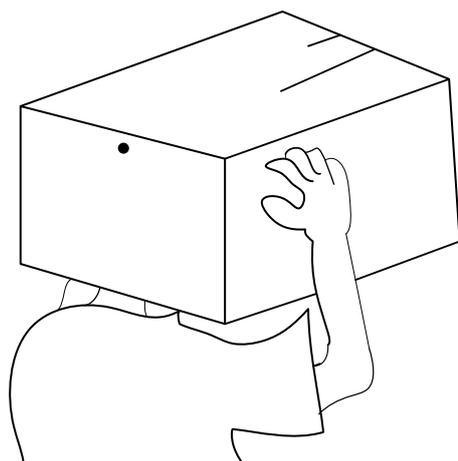
Faça um furo na parte inferior da caixa por onde irá passar a cabeça.



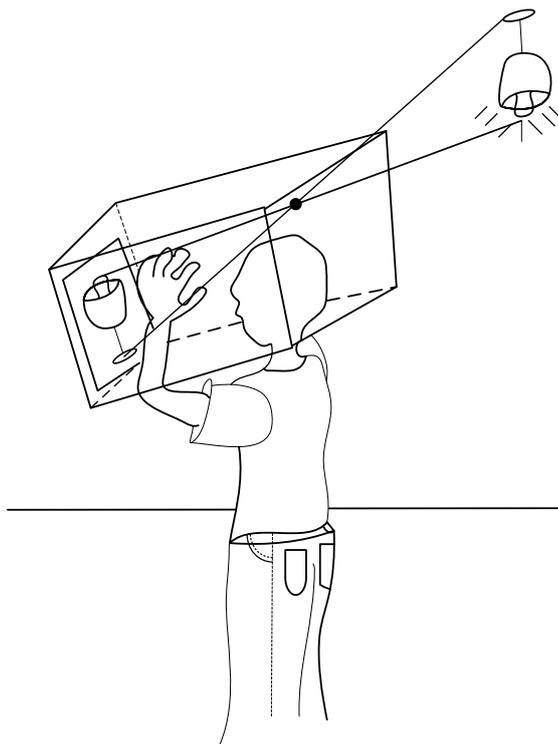
Feche a caixa e vede com fita adesiva todas as aberturas, com exceção dos furos para colocar a cabeça e do feito pelo lápis. Encape a caixa com papel alumínio e cole o pano escuro ao redor do furo por onde passa a cabeça.



Coloque a caixa na cabeça com o furo para trás.



Teste sua câmara escura, mirando de preferência objetos luminosos ou bem iluminados. Se necessário, afaste-se ou aproxime-se do objeto para obter o foco.



Procedimento experimental em sala

Esta atividade deverá ser feita na parte externa da escola, preferencialmente em um dia com sol, para facilitar as observações propostas na atividade.

Os alunos deverão interagir com as câmaras, mirando objetos bem iluminados ou luminosos. Deixe-os brincar livremente e incentive a busca por explicações para a formação da imagem no interior da caixa.

Distribua os seguintes materiais para os alunos:

- Latinhas de refrigerante ou latas do tipo de leite em pó (1 latinha para cada)
- Papel vegetal (1 folha para cada aluno)
- Papel craft preto (1 folha para cada aluno)
- Cola branca
- Fita adesiva
- Prego pequeno
- Martelo

Peça para que cada aluno construa sua própria câmara escura, baseados na observação do funcionamento da câmara apresentada a eles.

Se necessário disponibilize o roteiro abaixo.

Montagem da câmara escura dos alunos

Passo 1. Na parte inferior da lata de leite em pó, faça um pequeno furo bem no meio com o prego. O furo tem que ser pequeno e estar perfeitamente circular.



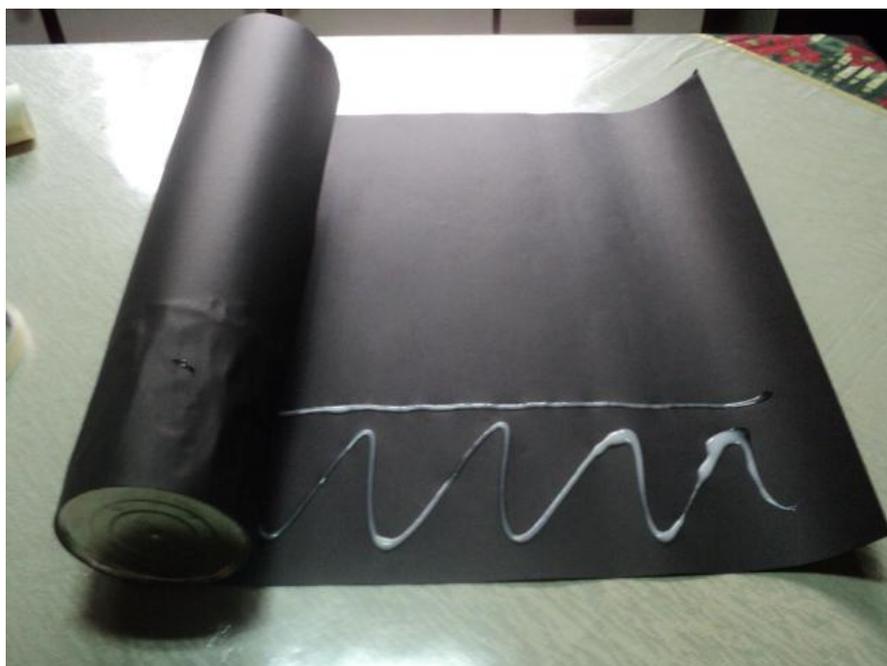
Passo 2. No lugar da tampa da lata, cubra com papel vegetal e cole-o. Cuide para que fique bem esticado e liso, pois será nele que a imagem se formará.



Passo 3. Estenda a cartolina e posicione a parte com furo da lata na borda, a parte coberta pelo papel vegetal deve ficar voltada ao meio da cartolina.

Cole a lata nessa posição e vá formando um cilindro mais comprido que a lata com a cartolina.

Ambas precisam estar bem ajustadas, lembre-se que só o furo da lata pode receber luz, se houver abertura entre a lata e a cartolina a experiência pode não dar certo.



Passo 4. Apontar o orifício feito com o prego para um objeto bem iluminado ou luminoso e observar a imagem projetada no papel vegetal.

Retornando a sala de aula

Discuta com os alunos o funcionamento da câmara escura, fica a critério do professor explorar ou não os aspectos matemáticos mencionados no texto de introdução da aula.

Aproveite o momento para relacionar a câmara escura com o olho humano.

Após peça aos alunos que responda o questionário:

- 1) Olhando para as pessoas e objetos à sua volta usando a câmara escura. Quais as características das imagens observadas?
- 2) Você tem alguma sugestão para melhorar as imagens observadas?

3) Aponte para uma árvore com a câmara escura e faça um desenho mostrando como se formou a imagem dela. Represente o caminho da luz desde a árvore até o papel vegetal.

AULA 4: 3ª ATIVIDADE EXPERIMENTAL: REFLEXÃO DA LUZ E CORES

Aporte para o professor

Os antigos filósofos gregos explicavam a visão de uma forma muito diferente do entendimento que temos hoje. Para eles, os olhos projetavam raios que colidiam com os objetos luminosos, sendo então visualizados. Mas uma questão permaneceu sem explicação: “Porque não enxergamos no escuro”?

Posteriormente, Aristóteles surgiu com outra teoria para explicar a visão. A cada colisão que a luz sofria com os objetos, uma camada bem fina de átomos era retirada do objeto: esses átomos chegam até nossos olhos e por fim, conseguíamos enxergá-los. Algumas questões não foram explicadas por essa teoria, como por exemplo, o não desgaste dos objetos após serem vistos.

Hoje, sabemos que para enxergarmos nossos olhos recebem a luz emitida pelos objetos – corpo luminoso. Os corpos que não possuem luz própria – corpos iluminados – são vistos somente se refletirem a luz proveniente de uma fonte de luz. Assim, por reflexão, a luz chega até nossos olhos.

Os corpos luminosos são conhecidos como fontes primárias de luz e como vimos em aulas anteriores, podem ser classificados, como fontes extensas ou pontuais. Podemos também classificar as fontes de luz como: luz monocromática ou policromática.

Luz monocromática: possui somente uma cor, temos como exemplo, a luz verde, vermelha e azul, emitidas pelos LED RGB.

Luz policromática: resulta da superposição de luzes de cores diferentes. A luz emitida pelo Sol é uma luz branca, que é uma composição de todas as cores de luz do arco-íris. A luz policromática ao incidir sobre a vista de um observador, determina a sensação de uma cor resultante que não coincide, em geral, com nenhuma das cores componentes.

Por outro lado, os objetos visíveis não ‘têm’ cor, propriamente dita; eles têm propriedades químicas e físicas que fazem com que absorvam certas cores de luz e reflitam outras, os quais chegam a nossos olhos.

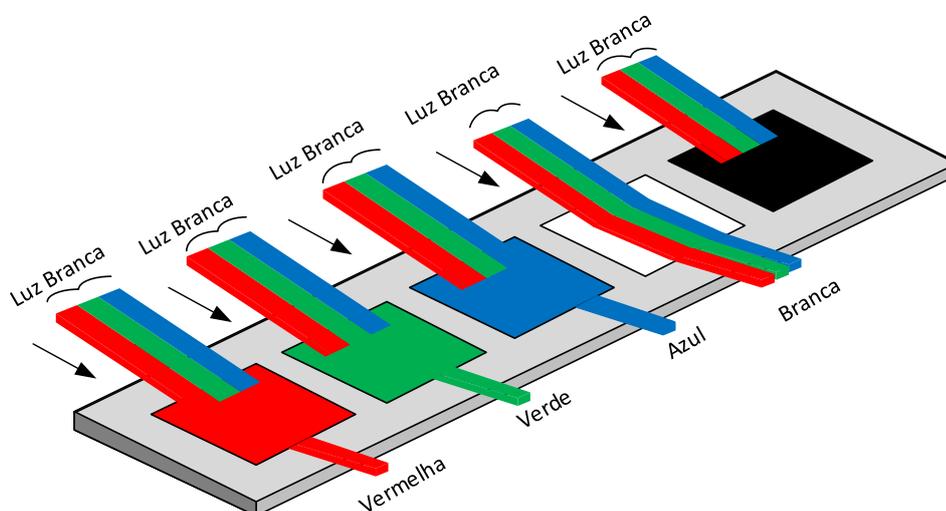
Quando a luz branca incide em um objeto e o enxergamos verde, por exemplo, podemos concluir que a cor verde foi refletida pelo objeto e chegou até nossos olhos e as demais cores que compõe a luz branca, foram absorvidas pelo objeto, por isso não as enxergamos, o mesmo ocorre com as demais cores.

Resumidamente, um objeto que possui somente pigmentos;

- ‘**Vermelho**’ absorve a luz azul e a verde da luz branca e reflete a vermelha;
- ‘**Verde**’ absorve a luz vermelha e a azul e reflete a verde;
- ‘**Azul**’ absorve a luz vermelha e a verde e reflete a azul;
- ‘**Branco**’ reflete todas as cores;
- ‘**Preto**’ absorve todas as cores.

As demais cores (secundárias), são enxergadas por reflexão em proporções diferentes das luzes azul, verde e vermelha.

Figura 13 - Absorção e reflexão da luz por diferentes pigmentos



Os objetos brancos refletem todas as cores de luz, isto faz com que eles ao serem iluminados por luzes de cores diferentes sempre se apresentem da cor da luz incidente.

Por meio de um simples experimento Isaac Newton percebeu a dispersão da luz branca, ou seja, conseguiu visualizar que se a mesma incidisse sobre um prisma de vidro, totalmente polido, dava origem a inúmeras outras cores. Foi a partir daí que esse cientista começou seus estudos sobre as cores dos corpos. Muitos anos antes de Newton, já se tinha a ideia de que a luz branca dava origem a um feixe colorido quando atravessava um prisma de vidro. No entanto, nessa época tinha-se a ideia de que o aparecimento das cores a partir da luz branca acontecia em razão das impurezas que a mesma recebia quando incidia sobre o prisma de vidro.

Isaac Newton curioso em descobrir por que tal acontecimento ocorria, pegou um prisma totalmente polido e o colocou frente a um orifício que ele mesmo fizera na janela do seu quarto. Com esse feito, ele percebeu que a luz branca, proveniente do Sol, se dispersava

em feixes coloridos e a esse conjunto de cores chamou **spectrum**. Newton não era a favor da ideia de que esse colorido surgia devido a impurezas existentes no prisma. Assim sendo, realizou novo experimento onde deixava apenas uma cor passar através de um segundo prisma. Com isso, verificou que o mesmo não adicionava nada ao feixe de luz que incidia sobre ele. Dessa forma, o físico lançou a hipótese de que a luz não era pura, mas sim formada pela mistura ou superposição de todas as cores do espectro, e concluiu ainda que a luz se decompõe por causa da refração que sofre ao passar de um meio para outro com índices de refração diferentes.

Além de fazer o estudo sobre a dispersão da luz, Newton teorizou sobre as cores dos corpos. Segundo ele “**as cores de todos os corpos são devidas simplesmente ao fato de que eles refletem a luz de uma certa cor em maior quantidade do que as outras**”. Essa teoria teve grande oposição no meio científico, fato esse que levou Isaac Newton a publicar seus trabalhos sobre a óptica somente muitos anos mais tarde.

Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/newton-as-cores.htm>> Acesso em: 08 maio 2016.

Objetivos:

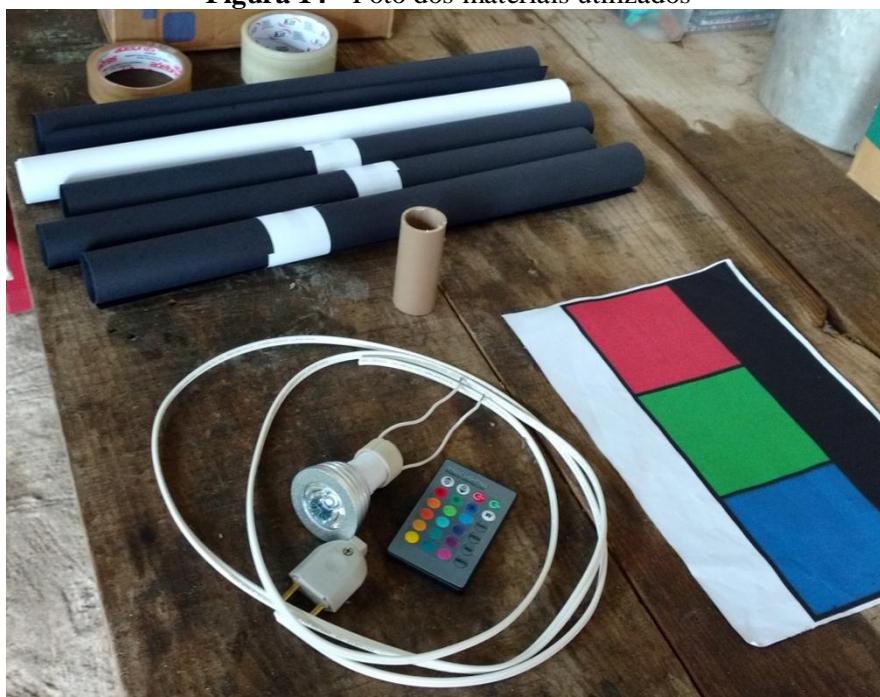
- ✓ Estudar a luz branca e sua dispersão;
- ✓ Entender como enxergamos os objetos;
- ✓ Compreender a reflexão como propriedade da luz que possibilita enxergarmos as cores.

Materiais utilizados

- 8 caixas de papelão de aproximadamente 20cm x 20cm x 30cm
- Papel craft preto ou tinta spray preta
- 4 lâmpadas LED 16 cores RGB com controle de função
- 8m de fio 1mm paralelo
- 4 tomadas macho
- 4 receptáculos para lâmpada LED
- Objetos de cores variadas
- 4 espelhos planos
- 4 espelhos esféricos côncavos

- 4 espelhos esféricos convexos

Figura 14 - Foto dos materiais utilizados



Montagem do aparato utilizado no experimento

Encape ou pinte o interior das caixas utilizando o papel craft preto ou a tinta spray.



Fixe o receptáculo e faça a ligação elétrica e 4 caixas conforme a foto a abaixo.

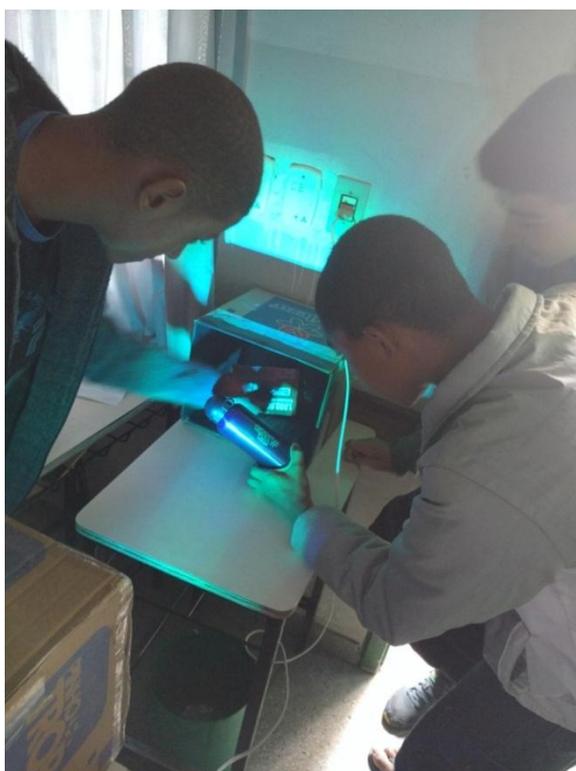


Procedimento Experimental

Divida a sala em 4 grupos. Cada grupo receberá 2 caixas, sendo uma contendo a lâmpada instalada.

Coloque uma caixa de frente para outra afastadas de aproximadamente 50cm.

Figura 15 - Alunos manipulando o aparato experimental



Escolha um objeto de cor azul escuro. Pergunte aos alunos qual a cor desse objeto. Aguarde as respostas.

Deixe a sala o mais escura possível. Coloque o objeto azul junto com uma folha branca, dentro da caixa escura. Solicite que acendam a lâmpada da caixa que está na frente. Varie a cor da luz que ilumina o objeto azul e a folha branca.

Dedique um tempo da aula para que os alunos possam interagir com o experimento, variando os objetos dentro da caixa e utilizando cores diversas.

Acenda a luz da sala novamente. Peça aos alunos que levantem hipóteses que possam explicar a situação.

As prováveis explicações devem ser anotadas no quadro.

Após o levantamento junto com os alunos julgue as hipóteses e se necessário utilize o experimento para validar ou invalidar as hipóteses levantadas.

É muito importante que o aluno compreenda que a luz branca e a composição de várias cores de luz e ainda a interação da luz em diferentes pigmentos, percebendo que as cores não são propriedades exclusivas dos objetos, em geral, mas que dependem da luz que o ilumina.

Explique aos alunos que enxergamos a cor do objeto dependendo da luz que o ilumina. Quando o objeto de cor azul é iluminado com luz branca, todas as cores são absorvidas pelo material que compõe o objeto, somente a cor azul é refletida e por isso, enxergamos o objeto como azul. Quando colocamos o objeto na caixa e acendemos a luz verde, por exemplo, verificamos que o mesmo se apresenta preto, pois aquele objeto absorveu a luz verde e não houve reflexão alguma.

Lembre-se que enxergamos objetos que não possuem luz própria por reflexão. Também não enxergamos o objeto colorido quando o mesmo foi iluminado por luz amarela. Já quando o objeto for iluminado pela luz azul, toda luz será refletida e conseguiremos enxergá-lo.

Pergunta motivadora:

“Vimos que enxergamos os objetos por reflexão. Vocês conhecem outra situação, no dia a dia, em que a reflexão da luz pode ser evidenciada?”

A partir de resposta dos alunos, o professor deve, após entregar os espelhos planos, côncavos e convexos, construir uma relação entre a reflexão da luz e os espelhos.

Peça aos alunos que cite quais diferenças podem ser notadas entre os espelhos (imagem formada, campo visual e formato do espelho).

AULA 5: 4ª ATIVIDADE EXPERIMENTAL: LENTES E REFRAÇÃO

Aporte para o professor

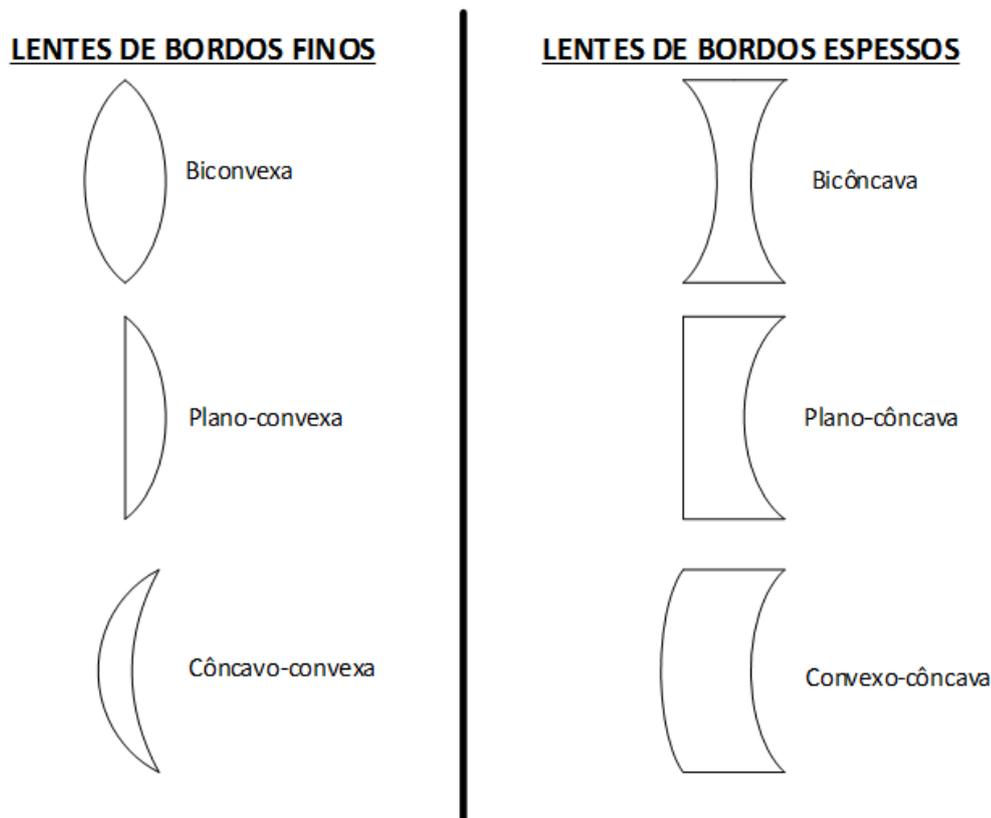
Nas plantações de verduras, em momentos de grande insolação, não é conveniente molhar as folhas, pois elas podem “queimar” a não ser que se faça uma irrigação contínua. Observando as figuras, conclui-se que a “queima” das verduras ocorre, porque as gotas depositadas sobre as folhas planas assumem formatos de objetos ópticos conhecidos como lentes.

Figura 16 - Gotas de água funcionando como lentes convergentes que concentram os raios solares, ocasionando a queima de alguns pontos na folha.



As lentes são muito utilizadas no nosso dia a dia, como nos óculos, nas lupas, nas câmeras fotográficas, nas filmadoras e em telescópios.

Podemos classificar as lentes de acordo com sua forma em lentes de bordos finas e bordos grossas.

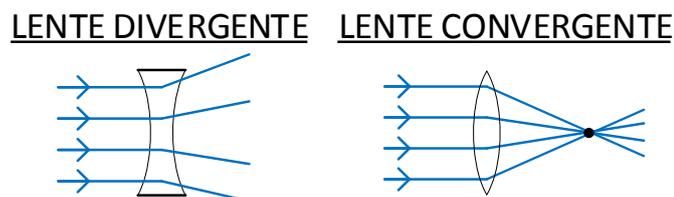
Figura 17 - Classificação das lentes quanto à forma

As lentes podem ser classificadas também de acordo com seu comportamento óptico em lentes convergentes e lentes divergentes.

Lentes convergentes: a luz que incide paralelamente entre si é refratada, tomando direções que convergem a um único ponto. O caso mais comum é o que a lente tem índice de refração maior que o índice de refração do meio externo. No ar, a lente de bordas finas se comporta como lente convergente. No exemplo que citamos no início do texto, temos a gota de água se comportando como uma lente convergente. Os raios solares, ao atravessar a gota de água, mudam de direção, melhor dizendo, concentrando num único ponto, “queimando” a verdura naquela local. Esse ponto é chamado de foco da lente, essa lente é utilizada para correção da hipermetropia – pessoas com dificuldades para enxergar com nitidez objetos próximos.

Lentes divergentes: a luz que incide paralelamente entre si é refratada, tomando direções que divergem a partir de um único ponto. Esta lente é utilizada na correção visual de pessoas que não conseguem ver objetos com nitidez a longas distâncias – miopia.

Figura 18 - Classificação das lentes quanto ao comportamento óptico.



O olho possui uma lente natural, o cristalino, que tem a capacidade de alterar sua forma – acomodação visual, fazendo convergir os raios de luz, provenientes dos corpos que enxergamos, para que a imagem se forme sempre na retina.

As **lentes** são dispositivos ópticos que funcionam por refração da luz. **Mas o que é refração?**

Chamamos de refração da luz o fenômeno em que ela é transmitida de um meio para outro diferente.

Nesta mudança de meios, na maioria dos casos, a sua velocidade é alterada. Com a alteração da velocidade de propagação ocorre um desvio da direção original da luz.

Figura 19 - Refração da luz, ocorrendo em um copo com água, onde é colocado um lápis, dando a impressão de sua quebra.



A refração não implica necessariamente em desvio da luz; dizer que a luz sofreu refração é o mesmo que dizer que ela teve seu meio de propagação alterado. No entanto julgamos que essa discussão seria muito complicada para os alunos.

Objetivos:

- ✓ Estudar qualitativamente o uso de lentes
- ✓ Entender o comportamento geométrico da luz ao passar de um meio

transparente para outro.

Materiais utilizados

- Lupas de 90 mm (Uma a cada 2 alunos)
- Aquário
- Laser
- Folha A4
- Palitos de fósforo
- Água
- Açúcar cristal (1Xicara para cada 2 litros de água colocada no aquário)
- 2 Lentes de óculos para miopia de pelo menos 4°
- 2 Lentes de óculos para hipermetropia de pelo menos 4°

Procedimento Experimental

Esta é uma atividade que deverá ser feita fora de sala de aula em um dia ensolarado.

Divida a sala em duplas, cada dupla receberá uma lupa, uma folha de papel e alguns palitos de fósforo.

Desafio: alguma dupla é capaz de queimar completamente a folha de papel, utilizando somente o material fornecido?

Caso os alunos não consigam realizar o desafio o professor deve auxiliar na execução da atividade.

A medida que as duplas realizarem a queima do papel, disponibilize para os alunos as lentes de óculos e peça para tentarem repetir o desafio.

Retorne com os alunos para a sala de aula.

Pergunte aos alunos com é possível realizar a queima do papel utilizando uma lente, anote as hipóteses no quadro.

Em seguida questione aos alunos porque uma das lentes disponibilizadas não conseguiu queimar a folha, anote as respostas no quadro.

Após o levantamento das hipóteses, julgue-as e construa com os alunos o conceito de refração.

Em seguida apresente formalmente os instrumentos ópticos utilizados, aproveite para chamar a atenção do comportamento óptico de cada lente.

Encha o aquário de água e misture o açúcar. Acenda o laser e direcione o feixe de luz em direção a água, variando a ângulo de incidência (se necessário utilize o aquário para confirmar ou invalidar as explicações dos alunos para o fenômeno).

AULA 6: 5ª ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Aporte para o professor

Ouçã e “veja” seu controle remoto

Você sabe como funciona uma conexão Wi-Fi? As redes Wi-Fi utilizam ondas de rádio comuns para transmitir as informações da sua conexão de Internet, da mesma forma como acontece nos telefones celulares, televisões e no rádio, por exemplo.

Aliás, a comunicação nesse tipo de rede se parece muito com as usadas nas transmissões de rádio: uma estação fica responsável por converter e transmitir o áudio (os dados) em sinal elétrico, e, posteriormente, uma estação receptora traduz essas informações. A única diferença é que, agora, ambos os equipamentos transmitem e recebem.

Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2011/07/como-funciona-uma-conexao-wi-fi.html>>.

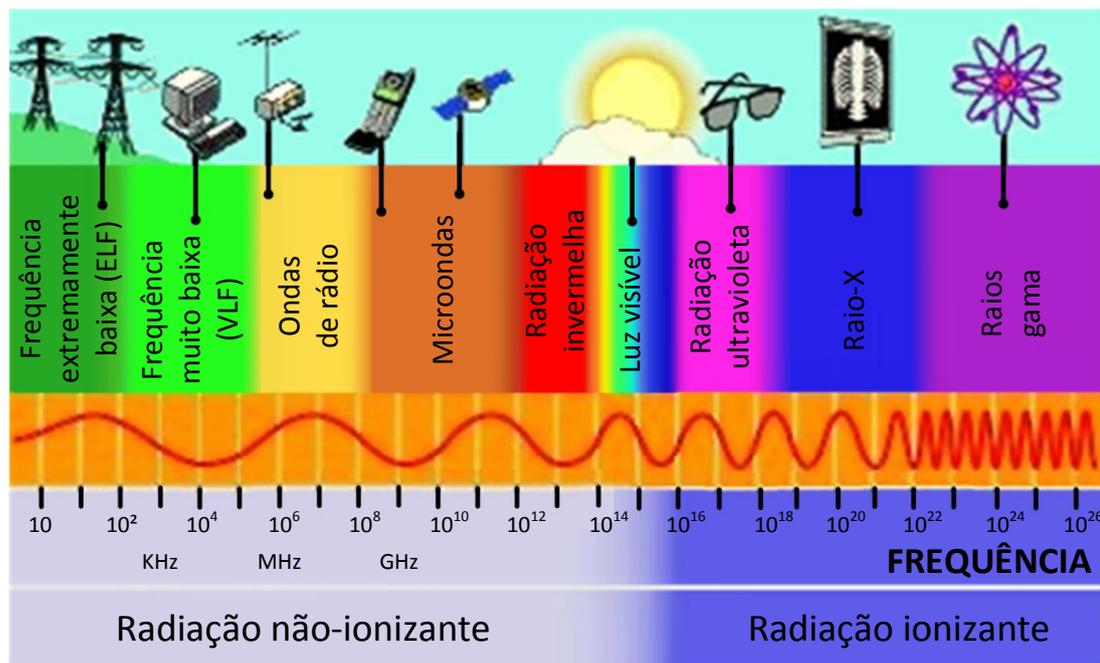
Acesso em: 10 jul 2016.

O que as tecnologias apontadas no texto acima têm em comum com a luz?

As ondas de rádio e WI-FI são ondas eletromagnéticas e são assim chamadas porque são produzidas por cargas elétricas em vibração, que geram um campo elétrico e um campo magnético que se propagam perpendicularmente entre si no espaço. Esse tipo de onda difere de uma onda produzida no mar ou numa corda, por exemplo, estas ondas só se propagam caso tenham um meio material para que ocorra sua propagação. Já as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar, já que a variação do campo magnético gera o campo elétrico e vice e versa.

Cada onda eletromagnética tem vibração diferente, ou seja, possuem frequência diferente. A frequência de vibração de uma onda pode ser conceituada como o número de oscilação das cargas elétricas geradora por unidade de tempo. Quanto maior o número de oscilação, maior a frequência e mais energia a radiação eletromagnética possui. Além das ondas de rádio, são conhecidos outros tipos de ondas que estão organizadas de acordo com sua frequência de vibração no espectro eletromagnético.

Figura 20 - Espectro eletromagnético



Perceba na figura acima que as ondas de rádio possuem frequência entre 10^6 Hz e 10^8 Hz ⁽¹⁾. Podemos notar também que a luz visível, corresponde a uma pequena parte do espectro eletromagnético, além de ser uma separação entre a radiação não ionizante – não causadora de danos imediatos ao ser humano - da radiação ionizante.

Vamos agora conhecer com um pouco mais sobre algumas ondas eletromagnéticas:

Ondas de Rádio

São ondas que são produzidas por vibração de elétrons. Têm uma frequência compreendida em até cerca de 10^8 Hz (hertz). As ondas eletromagnéticas usadas pelas antenas de TV têm as mesmas características das ondas de rádio. Todavia, elas apresentam frequências mais elevadas do que aquelas normalmente usadas nas estações de rádio.

Micro-ondas

Considerando frequências mais elevadas do que as ondas de rádio, encontramos ondas eletromagnéticas denominadas *micro-ondas*. Estas ondas têm frequências compreendidas, aproximadamente, entre 10^8 hertz e 10^{12} hertz. As micro-ondas são amplamente usadas em telecomunicações, transportando sinais de TV ou transmissões telefônicas (por "via satélite").

Radiação Infravermelha

A região seguinte do espectro eletromagnético é constituída pelas *radiações infravermelhas*, que são ondas eletromagnéticas com frequências desde cerca de 10^{11} hertz até 10^{14} hertz. A radiação infravermelha é emitida em grande quantidade pelos átomos de um corpo aquecido, os quais encontram-se em constante vibração.

Radiação Visível

As ondas eletromagnéticas cujas frequências estão compreendidas entre $4,6 \times 10^{14}$ hertz e $6,7 \times 10^{14}$ hertz constituem uma região do espectro eletromagnético de importância excepcional para nós. Estas radiações são capazes de estimular a visão humana, isto é, elas são as *radiações luminosas* (luz). As menores frequências das radiações visíveis dão-nos a sensação de vermelho. Aumentando a frequência das radiações teremos, sucessivamente, as radiações correspondentes às cores laranja, amarelo, verde, azul, anil e, no final da região visível, a radiação violeta. Pode-se perceber, então, que a denominação "infravermelho" foi usada porque as frequências desta radiação estão situadas em uma faixa logo abaixo da frequência correspondente à cor vermelha.

Radiação Ultravioleta

As ondas eletromagnéticas com frequências contidas entre cerca de 10^{16} e 10^{18} hertz são denominadas *radiações ultravioletas*. Esta denominação indica que essas ondas têm uma frequência superior a radiação violeta. Os raios ultravioletas são emitidos por átomos excitados como, por exemplo, em lâmpadas de vapor de mercúrio (Hg) - acompanhado de emissão de luz. Estas radiações não são visíveis, podendo mesmo danificar o tecido do olho humano. Elas podem ser detectadas por outros processos, como por exemplo, ao impressionarem certos tipos de chapas fotográficas. O Sol irradia raios ultravioletas para a Terra, porém, grande quantidade é absorvida pela camada de ozônio (O_3) presente na atmosfera terrestre. Uma grande exposição da pele humana a radiações ultravioleta pode dar origem a ulcerações cancerosas.

Raios X

São ondas eletromagnéticas com frequência contida entre 10^{18} hertz e 10^{20} hertz. Os raios X foram descobertos em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), que recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1901, por essa descoberta. A denominação "raios X" foi usada por Röntgen porque ele desconhecia a natureza das radiações que acabara de descobrir (raios X = raios desconhecidos) Estes raios podem ser produzidos em tubos apropriados (ampolas de raios X). Röntgen verificou que os raios X têm a capacidade de atravessarem, com certa facilidade, materiais de baixa densidade (como tecidos animais). Em virtude desta propriedade, logo após a descoberta dos raios X passaram a ser amplamente usados para obter radiografias. O próprio Röntgen foi o primeiro a fazer uso dessas radiações com esta finalidade, conseguindo obter a radiografia dos ossos da mão de uma pessoa. Modernamente, os raios X encontram um campo de aplicação muito amplo além de seu emprego nas radiografias. Assim são usados no tratamento do câncer, na pesquisa de estrutura cristalina dos sólidos, na indústria e em quase todos os campos da ciência e da tecnologia.

Raios gama

As ondas eletromagnéticas com frequência mais elevada do espectro eletromagnético são denominadas *raios gama*. Têm uma frequência compreendida entre 10^{20} hertz e 10^{22} hertz. Esta radiação é emitida na desintegração de certos núcleos de alguns elementos químicos. Tais elementos químicos são denominados *elementos radioativos*. Os raios gama, assim como os raios X, podem causar danos irreparáveis às células animais.

(1) Hz é abreviatura de Hertz, unidade de frequência no Sistema Internacional de Unidades. $1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$

Objetivos:

- ✓ Apresentar para os alunos o espectro eletromagnético e mostrar que a luz visível faz parte de uma pequena faixa deste.

Material Utilizado por experimento:

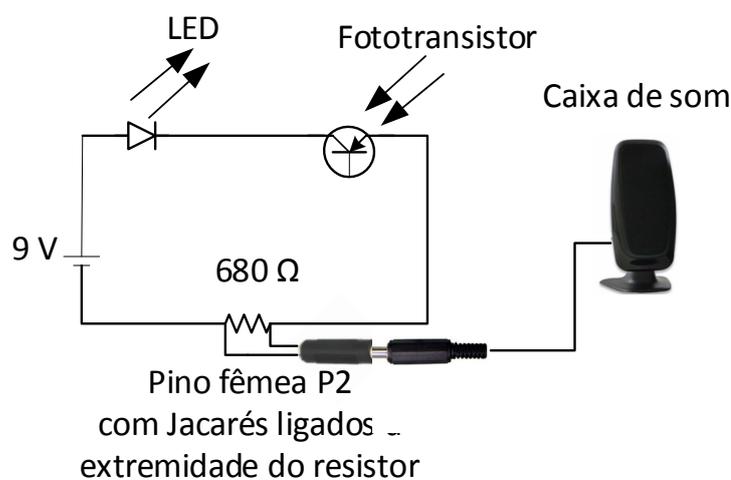
- 1 bateria 9V
- 1 LED Receptor De Infravermelho
- 1 LED de qualquer cor

- 1 pino fêmea P2 com jacarés nos terminais
- 1 resistor de $680\ \Omega$ e $1/8W$
- 1 conector para bateria de 9V
- Fita isolante
- Um controle remoto
- Caixinha de som para computador
- Carregador de celular com conexão USB
- 1 celular com câmara
- Fios para conexão

Montagem

O circuito deve ser montado previamente pelo professor conforme o esquema:

Figura 21 - Esquema de montagem do aparato experimental



Na montagem todos os elementos do circuito devem ser associados em série e os terminais do pino P2 devem ser conectados em paralelo com o resistor para conseguirmos o sinal para a caixa de som.

Procedimento Experimental

Divida a sala em 5 grupos e entregue um experimento previamente montado pelo professor para cada grupo e os deixem interagir.

Os alunos devem apontar o LED do controle remoto para o LED receptor de infravermelho do circuito, e observar o som emitido pela caixa de som enquanto as teclas do controle são acionadas.

Peça aos alunos que liguem a câmera do celular e apontem o LED do controle remoto pressionando uma das teclas do controle e relatem o que ocorre.

Pergunte aos alunos a explicação para tais fenômenos.

Correlacione a luz com o infravermelho. (Há explicação para a correlação no texto de aporte).

Apresente para a turma o espectro eletromagnético e explore as diferentes radiações existentes.

AULA 7: 6ª ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CIRCUITO SIMULANDO O ACENDEDOR DE POSTE

Aporte para o professor

As explicações científicas que trabalhamos usando as simulações são modelos que procuram compreender os fenômenos que em geral nos rodeiam. Os modelos têm limites de aplicação e se sofisticam à medida que o estudo sobre o assunto é aprofundado. No entanto com intenções didáticas, muitas vezes simplificamos os complexos modelos científicos, pensando num primeiro contato do aluno com a explicação científica de determinado fenômeno.

O Efeito Fotoelétrico no dia-a-dia

Quando está anoitecendo, os postes de iluminação pública se acendem sozinhos, como isto acontece? O segredo está em um dispositivo chamado LDR (Light Dependent Resistor), que quando exposto a luz, aumenta o número de elétrons livres, assim sua resistência elétrica diminui, permitindo a existência de corrente que atravessa um dispositivo conhecido como relé e apaga a lâmpada; quando o ambiente escurece, o dispositivo recebe menos luz e por isso, conta com menos elétrons livres, aumentando assim sua resistência e por consequência a dificuldade de passagem de corrente elétrica.

O sensor LDR é um tipo de célula fotocondutiva feita de materiais como o sulfeto de cádmio, que possui resistência elétrica grande em ambientes escuros e uma resistência elétrica pequenininha quando o ambiente está claro.

Figura 22 - Sensor LDR

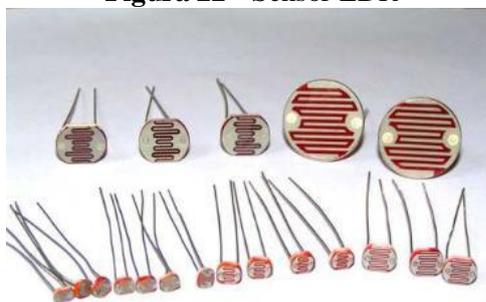
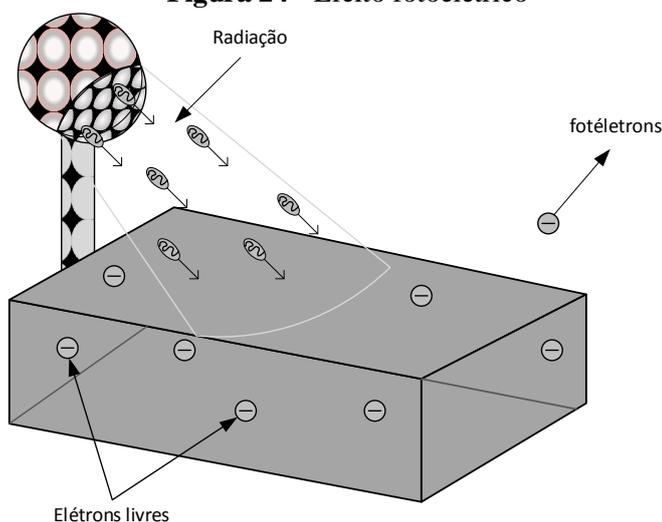


Figura 23 - Sensor utilizado em postes

Pois bem, em cima dos postes de iluminação encontramos esses sensores. O LDR tem seu funcionamento baseado em um fenômeno muito importante explicado por Albert Einstein: o efeito fotoelétrico. Vamos conversar um pouco sobre o ele. O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons livres (os elétrons mais fracamente presos), que ocorre quando materiais condutores e semicondutores são atingidos por radiação eletromagnética – luz!!!! Já vimos que encontramos no espectro eletromagnético vários tipos de radiação. Será que conseguimos observar o Efeito Fotoelétrico utilizando qualquer onda eletromagnética? A resposta é não. Para que o fenômeno ocorra a radiação devem possuir uma determinada frequência. Se escolhermos um tipo de radiação com pequena frequência (baixa energia) não conseguiremos observar o efeito, nem mesmo se aumentarmos a incidência da luz.

Figura 24 - Efeito fotoelétrico

Nos postes não temos a emissão de elétrons, mas observamos um aumento de elétrons livres existentes no sensor LDR, fenômenos semelhantes ocorrem em câmeras digitais e sensores de movimento (utilizando radiação infra vermelha).

Objetivos:

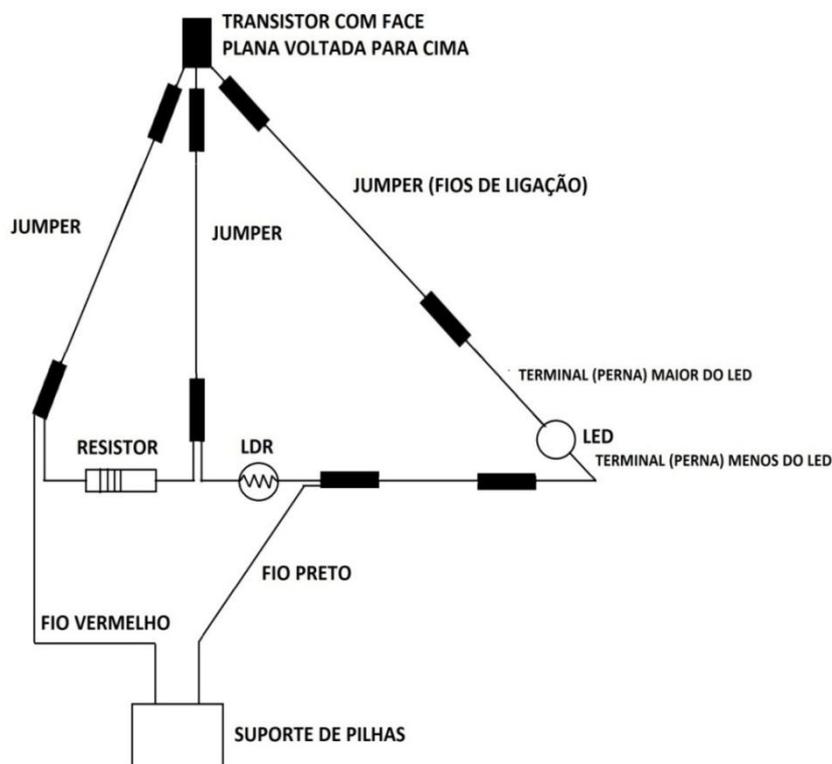
- ✓ Construir um circuito simples, de baixo custo, que possibilite simular o acendedor presente nos postes de iluminação pública.
- ✓ Mostrar aos alunos que a luz tem a capacidade de alterar características da matéria quando nela incide.
- ✓ Relacionar o efeito fotoelétrico com os sensores de luz presente em nosso dia a dia.

Material Utilizado por experimento:

- 1 transistor BC 337-25
- 1 resistor de $1k\Omega$ 1/4 W
- 1 sensor LDR 5mm
- 1 LED de qualquer cor
- 1 suporte para pilhas AA (modelo com 2 pilhas)
- 2 pilhas AA
- 4 cabos jumper 20cm fêmea x fêmea

Procedimento Experimental**TUTORIAL DE MONTAGEM CIRCUITO**

Figura 25 - Tutorial de montagem do circuito que simula um acendedor de poste de iluminação pública



MONTAGEM

- 1º Passo: posicione o transistor com a face plana voltada para cima;
- 2º Passo: conecte jumpers aos três terminais do transistor;
- 3º Passo: conecte ao jumper da esquerda o fio positivo (vermelho) do suporte de pilhas e um dos terminais do resistor de $1k\Omega$;
- 4º Passo: conecte ao jumper do meio o outro terminal do resistor e um dos terminais do LDR;
- 5º Passo: conecte ao jumper da direita o terminal positivo (perna maior) do LED;
- 6º Passo: conecte um jumper ao outro terminal do LED;
- 7º Passo: neste mesmo jumper ligado ao LED conecte, na outra extremidade, o outro terminal do LDR e o fio negativo (preto) do suporte de pilhas.
- 8º Passo: confira todas as ligações e coloque as pilhas no suporte. Pronto, montagem finalizada!!

Agora é só variar a quantidade de luz que chega ao sensor LDR.

Observe que quando há incidência de luz sobre o sensor LDR, observamos a diminuição na luz emitida pelo LED e quando o LDR não recebe iluminação o LED apresenta máxima iluminação.

Relacione o experimento com o efeito fotoelétrico, evidenciando a alteração do número de elétrons livres com a incidência da luz.

AULA 8: 7ª ATIVIDADE EXPERIMENTAL: SIMULANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO**O que exatamente é a luz?**

Por Rafael Kenski | Edição 3

Na Bíblia, a criação começa pela luz, que inaugura o universo separando o dia da noite. É ela que nos permite enxergar o mundo e, no entanto, é quase impossível visualizar sua verdadeira natureza. Como se não bastasse, tem propriedades tão estranhas e contraditórias que confunde até os físicos mais experientes.

Até o começo do século XX, tudo indicava que a luz não passava de uma onda. Assim como o som ou o movimento do mar, ela é refletida ao encontrar algo como um espelho e sofre interferência ao cruzar com outras ondas de luz. A diferença é que a luminosidade se propaga no vácuo e não precisa ser conduzida por um meio como a água ou o ar.

Mas a concepção da luz como onda não conseguia explicar certos fenômenos, como o chamado efeito fotoelétrico: quando se emite luz contra determinados metais, observa-se que a superfície deles libera elétrons. O enigma começou a se desfazer em 1900, quando o físico alemão Max Planck publicou o primeiro estudo do que viria a ser conhecido como física quântica. Ele descobriu que os átomos não emitem energia de forma contínua, mas em minúsculas partículas chamadas quanta.

Em 1905, Albert Einstein resolveu aplicar essa teoria à luz e percebeu que, se considerássemos que ela também é feita de partículas (posteriormente chamadas de fótons), o efeito fotoelétrico estaria explicado. A física quântica chocou toda a comunidade científica ao propor que a luz é simultaneamente onda e partícula, vibração e matéria - uma ambiguidade considerada absurda, incoerente, impossível. A teoria de Planck e Einstein já foi comprovada diversas vezes em laboratório. Mas ainda resta a pergunta: afinal, a luz é uma onda ou uma partícula? A física abraçou o mistério. "Quem disser que ela é onda está certo e quem disser que ela é partícula também está.

De acordo com o experimento, a luz apresenta características de uma ou de outra", afirma o físico Adriano Natale, da Universidade Estadual Paulista (Unesp). "Não precisamos resolver o enigma. A luz funciona com uma lógica própria, diferente da que estamos acostumados", diz Amir Caldeira, também físico, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/matéria/o-que-exatamente-e-a-luz>>. Acesso em 20 abr 2016.

Em especial, o efeito fotoelétrico é interpretado como a absorção de um fóton pela matéria, levando à ejeção de um elétron.

Os elétrons que giram à volta do núcleo são aí mantidos por forças de atração. Se eles receberem energia suficiente (energia mínima para arrancar o elétron), eles abandonarão as suas órbitas. O efeito fotoelétrico só surge se o metal receber um feixe de radiação com

energia superior à energia mínima de remoção dos elétrons do metal, provocando a sua saída das órbitas.

A energia da radiação, no caso da luz, está relacionada com sua cor (frequência), esta energia é crescente do vermelho para o violeta. A cor que possui fótons menos energéticos é a vermelha e os mais energéticos estão associados à cor violeta.

Essa energia mínima para extrair um elétron da placa metálica é denominada função trabalho e varia com o tipo de metal utilizado, a sobra de energia após a absorção do fóton é transformada em energia de movimento (Energia cinética).

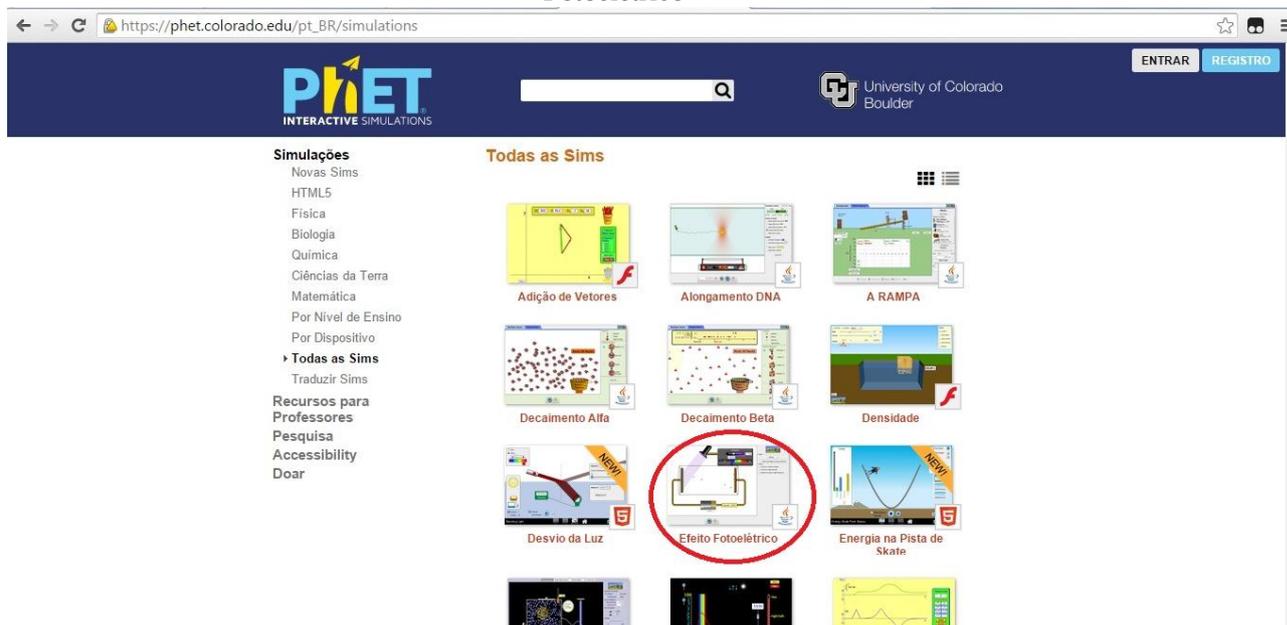
Objetivos:

- ✓ Manipular o software de simulações PHET com a finalidade de visualizar e descrever o Efeito Fotoelétrico
- ✓ Utilizar o simulador para facilitar os processos de ensino e de aprendizagem dos conceitos utilizados que explicam o Efeito fotoelétrico.
- ✓ Observar a interação existente entre a luz e a matéria;
- ✓ Mostrar que o efeito fotoelétrico evidencia a característica corpuscular da radiação eletromagnética.
- ✓ Associar a existência de uma energia mínima para que ocorra o efeito fotoelétrico.

Procedimento experimental

Realizar previamente o download do software de simulações que pode ser feito no link a seguir: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations. Ao abrir a página, selecionar a simulação Efeito fotoelétrico.

Figura 26 - Página de abertura e seleção da simulação Efeito Fotoelétrico

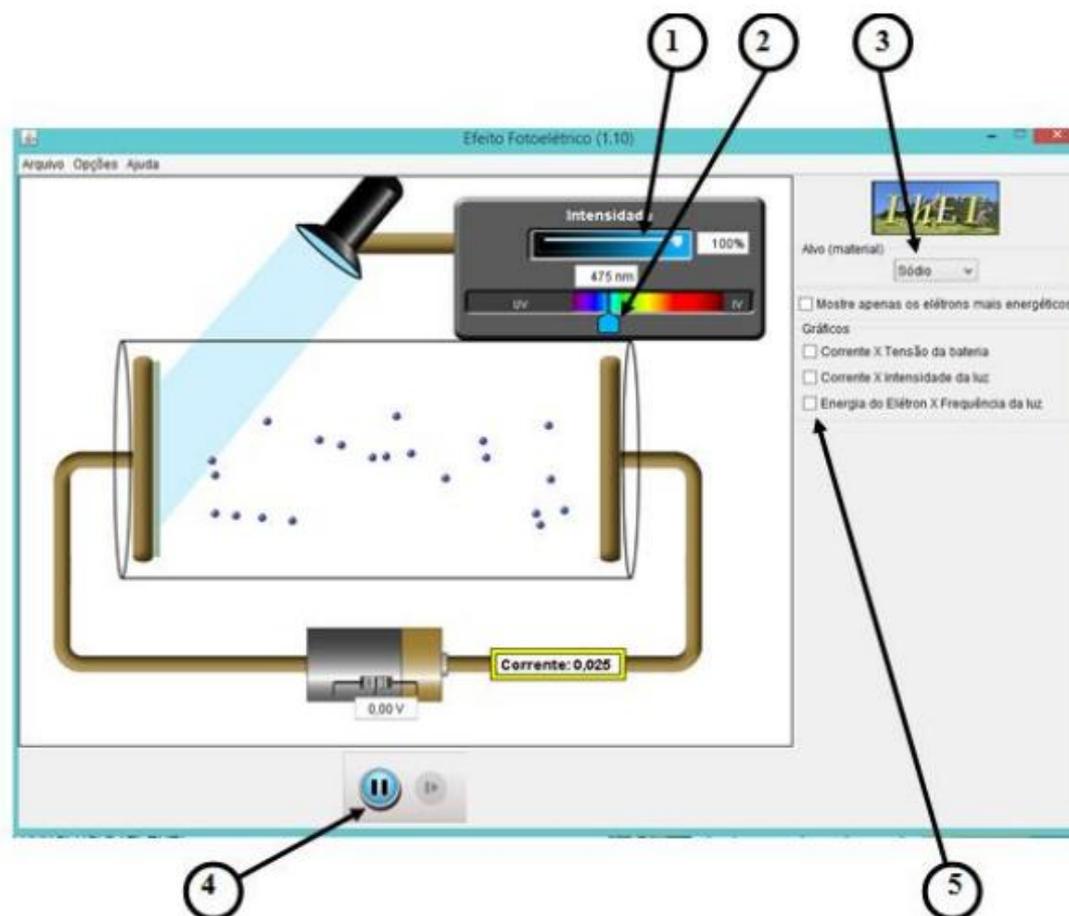


Trata-se de um software livre disponibilizado a alunos e professores onde, variando a frequência e a intensidade da luz verifica-se a ejeção de elétrons de placas metálicas, que também podem ser alteradas, cuja interface está apresentada na Figura 27.

Leve os alunos até a sala de informática.

Divida os alunos em grupos, conforme o número de computadores disponível na sala de informática de sua escola. Uma opção para o fato de não haver computadores disponíveis na escola, é o professor utilizar o recurso usando um projetor em sala de aula.

Figura 27 - Interface do software de simulação do Efeito fotoelétrico



O simulador será explorado de maneira qualitativa. Aos alunos proponha a variação da intensidade da radiação, através do cursor (1) e também, a verificação de mudança quantidade de elétrons ejetados da placa. Variará frequência da radiação através do cursor (2), verificar a partir de qual comprimento de onda da radiação os elétrons são arrancados da placa. Fazendo- se a troca do metal da placa através da janela (3) os alunos repetem os primeiros procedimentos usando os botões (4) para pausar e reiniciar a simulação. O simulador também permite o tratamento quantitativo através de observações de gráfico (5) e da determinação da frequência de corte, função trabalho e do cálculo da energia cinética do elétron ejetado.

AULA 9: AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO

Objetivo:

A última aula tem a finalidade de avaliar a evolução dos alunos sobre o tema que estudamos- A luz.

Procedimento:

Na aula 1, os alunos responderam em seus cadernos a seguinte questão:

Imagine que você tivesse que explicar o que é a luz para algum ser que vivesse no fundo do oceano em um “mundo sem luz”.

O que você lhe diria?

Como você explicaria o que são as cores?

Você consegue imaginar o mundo sem luz?

Retome as mesmas perguntas aos alunos. Agora, após toda aplicação da sequência didática, compare as respostas obtidas e avalie o aprendizado adquirido pelo aluno. Vale a pena, pedir para que algumas respostas sejam lidas para que ocorra o compartilhamento de ideias e conhecimento entre os colegas.