



INSTRUMENTOS ÓPTICOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE IMAGEM

GUSTAVO THIAGO SOUZA ANDRADE

**PRESIDENTE PRUDENTE, SP
2020**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Campus de Presidente Prudente

Programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

GUSTAVO THIAGO SOUZA ANDRADE

INSTRUMENTOS ÓPTICOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE IMAGEM

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) de Presidente Prudente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Renivaldo José dos Santos

A553i	Andrade, Gustavo Thiago Souza Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem / Gustavo Thiago Souza Andrade. -- Presidente Prudente, 2020 152 p. : il., tabs., fotos Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientador: Prof. Dr. Renivaldo José dos Santos 1. Ensino de Física. 2. Óptica geométrica. 3. Conceituar imagem. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

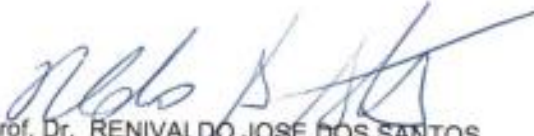
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

AUTOR: GUSTAVO THIAGO SOUZA ANDRADE

ORIENTADOR: RENIVALDO JOSE DOS SANTOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENSINO DE FÍSICA,
área: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RENIVALDO JOSE DOS SANTOS

Curso de Engenharia de Energia / Campus Experimental de Rosana

Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS **VIDEOCONFERÊNCIA**
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Prof. Dr. ELTON APARECIDO PRADO DOS REIS **VIDEOCONFERÊNCIA**
Toledo / Toledo Centro Universitário

Prof. Dr. MIKIYA MURAMATSU **VIDEOCONFERÊNCIA**
Departamento de Física Geral / Universidade de São Paulo

Presidente Prudente, 25 de setembro de 2020

A educação e o conhecimento são um dos principais pilares para o crescimento do ser humano em todos os seus aspectos e conseqüentemente a evolução para com toda sociedade ao seu redor e para com a natureza.

Agradecimentos

O estudo é uma base essencial para a formação do caráter de uma pessoa e essa visão se tornou mais evidente numa fase em que com o apoio de amigos, pessoas muito especiais na minha vida e familiares, obtive motivação e determinação para iniciar uma vida acadêmica.

Agradeço a compreensão e confiança dos meus pais e todo carinho em acompanhar e acreditar em meus estudos, o que se torna essencial na construção de uma carreira profissional e no fortalecimento de uma família.

Meus agradecimentos a todos meus colegas pelo apoio, em especial a minha amiga Jaqueline Pereira Vasconcelos pela inspiração a trabalhar com este tema. Aos meus parceiros dos tempos de graduação e agora também da etapa do mestrado profissional que juntos formam o alicerce desta formação, toda dedicação e parceria para vencermos juntos.

Ao Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pela oportunidade de proporcionar-me uma formação continuada tão significativa e necessária. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Colégio Ômega de Martinópolis (SP) por todo o apoio, carinho e confiança permitindo um espaço para a realização deste trabalho. Por fim, ao meu conselheiro, professor e mestre Ulisses José Raminelli e ao meu orientador professor doutor Renivaldo José dos Santos por todo apoio, incentivo e importantes instruções para a realização deste trabalho. Agradeço a todos os professores que direta, ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, com grandes aplicações e inspirações para toda a vida acadêmica, o meu muito obrigado.

Resumo

INSTRUMENTOS ÓPTICOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE IMAGEM

Este trabalho visa um estudo analítico e experimental da óptica geométrica, abordada no Ensino Médio, cujos fundamentos e aplicações são a base para conceituar a formação de imagens. Realizou-se uma análise histórica relativo ao estudo do comportamento da luz nos meios ópticos, seus princípios e um estudo e compreensão das suas aplicações desde a câmara escura de orifício (pinhole) até demais instrumentos ópticos que utilizam lentes como o projetor de imagens a fim de tentar reproduzir, de maneira alternativa, uma ferramenta artística utilizada principalmente no período do renascimento (XIV até XVI) em quadros pelos artistas da época. Neste contexto, os alunos confeccionaram projetores simples feitos com materiais cotidianos e, com o auxílio de seus aparelhos celulares e cartazes fixados como anteparo para a projeção e contorno das imagens projetadas, recriaram as condições utilizadas no período do renascimento. Os resultados mostraram que metodologia ativa e a aula invertida foram cruciais no processo de aprendizagem dos alunos, pois favoreceu a compreensão dos conceitos físicos abordados, uma vez que, os alunos eram os protagonistas do processo de construção do dispositivo e ao mesmo tempo, do processo de construção do conhecimento.

Palavras-chave: Ensino de Física, Óptica Geométrica, conceituar imagem.

Abstract

OPTICAL INSTRUMENTS AS A DIDACTIC RESOURCE FOR THE FORMATION OF THE IMAGE CONCEPT

This work aims at an analytical and experimental study of geometric optics, its fundamentals and applications in order to conceptualize the images formation addressed in high school. A historical analysis was carried out concerning the study of the light behavior in optical media, its principles and a study and understanding of its applications from the dark hole camera (pinhole) to other optical instruments that use lenses such as the image projector in order to try to reproduce, in an alternative way, an artistic tool used mainly in the Renaissance period (XIV to XVI) in paintings by artists of the time. The students produced simple projectors made with everyday materials and, with the help of their cell phones and posters fixed as a bulkhead for the projection and outline of the projected images recreated the conditions used during the Renaissance period. The results showed that the active methodology and the flipped classroom were crucial in the learning process of the students, since they favored the understanding of the physical concepts approached, since the students were the protagonists of the device construction process and at the same time, the knowledge construction process.

Keywords: Physics teaching, Geometric Optics, Image concept.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Quadros renascentistas	14
Figura 2 – Aristóteles e Platão (à esquerda) e Alhazem (à direita)	15
Figura 3 – Da esquerda para a direita: Newton, Huygens, Young, Maxwell e Einstein	16
Figura 4 – Suposta técnica de pintura (representação)	17
Figura 5 – Ginevra de' Benci, Mona Lisa e a tese de Hockney	18
Figura 6 – Princípios ópticos: Princípio da propagação retilínea da luz	20
Figura 7– Princípios ópticos: Princípio da independência dos raios de luz	21
Figura 8– Princípios ópticos: Princípio da reversibilidade da luz	21
Figura 9 – Meios ópticos: transparentes, translúcidos e opacos.....	22
Figura 10 – Ilustração de uma câmara escura datada de 1544	23
Figura 11 – A câmara escura de orifício.....	24
Figura 12 – Leonardo Da Vinci (à esquerda) e Girolamo Cardano (à direita).....	25
Figura 13 – Johannes Kepler (à esquerda) e Tycho Brahe (à direita)	26
Figura 14 – O fenômeno da refração	27
Figura 15 - O fenômeno da refração: incidência pela normal	29
Figura 16 - Classificação das lentes esféricas	30
Figura 17 – Lente Convergente e Lente Divergente.....	31
Figura 18 – Raios notáveis em uma lente convergente	33
Figura 19 - 1º caso: objeto antes do ponto antiprincipal	34
Figura 20 - 2º caso: objeto sobre o ponto antiprincipal.....	34
Figura 21 - 3º caso: objeto entre o antiprincipal e o foco	35
Figura 22 - 4º caso: objeto real sobre o foco objeto.....	35
Figura 23 - 5º caso: objeto próximo a lente	36
Figura 24 – Exemplo de construção óptica em uma lente convergente	37
Figura 25 – A lupa: esquema dos raios de luz	39
Figura 26 – Raios convergentes refratados em uma lente biconvexa.....	40
Figura 27 – Esquema de um projetor de slides.....	41
Figura 28 – Esquema gráfico simplificado da imagem projetada	41
Figura 29 – Esquema gráfico simplificado da imagem formada no projetor	42
Figura 30 – Introdução e objetivos da aula	45
Figura 31 – a) Apresentando os fundamentos b) Os meios ópticos	46
Figura 32 – A evolução e técnicas de uso da câmara escura	47

Figura 33 – A lupa e sua funcionalidade	48
Figura 34 – Raios convergindo ao ponto focal.....	49
Figura 35 – Apresentando projetores cotidianos	50
Figura 36 – Projetores: esquema gráfico	51
Figura 37 – a) Contexto histórico: O renascimento. b) Técnicas de captação da imagem.....	52
Figura 38 – Procedimento de montagem I	54
Figura 39 – Exemplos de figuras no formato “stencil”	55
Figura 40 – Procedimento de montagem II	55
Figura 41 – Medições com a fita métrica	56
Figura 42 – Procedimento de contorno e acabamento das projeções	56
Figura 43 – Apresentação do grupo I	57
Figura 44 – Levantamento sobre as lentes biconvexas.....	58
Figura 45 – Levantamento das características de uma lente biconvexa	58
Figura 46 – Levantamento das condições físicas de existência da lente biconvexa.....	59
Figura 47 – Representação de uma câmara escura de orifício	60
Figura 48 – Apresentação do grupo III.....	60
Figura 49 – Apresentação do grupo IV	61
Figura 50 – Apresentação do grupo V.....	62
Figura 51 – Levantamento sobre as características no olho humano.	63
Figura 52 – Projeções I.....	65
Figura 53 – Projeções II	66
Figura 54 – Análise quanto a natureza de uma imagem (1)	67
Figura 55 – Análise quanto a natureza de uma imagem (2)	67
Figura 56 – Análise quanto a natureza de uma imagem (3)	67
Figura 57 – Construções gráficas de cada grupo	68
Figura 58 – Questão 1 da avaliação final	69
Figura 59 – Questão 2 da avaliação final	71
Figura 60 – Questão 3 da avaliação final	72
Figura 61 – Questão 4 da avaliação final	73
Figura 62 – Questão 5 da avaliação final	75
Figura 63 – Questão 6 da avaliação final	77

Lista de Quadros

Quadro 1 – Instrumentos óticos de observação e projeção.....	38
Quadro 2 – Conteúdo programático das atividades proposta.....	44
Quadro 3 – Temas e os objetivos para os grupos.....	53

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 1.....	70
Gráfico 2 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 2.....	71
Gráfico 3 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 3.....	73
Gráfico 4 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 4.....	74
Gráfico 5 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 5.....	76
Gráfico 6 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 6.....	78
Gráfico 7 – Percentual geral de acertos e erros da turma.....	78

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 A FÍSICA NO ATUAL CONTEXTO DA EDUCAÇÃO.....	1
1.2 AS METODOLOGIAS TRADICIONAIS DE ENSINO.....	1
1.3 O ESTUDO DA ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO.....	3
2. JUSTIFICATIVA	4
2.1 OBJETIVO GERAL.....	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
3. REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	6
3.2 DAVID PAUL AUSUBEL E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	9
3.3 METODOLOGIAS ATIVAS	10
3.3.1 A sala de aula invertida	11
3.3.2 Aprendizagem baseada em projetos (ABP)	12
4. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA	13
4.1 O PERÍODO RENASCENTISTA.....	13
4.2 O CONTEXTO HISTÓRICO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	15
4.3 AS TÉCNICAS DE OBTENÇÃO DE IMAGENS E A TESE DE DAVID HOCKNEY.....	16
5. FUNDAMENTOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA	19
5.1 PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA	19
5.2 OS MEIOS ÓPTICOS.....	22
5.3 A CÂMARA ESCURA DE ORIFÍCIO (PINHOLE).....	23
5.4 O FENÔMENO DA REFRAÇÃO DA LUZ.....	26
5.5 ESTUDO DAS LENTES ESFÉRICAS	29
5.5.1 Definição e classificação das lentes quanto ao formato	30
5.5.2 Representação das lentes delgadas e os pontos notáveis de uma lente	31
5.5.3 Os raios notáveis em uma lente convergente	32
5.5.4 A formação de imagens em uma lente convergente e a definição de imagem	33
5.6 A EQUAÇÃO DOS PONTOS CONJUGADOS DE GAUSS.....	37

5.7	OS INSTRUMENTOS ÓPTICOS.....	38
5.7.1	Definição de instrumentos ópticos.....	38
5.7.2	A lupa e a lente biconvexa	39
5.7.3	O projetor de imagens	40
6.	METODOLOGIA.....	43
6.1	LOCAL E PARTICIPANTES DA ATIVIDADE.....	43
6.2	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	43
6.3	EXPOSIÇÃO TEÓRICA.....	45
6.4	A APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS (SUGESTÃO DE AULA INVERTIDA)	52
6.5	AULA EXPERIMENTAL (CONFECCIONANDO UM PROJETO SIMPLES)	54
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
7.1	A APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS	57
7.2	LEVANTAMENTO DO QUESTIONÁRIO DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	63
7.3	ANÁLISE DAS QUESTÕES DA AVALIAÇÃO FINAL.....	69
8.	CONCLUSÃO	80
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
10.	APÊNDICES.....	84
10.1	APÊNDICE A: SLIDES REFERENTES A AULA DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	84
10.2	APÊNDICE B: LEVANTAMENTO DAS FICHAS DE PESQUISA EM GRUPO	95
10.3	APÊNDICE C: LEVANTAMENTO DOS RESULTADOS DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	105
10.4	APÊNDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL	117

1. INTRODUÇÃO

1.1 A Física no atual contexto da educação

A sociedade está em constante mudança e a educação tem o dever de acompanhar essas transformações, já que um de seus objetivos é preparar o cidadão para conviver em sociedade e exercer o seu papel de agente transformador. Assim, é de se esperar que, cada vez mais, as novas metodologias de ensino incluam as tecnologias da informação, sejam construtivistas e coloquem o aluno como protagonista do processo de ensino aprendizagem.

Dessa forma, para Bezerra (2009) no âmbito do ensino de Física, o processo educacional pode partir da curiosidade de entender os fenômenos físicos, ou ainda, por estímulos externos, vindos do meio social ou de instituições, especialmente, as de ensino. Assim, a escola se torna vetor privilegiado de disseminação dos conhecimentos sobre a Física e seu ensino deve estimular, motivar e propiciar aprendizagens significativas para a vida dos educandos, deve romper com as formas tradicionais de ensinar, especialmente a Física, com vistas a superação de uma representação desta área de conhecimento como difícil, complexa e ininteligível.

1.2 As metodologias tradicionais de ensino

Atualmente, a disciplina de Física é ministrada no Ensino Médio, tendo apenas uma pequena base conceitual no final do Ensino Fundamental na disciplina

de Ciências. Os currículos tradicionalistas ou nacionalistas acadêmicos, apesar de algumas exceções, ainda prevalecem no Brasil. Considerando que o objetivo dos cursos baseados nesse tipo de currículo é basicamente transmitir informação, ao professor cabe apresentar o conteúdo de forma atualizada e organizada, com o objetivo de que o aluno assimile o conteúdo que lhe foi apresentado (Bezerra, 2009).

As pesquisas de Neto e Pacheco (2001), relacionados ao ensino de Física, demonstram que esse tem assumido o caráter de preparação para resolução de exercícios de vestibular. Para esses autores, a situação é comprovada ao observarmos o uso indiscriminado de livros e assemelhados recheados de exercícios preparatórios para as provas de vestibular e que, na sua essência, primam pela memorização e pelas soluções algébricas. Na perspectiva de Souza (2002), os autores dos livros estariam dando essa ênfase demasiada nos vestibulares, como forma de mostrar a sua preocupação com o futuro do aluno.

Para Nardi (1998), esta tendência em direcionar o ensino de Física a resolução de problemas, que normalmente estão recheados de cálculos, fortemente influenciados pelo uso do livro didático, tem sido tema de sérias críticas as editoras e, por consequência aos autores das obras. A maioria dos livros que circulam nas escolas apresenta os conteúdos como conceitos estanques, dando o caráter de Ciência acabada e imutável a Física. Porém, o mais problemático nas obras está na forte identificação que elas agregam entre a Física e os algoritmos matemáticos. Os textos e, principalmente, os exercícios são apresentados como matemática aplicada, na qual a questão fundamental se resume a treinar o estudante na resolução de problemas algébricos.

1.3 O estudo da óptica no Ensino Médio

No Ensino Médio, o estudo da óptica, especificamente o estudo do comportamento retilíneo da luz, está relacionado à análise geométrica dos fenômenos, e necessita que os alunos tenham conceitos prévios ensinados em geometria analítica e trigonometria. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais de Física (PCN+ p. 27, 2000), torna-se importante identificar objetos, sistemas e fenômenos que produzem imagens para reconhecer o papel da luz e as características dos fenômenos físicos envolvidos, além de associar as propriedades físicas da luz e conhecer os instrumentos ópticos referentes ao tema. As abordagens de assuntos de óptica em livros didáticos (como visto em Alvarenga e Máximo, 2000 e Fuke e Yamamoto, 2010), com o auxílio de esquemas e figuras representativas, visam facilitar a leitura geométrica e a exemplificação de questões sem fugir da abordagem matemática necessária, bem como, poder contextualizar e relacionar diversos assuntos de várias áreas do conhecimento.

De acordo com Guimarães (2009), no ensino tradicional, o professor transmite aos alunos informações que não se relacionam com o seu cotidiano. Os estudantes são apenas ouvintes de informações que não se associam a seus conhecimentos prévios. A aprendizagem não é significativa quando não há correspondência entre o que o aluno já sabe e o que está aprendendo. Ainda segundo Guimarães (2009):

No ensino de ciência, a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamento de investigação. Nesta perspectiva, o conteúdo a ser trabalhado caracteriza-se como resposta aos questionamentos feitos pelos educandos durante a interação com o contexto criado. No entanto, essa metodologia não deve ser pautada nas aulas experimentais do tipo “receita de bolo”, em que os aprendizes recebem o roteiro para seguir e devem obter resultados que o professor espera tampouco apetecer que o conhecimento seja constituído pela mera observação.

Fazer ciência, no campo científico, não é aleatório. Ao ensinar ciência, no âmbito escolar, deve-se também levar em consideração que toda observação não é feita num vazio conceitual, mas a partir de um corpo teórico que orienta a observação. (GUIMARÃES, 2009, p.198)

Como se trata de uma disciplina que recorda tópicos matemáticos ensinados desde o Ensino Fundamental, os alunos apresentam certa dificuldade em resolver exercícios. Constatou-se que eles não adquirem clara ideia de como e qual é o significado e aplicações do que observado.

2. JUSTIFICATIVA

O estudo dos fenômenos envolvendo o comportamento da luz costuma ser um ramo de comum interesse dos estudiosos e curiosos quando o assunto é Ciências da Natureza. Buscar a compreensão da natureza da luz, as cores, a formação de imagens e toda tecnologia criada a partir dos estudos relacionados, desperta o interesse de alunos desde os primeiros anos do Ensino Fundamental.

Neste trabalho é proposto uma aula de caráter experimental e investigativo visando a possibilidade de reforçar os conceitos da óptica geométrica com uma aplicação multidisciplinar entre o estudo da Física e da Arte. Com isso, procurou-se assegurar ao aluno a Aprendizagem Significativa no ensino da óptica geométrica, que segundo Moreira (2006), não é a aprendizagem que nunca se esquece, a que mais emociona, agrada ou aquela considerada correta, mas sim a, “aprendizagem com atribuição de significados, com compreensão, com incorporação não-arbitrária e não-literal, de novos conhecimentos à estrutura cognitiva por meio de um processo interativo”.

Duas condições básicas são necessárias para a ocorrência da Aprendizagem Significativa. A primeira, é que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva, conhecimentos prévios adequados que dê suporte ao novo saber, à essa concepção prévia, se dá o nome de subsunção. Porém, quando o conteúdo a ser aprendido é completamente novo para o sujeito, isto é, não há subsunções para tal aprendizagem, é necessário que se crie condições para que o novo conhecimento se firme. A segunda condição, é que o sujeito esteja predisposto a aprender significativamente. Não se trata exatamente de motivação para aprender, mas sim, de realizar um esforço em querer relacionar conhecimentos novos com conhecimentos prévios.

Desse modo, este trabalho visa uma atividade multidisciplinar a ponto de posicionar o aluno em uma condição histórica contextualizando as características do chamado período do renascimento artístico, as obras de principal destaque, citação de alguns pintores da época e assim proporcionar aos alunos recriar antigas técnicas de captação de imagem e todo significado da época, compreendendo paralelamente os fenômenos ópticos para realizar tal feito.

Os alunos, organizados em grupos, tiveram contato com todo o processo, baseando-se em um roteiro de montagem, os materiais necessários, a observação dos conceitos envolvidos em cada passo do processo e, por fim, a confecção do projetor de imagem. Um ponto a se destacar é como recriar tais técnicas a partir do uso do aparelho celular e comparar com a técnica utilizada no período renascentista. No contexto em questão, o aparelho celular servirá como uma ferramenta de auxílio, a fim de facilitar a confecção do projetor, de tal modo que o celular servirá ao mesmo tempo como fonte de propagação de luz e de informação (ou seja, a imagem a ser projetada).

2.1 Objetivo geral

- ✓ Trabalhar conceitos ópticos relacionados a formação de imagens.

2.2 Objetivos específicos

Esperar que ao final deste trabalho, o aluno possa:

- ✓ Entender e contextualizar o funcionamento de alguns instrumentos ópticos no cenário histórico-científico.
- ✓ Confeccionar com o uso de materiais de simples obtenção e com o auxílio de um aparelho celular, um projetor de imagens.
- ✓ Compreender o papel do celular, da caixa de papelão e da lupa na confecção do projetor simples, para a captação de imagens.

E, sobretudo, promover uma didática pedagógica multidisciplinar entre o estudo de Física e o estudo das Artes, além de outras áreas do conhecimento.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Experimentação no Ensino de Física

Várias críticas ao ensino tradicional referem-se à ação passiva do aluno que, frequentemente é tratado como mero ouvinte das informações que o professor expõe. As atividades experimentais são estratégias eficientes para a aprendizagem,

porque favorecem o entendimento efetivo do conceito a ser estudado por meio de exemplos e do estímulo ao questionamento. O experimento deve fazer parte do contexto de sala de aula, a fim de apresentar a aplicabilidade do conceito na prática, facilitar o entendimento e mostrar a importância do estudo em si.

A experimentação tem a função de facilitar e dinamizar o processo ensino-aprendizagem: ela desperta um forte interesse e curiosidade entre os alunos. Os experimentos utilizados pelos professores devem contribuir para a compreensão de conceitos físicos, uma vez que seja utilizada a metodologia que contemple uma reflexão crítica de mundo e um desenvolvimento cognitivo por meio do envolvimento dos alunos de forma ativa. Os alunos devem ser protagonistas do seu próprio aprendizado. As experiências realizadas no ensino básico não são iguais aos experimentos conduzidos pelos cientistas. Elas possuem uma função pedagógica de auxiliar os alunos na aquisição de conhecimentos.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (BRASIL, 2002):

Para o aprendizado científico, matemático e tecnológico, a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno tomadas de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas (BRASIL, 2002).

A partir da vivência docente, constata-se que o cenário atual das escolas do Ensino Básico é o número reduzido de aulas práticas. Uma grande parcela dos diretores e coordenadores não possui conhecimento adequado do trabalho e o tempo necessário para que os experimentos ocorram no cotidiano escolar. É

necessária, além de tudo, a mudança da postura dos professores de Física, deixando de lado as críticas e passando a agir sobre as mudanças necessárias para a melhoria do ensino.

Segundo Valadares (2001):

Embora a falta de recursos financeiros e o pouco tempo que os educadores dispõem para conceber aulas mais atraentes e motivadores sejam fatores que contribuem para o cenário dominante nas escolas, talvez o obstáculo mais decisivo seja de natureza cultural. Neste contexto, propomos uma metodologia de ensino de ciências simples, factível e de baixo custo e, mais importante ainda, que leve em conta a participação dos alunos no processo de aprendizagem (VALADARES, 2001, p. 38).

Os experimentos devem ser realizados por todos os alunos, a fim de que eles sejam protagonistas na aquisição do conhecimento. As aulas práticas precisam ser usadas como espaço de investigação e reflexão. Além disso, elas necessitam de bom planejamento para estreitar o elo entre motivação e aprendizagem, indo além da experimentação investigativa e propondo a leitura, a escrita e a fala como instrumentos indissolúveis da discussão conceitual dos experimentos.

Segundo a Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (2007):

Para as atividades experimentais tornarem-se significativas no processo de aprendizagem devem apresentar ação e reflexão. É necessário que o aluno participe ativamente do processo de construção do conhecimento e que o professor atue como mediador, conduzindo o aluno para a argumentação e elaboração de ideias através de questões problematizadoras que direcionem os alunos à procura de soluções plausíveis para o problema apresentado. Essas atividades são caracterizadas como atividades experimentais investigativas, pois não se limitam à manipulação e observação, a aprendizagem ocorre por meio do ativo envolvimento do aluno na construção do conhecimento. Os experimentos demonstrativos feitos em sala de aula também podem apresentar características de uma atividade investigativa, quando se iniciem por um problema e, através de questões levantadas pelo professor mediador, provoquem e estimulem os alunos para a procura de soluções, despertando o interesse e participação do aluno na investigação do problema (SÃO PAULO, 2007).

De acordo com Francisco Jr (2008), a experimentação problematizadora busca ir além da experimentação investigativa, mas propõe a leitura, a escrita e a

fala como aspectos indissolúveis do debate conceitual do experimento. A prática problematizadora deve ser desenvolvida antes, durante e após o experimento. O diálogo deve ser oral e escrito. Os experimentos devem ser realizados por todos os alunos. Cada indivíduo constrói seus próprios significados para o que vivencia.

Sobre os aspectos anteriores, destaca-se, ainda, o que diz Moreia (2007):

As perspectivas construtivistas do processo de aprendizagem se caracterizam de forma bem ampla por três aspectos: a) Cada pessoa constrói individualmente seus próprios significados para as experiências que vivencia; b) Por ser individual, essa construção é diferente para cada pessoa. c) Muitas dessas construções envolvem a ligação de novas ideias e experiências com outras, que a pessoa já sabe e acredita (MOREIA et al., 2007, p. 2)

3.2 David Paul Ausubel e a Aprendizagem Significativa

David Paul Ausubel (1918 – 2008), psicólogo e educador americano desenvolveu a teoria da Aprendizagem Significativa. Filho de imigrantes judeus, estudou na Universidade de Nova York e desenvolveu um importante trabalho profissional e teórico como um psicólogo na educação escolar.

A teoria de Ausubel (1980) tem como ideia central a aprendizagem significativa, ou seja, um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Assim, a aprendizagem é mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento do aluno e adquire significado a partir da relação com seu conhecimento prévio. Se não ocorrer isso, ela se torna mecânica.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se fundamenta em conceitos relevantes. Nesse processo, a nova informação interage em comum à estrutura de conhecimento específico, que Ausubel chama de conceito “subsunçor”. Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a

algo já conhecido, ocorre a aprendizagem mecânica, ou seja, as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Dessa forma, o aluno decora equações, leis, mas as esquece após a avaliação. Para ocorrer a aprendizagem significativa são necessárias duas condições:

- a) O aluno precisa ter uma disposição para aprender;
- b) O conteúdo 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 aluno faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio. A teoria de Ausubel apresenta uma aprendizagem que tenha como ambiente uma comunicação eficaz e que conduza o aprendiz a imaginar-se como parte integrante desse novo conhecimento por meio de elos e de termos familiares a ele.

3.3 Metodologias ativas

No contexto atual a educação tradicional se encontra em um impasse diante das mudanças da sociedade. Os métodos tradicionais, que privilegiam a transmissão de informações pelos professores, faziam sentido quando o acesso à informação era difícil. Com a Internet e a divulgação aberta de muitos cursos e materiais, podemos aprender em qualquer lugar, a qualquer hora e com muitas pessoas diferentes. Isso é complexo, necessário e um pouco alarmante, porque não

temos modelos prévios corretamente revisados e esclarecidos para aprender de forma flexível numa sociedade altamente conectada. (Almeida & Valente, 2012). Para isso, instituições aderem às técnicas nas quais se mantém o modelo curricular predominante, disciplinar, mas priorizam um maior envolvimento do aluno, com as chamadas metodologias ativas como o ensino por projetos de forma mais interdisciplinar, o ensino híbrido ou *blended* e a sala de aula invertida, por exemplo.

A maior parte do tempo, seja na educação presencial ou à distância, ensinamos com materiais e comunicações escritos, orais e audiovisuais, previamente selecionados ou elaborados. Todas estas são ferramentas importantes as quais se devem ser combinados de modo equilibrado. Para aprender a dirigir um carro, não basta ler muito sobre esse tema; tem que experimentar, rodar com ele em diversas situações e com supervisão, para depois poder assumir o comando do veículo sem riscos, deste modo, as metodologias ativas devem acompanhar os objetivos.

3.3.1 A sala de aula invertida

Um dos modelos mais interessantes de ensinar hoje é o de concentrar no ambiente virtual o que é informação básica e deixar para a sala de aula as atividades mais criativas e supervisionadas. É o que se chama de aula invertida. A combinação de aprendizagem por desafios, problemas reais, jogos, debates, com a aula invertida é muito importante para que os alunos aprendam fazendo, em grupos e que também no seu próprio ritmo.

Em escolas com menos recursos, podemos desenvolver projetos significativos e relevantes para os alunos, ligados à comunidade, utilizando tecnologias simples como o celular, por exemplo, e buscando o apoio de espaços

mais conectados na cidade. As escolas mais conectadas podem fazer uma integração maior entre a sala de aula, os espaços da escola e do bairro e os espaços virtuais de aprendizagem. Podem disponibilizar as informações básicas de cada assunto, atividade ou projeto num ambiente virtual (*Moodle*, *Desire2Learn*, *Edmodo* e outros) e fazer atividades com alguns *tablets*, celulares ou *ultrabooks* dentro e fora da sala de aula, desenvolvendo narrativas “expansivas”, que se conectam com a vida no entorno, com outros grupos, com seus interesses profundos.

Os professores podem inverter o modelo tradicional de aula, com os alunos acessando os vídeos e materiais básicos antes, estudando-os, dando *feedback* para os professores (com enquetes, pequenas avaliações rápidas, corrigidas automaticamente). Com os resultados, os professores planejam quais são os pontos mais importantes para trabalhar com todos ou só com alguns; que atividades podem ser feitas em grupo, em ritmos diferentes e as que podem ser feitas individualmente.

3.3.2 Aprendizagem baseada em projetos (ABP)

A aprendizagem baseada em projetos (ABP) ou *Project-Based Learning* (PBL) é uma abordagem sistêmica, que envolve os alunos na aquisição de conhecimentos e competências por meio de um processo de investigação de questões complexas, tarefas autênticas e produtos, cuidadosamente planejados com vista a uma aprendizagem eficiente e eficaz. Esta metodologia propicia uma aprendizagem inserida no contexto educacional, na qual o aluno é o agente na produção do seu conhecimento, rompendo com a forma rígida e pré-estabelecida do desenvolvimento dos conteúdos, mas possibilitando que os mesmos sejam incorporados durante o desenvolvimento do projeto. A gestão do processo deve

desenvolver estratégias, nas quais, metas e padrões curriculares específicos sejam incorporados, vindo a contribuir no desenvolvimento das habilidades e de hábitos de aprendizagem contínua.

Segundo Campos (2011), a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) tem sido um dos principais focos da discussão não apenas como abordagem de aprendizagem ativa, mas como alternativa para se elaborar currículos e se adotar práticas inovadoras na educação. PBL é uma estratégia de ensino e aprendizagem do século XXI, que passa a exigir muito mais empenho dos alunos e dos professores. Exige que o professor reflita sobre a atividade docente e mude a sua postura tradicional de especialista em conteúdo para treinador de aprendizagem, e que os estudantes, assumam maior responsabilidade por sua própria aprendizagem, com a compreensão de que o conhecimento obtido com o seu esforço pessoal será mais duradouro do aquele obtido apenas por informações de terceiros. As principais características dessa metodologia são:

- O aluno é o centro do processo;
- Desenvolve-se em grupos tutoriais;
- Caracteriza-se por ser um processo ativo, cooperativo, integrado e interdisciplinar e orientado para a aprendizagem do aluno.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

4.1 O período renascentista

O Renascimento começou na Itália, no século XIV, e difundiu-se por toda a Europa, durante os séculos XV e XVI. Uma das principais características deste

período está relacionada aos estudos no campo da Matemática e das Ciências da Natureza. A exatidão do cálculo chegou até mesmo a influenciar o projeto estético dos artistas desse período. Desenvolvendo novas técnicas de proporção e perspectiva, pinturas (Figura 1) e a escultura renascentista trouxeram novos aspectos ideológicos quanto a forma como entendemos a realidade. Em consequência disso, a riqueza de detalhes formava alguns dos elementos correntes nas obras do renascimento.



Figura 1 – Quadros renascentistas

Fonte: <https://www.tudoporemail.com.br/content.aspx?emailid=9384>

Como apresenta Gombrich no livro “A História da Arte” (Gombrich,1999), a palavra renascença significa “nascer novamente ou ressurgir”, e a ideia de tal renascimento ganhou terreno na Itália desde o tempo de Giotto. Quando as pessoas desse período queriam elogiar um poeta ou um artista, diziam que sua obra era tão boa quanto a dos antigos. Giotto fora exaltado assim como um mestre que tinha liderado um verdadeiro ressurgimento da arte: as pessoas queriam significar com isso que a arte de Giotto era tão boa quanto aquelas dos famosos mestres cujas obras encontravam louvadas nos autores antigos da Grécia e de Roma. Ainda nas palavras de Gombrich, o ressurgimento da arte, após o choque e a agitação da Idade das Trevas, deu-se gradualmente e que o próprio período gótico presenciou a grande arrancada desse ressurgimento.

4.2 O contexto histórico da óptica geométrica

Como apresenta o livro didático “Física – Ensino Médio” de Alvarenga e Máximo (2000), em relação aos nossos sentidos, a visão é a que mais colabora com o mundo que nos rodeia e, provavelmente por isso, a Óptica é uma parte muito antiga da Ciência. Filósofos gregos, como Platão (427–347 a.C.) e Aristóteles (384–322 a.C.) (Figura 2, à esquerda) já se preocupavam em responder a perguntas tais como: “por que vemos um objeto? ”, “O que afinal é a luz? ”, e etc. Platão, por exemplo, supôs que nossos olhos emitiam pequenas partículas que, ao atingirem os objetos, tornavam-os visíveis. Aristóteles considerava a luz um fluido imaterial que se propagava entre o olho e o objeto a ser visto. O termo óptica tem origem no grego *optike* e significa basicamente “relativo a visão”. Idealizado por Abū Alī Al-Ḥasan Ibn Al-Haytham (965 –1040), conhecido por Alhazem (Figura 2, à direita), o qual propôs que a visão se dá através da luz que se espalha em linha reta (a qual podem ser representadas como setas orientadas), para todos os lados, proveniente do objeto observado e, atingem o olho, produzindo uma réplica bidimensional que percebemos. Estas linhas são denominadas como raios de luz.



Figura 2 – Aristóteles e Platão (à esquerda) e Alhazem (à direita)

Fontes: <https://www.coladaweb.com/filosofia/platao-x-aristoteles>

<https://www.jw.org/mg/zavatra-misy/gazety/mifohaza-no6-2017-desambra/alhazen-mpahay-siansa-voalohany/>

Com o decorrer dos estudos, para a compreensão de diversos fenômenos ópticos que ocorrem na natureza, físicos notáveis como Newton, Huygens, Young, Maxwell e Einstein (Figura 3) nos apresentaram teorias e equações que trouxeram uma nova era de compreensão do que é a luz.



Figura 3 – Da esquerda para a direita: Newton, Huygens, Young, Maxwell e Einstein
Fonte: <https://super.abril.com.br/blog/superblog/adolescente-indiano-resolve-enigma-deixado-por-isaac-newton-ha-300-anos/>

4.3 As técnicas de obtenção de imagens e a tese de David Hockney

Segundo o artista plástico David Hockney (1937 – dias atuais), desde o século XV, grandes mestres da pintura usaram técnicas baseadas no entendimento da propagação da luz para melhorar suas performances artísticas. Ele defende que alguns artistas pintaram suas telas sobre imagens formadas pela câmara escura (Figura 4).



Figura 4 – Suposta técnica de pintura (representação)

Fonte: <http://rodadebicicleta1913.blogspot.com/2017/09/projeto-latas-magicas-um-novo-olhar.html>

Como explica Sandra Santos (2012) o trabalho de Hockney e a tese que apresenta um imenso debate no seio da história da arte, teve início antes mesmo da sua apresentação como livro. Foi tema de uma reportagem que provocou uma onda de reações por todo o mundo, do choque à euforia. É certo que o próprio Giovanni Battista Della Porta, quando, em 1558 publicou uma descrição detalhada sobre a Câmara Obscura (*Magia Naturalis sive de Miraculis Rerum Naturalium*) refere que este é um instrumento útil para quem não sabe desenhar. Esta câmara era um quarto escuro que possuía um orifício de um lado e uma parede branca em frente. Ao colocarem um objeto no exterior da câmara diante do orifício, a imagem desta era projetada invertida na parede branca, possibilitando a qualquer pessoa que ignorasse a arte do pintor, desenhasse a imagem de um objeto, com um lápis ou pena.

Relatamos este fato porque nos parece que, além da análise formal das obras, da decodificação dos métodos e técnicas dos mestres que tanto impressionam Hockney, o autor faz sua a missão de esclarecer que a utilização de instrumentos óticos, cujo conhecimento e possível utilização remontam a gênios

como Da Vinci ou Dürer, não retira o mérito do artista, como ele próprio afirma, várias vezes, “a ótica não faz marcas – ela produz apenas uma imagem, uma aparência, um meio de medida. O artista ainda é responsável pela concessão e é necessária grande habilidade para superar os problemas técnicos e reproduzir a imagem em tela”.

David Hockney analisa duas pinturas realizadas por Leonardo da Vinci (Figura 5). A primeira pintura, à esquerda chama-se O retrato de Ginevra de' Benci, uma pintura a têmpera e óleo sobre madeira, atualmente conservada na Galeria Nacional de Arte de Washington D.C. À direita, a Mona Lisa del Giocondo, em italiano nomeada como La Gioconda (“a sorridente”), sendo a mais notável e conhecida obra. É nesta obra que o artista melhor concebeu a técnica do *sfumato*, técnica na qual gera suaves gradientes entre as tonalidades. Atualmente o quadro se encontra no Museu de Louvre em Paris.

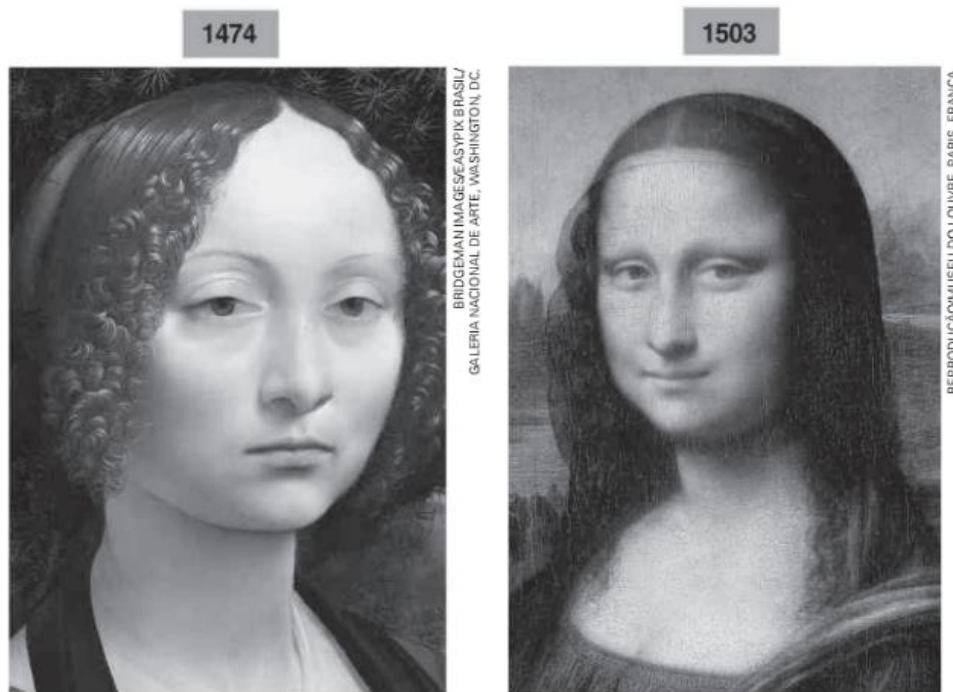


Figura 5 – Ginevra de' Benci, Mona Lisa e a tese de Hockney

Fonte: ZÖLLNER, Frank. Leonardo da Vinci's Portraits: Ginevra de'Benci, Cecilia Gallerani, La Belle Ferronière, and Mona Lisa. 2003.

A primeira, de 1474, teria sido realizada sem o auxílio da câmara escura. Já na pintura produzida em 1503, o artista teria empregado o recurso da câmara escura. O contraste entre as duas reforçaria sua tese.

5. FUNDAMENTOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

5.1 Princípios da Óptica Geométrica

Como visto no contexto histórico, a óptica é um ramo muito antigo da ciência que buscava compreender como podemos, com os nossos olhos, ver o mundo ao redor. Como apresenta em síntese como enxergamos a luz, Halliday e Resnick (2003, p.40), para que alguém possa ver, digamos, um pinguim é preciso que os olhos interceptem alguns dos raios luminosos que partem do pinguim e os redirecionem para a retina, no fundo do olho. O sistema visual, que começa na retina e termina no córtex visual, localizado na parte posterior do cérebro, processa automaticamente as informações contidas nos raios luminosos. Esse sistema identifica arestas, orientações, texturas, formas e cores e oferece à consciência uma imagem (uma reprodução obtida por raios luminosos) do pinguim; o observador percebe e reconhece o pinguim como estando no local de onde vem os raios luminosos à distância apropriada.

De Alvarenga e Máximo (2000, p.193), observando os corpos que nos rodeiam, verificamos que alguns deles emitem luz (denominadas fontes primárias), tais como o Sol, uma lâmpada acesa, a chama de uma vela, etc. Outros não emitem luz (denominadas fontes secundárias), mas podem ser vistos porque são iluminados

pela luz proveniente de uma fonte. Analisando o comportamento da luz, pode-se fundamentar alguns princípios como mostrados a seguir.

Quando a luz está imersa em um meio homogêneo, sua propagação é retilínea (representada por setas orientadas), denominado como *princípio da propagação retilínea da luz*, como exemplifica a luz solar direcionado ao planeta Terra (Figura 6). Em outras palavras, um meio homogêneo é aquele no qual possui as mesmas características em sua composição e as mesmas condições de temperatura, deste modo a luz não sofre nenhuma perturbação, permitindo ser propagada linearmente.



Figura 6 – Princípios ópticos: Princípio da propagação retilínea da luz
Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/principios-otica-geometrica.html>

Meios heterogêneos possuem variações em sua decomposição, como pode-se citar o efeito das miragens, devido a temperatura não uniforme próximo do asfalto nos dias quentes, provocando uma curvatura na propagação da luz até os olhos do motorista que terá a impressão de estar molhada.

O *princípio da independência dos feixes de luz* se observa após dois feixes, sendo tais provenientes de fontes diferentes, ao se cruzarem, seguirem as mesmas trajetórias que iriam seguir caso não tivessem se cruzado, isto é, um feixe não perturba a propagação do outro (Figura 7).



Figura 7– Princípios ópticos: Princípio da independência dos raios de luz
 Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/principios-otica-geometrica.html>

É importante ressaltar que quando um feixe é propagado, torna-se refletido e, num certo instante se cruza entre si, ocorrerá uma interferência, que na Física Óptica foi observada pelo experimento de fenda dupla de Thomas Young (Figura 3).

Por fim, a trajetória seguida pelo raio de luz, num sentido, é a mesma quando se inverte o sentido do percurso, observe as setas orientadas em cada situação na Figura 8. A esta propriedade chamados de *princípio da reversibilidade dos raios luminosos*.

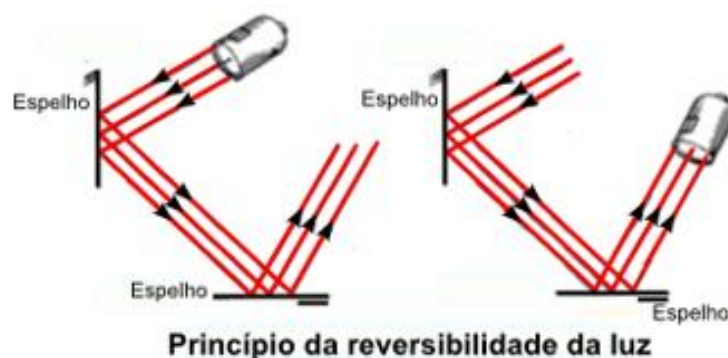


Figura 8– Princípios ópticos: Princípio da reversibilidade da luz
 Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/principios-otica-geometrica.html>

5.2 Os meios ópticos

Como apresenta o livro “Os Alicerces da Física” de Carlos, Fuke e Yamamoto (2010, p.160), diferentes meios materiais (ar, vidro, tijolo, água, etc.) comportam-se de maneiras distintas ao serem atravessados pela luz, no qual, meios translúcidos dificultam mais a passagem da luz que meios transparentes, ou mesmo, impedindo-a de se propagar em seu interior, como é o caso dos meios opacos, observe exemplos da Figura 9.



Figura 9 – Meios ópticos: transparentes, translúcidos e opacos
Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/meios-propagacao-luz.htm>

A este fenômeno associamos um termo quantitativo chamado índice de refração n (Equação 1), em que o vácuo apresenta o meio menos “refringente”, ou seja, que permite melhor propagação da luz.

$$n = \frac{c}{v_{\text{meio}}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde c é a velocidade da luz no vácuo (aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s) e v_{meio} é a velocidade da luz no meio em que se encontra. Note que se a velocidade da luz no vácuo for igual a velocidade da luz no meio, temos que o índice de refração será igual a 1, ou seja, o índice de refração no vácuo. Quanto maior o índice de refração do meio, menor velocidade de propagação da luz.

5.3 A câmara escura de orifício (pinhole)

Entende-se que o princípio da câmara escura (ou câmara obscura) tenha marcos desde a antiguidade com o filósofo grego Aristóteles, o qual a utilizava para fazer observações astronômicas. A Figura 10 mostra uma técnica utilizada em meados do século XV para a obtenção da imagem projetada por um astro dentro de um quarto escuro. Tais observações foram sendo refinadas em meados do século XVI.

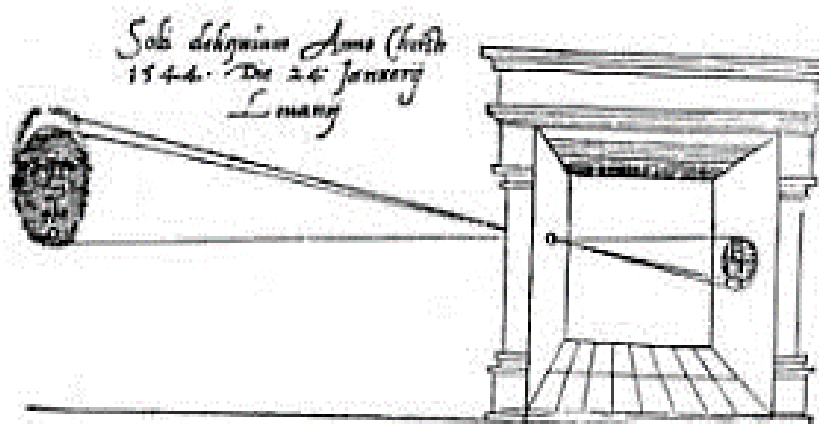


Figura 10 – Ilustração de uma câmara escura datada de 1544
Fonte: http://www.bigshotcamera.com/fun/camerahistory/1490_obscura

Este instrumento óptico é considerado uma das primeiras máquinas fotográficas da história, sendo muito relevante na história da fotografia. Como apresenta Carlos, Fuke e Yamamoto (2010) uma câmara escura é uma caixa com paredes opacas onde existe um pequeno buraco (buraco de agulha, por isso o termo inglês “pinhole”) no meio de uma das faces.

Ao se colocar um objeto de certa altura nas proximidades deste furo, os raios incidentes (caso seja uma fonte primária) ou os raios refletidos por este (caso seja uma fonte secundária) são direcionados para o pequeno buraco, formando (projetando) uma imagem na face oposta. No caso apresentado na Figura 11 temos uma vela (fonte primária) no qual os raios provenientes da mesma atingem o orifício.

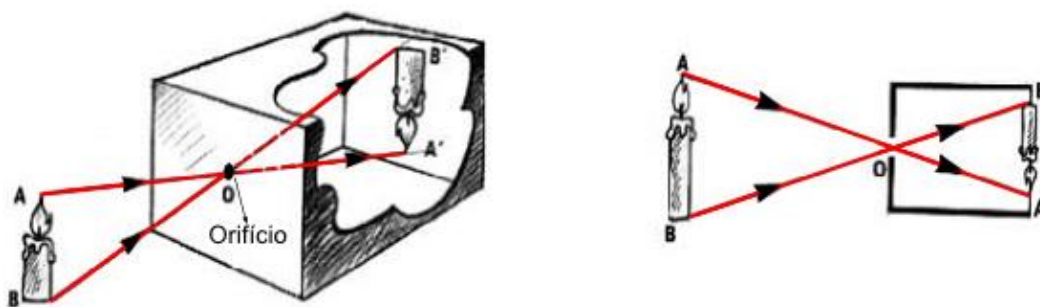


Figura 11 – A câmara escura de orifício

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=31339>

Importantes observações são que a imagem projetada possui orientação invertida (ou seja, “de cabeça para baixo”), revertida (“invertida horizontalmente”), de natureza real (por isso é projetável) e com dimensões (altura) menores que o objeto. Novamente pela Figura 11, os raios de luz provenientes do objeto (representados pelas setas orientadas que partem dos pontos A e B), se cruzam no orifício O e de acordo com o princípio da independência dos raios de luz, não interferem entre si, atingindo seus respectivos pontos A’ e B’ projetando a imagem a ser observada, o que explica sua inversão, reversão e sua altura menor em relação ao objeto. Conceitua-se uma imagem de natureza real, toda imagem formada de raios provenientes do objeto.

Foi o famoso polímata italiano Leonardo da Vinci (1452–1519) um dos primeiros a escrever sobre o mecanismo de captura de imagens (Figura 12). Estudiosos no tema sugerem que algumas de suas obras artísticas envolvam técnicas provenientes da utilização de uma câmara escura.

Quando as imagens dos objetos iluminados penetram num compartimento escuro através de um pequeno orifício e se recebem sobre um papel branco situado a certa distância desse orifício, vêem-se no papel, os objectos invertidos com as suas formas e cores próprias. Leonardo da Vinci (1452- 1519), in Codex Atlanticus sec.XVII.

Dos estudos relacionados a câmara escura, notou-se que quanto menor o tamanho do orifício, melhor a nitidez, porém a imagem se tornava escura e de tamanho muito reduzido e que se aumentar o tamanho do orifício, a imagem aumenta sua dimensão, porém perde nitidez a ponto de não ser mais possível enxergar, devido ao excesso de luz no interior da caixa. Geralmente, orifícios de 1 a 2 mm fornecem aceitáveis projeções. Estudos em relação ao comportamento onda-partícula da luz permitiram observar que orifícios muito pequenos causam o efeito chamado de difração da luz, muito observado no campo da Óptica Física, efeito este que anula a projeção da imagem.

Nesta mesma época de Da Vinci, o físico milanês Girolamo Cardano (1501 –1576) na Figura 12 (à direita) sugeriu o uso de uma lente de vidro biconvexa junto ao orifício, permitindo uma imagem clara e de melhor nitidez.

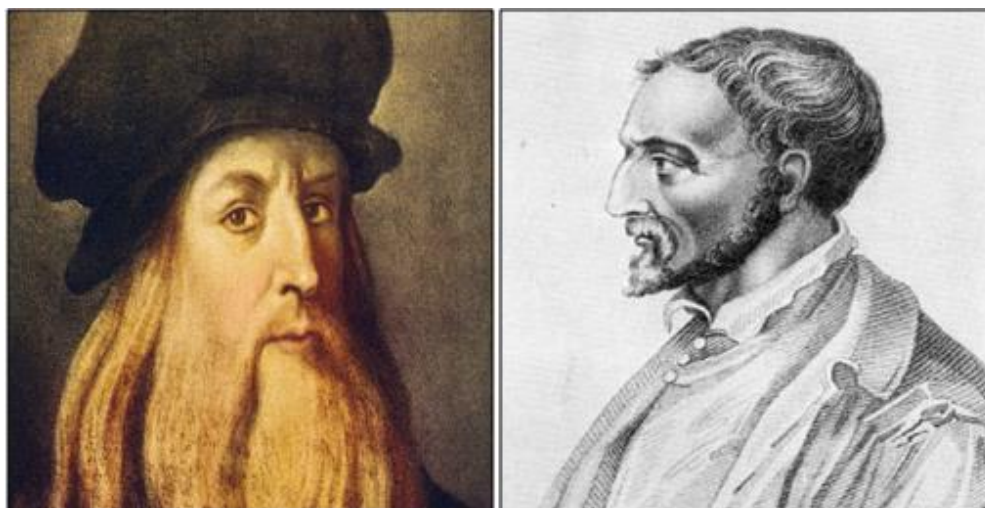


Figura 12 – Leonardo Da Vinci (à esquerda) e Girolamo Cardano (à direita)

Fontes: <http://www.revistadomomento.blogspot.com/2011/08/girolamo-cardano-matematica-beatriz.html>
<https://www.stoplusjednicka.cz/renesanci-vseumel-leonardo-da-vinci-pribeh-muze-ktery-predbehl-svou-dobu>

Ainda nesta época, outros nomes consagrados na história da ciência como o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546 – 1601) utilizavam da técnica da câmara escura para determinar o tamanho dos astros, assim como já se

empregava na antiguidade. Nas mãos do astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571–1630), parceiro de Brahe, (Figura 13), a câmara escura ganha seus principais fundamentos físicos relacionados a óptica geométrica.



Figura 13 – Johannes Kepler (à esquerda) e Tycho Brahe (à direita)

Fonte: <https://www.ladailypost.com/content/explore-discoveries-and-lives-brahe-and-kepler-chick-keller-friday>

5.4 O fenômeno da refração da luz

Visto anteriormente a definição dos meios ópticos e o índice de refração, no qual influenciam na intensidade de propagação da luz, agora será analisado o comportamento do feixe de luz ao atravessar dois ou mais meios ópticos.

Como apresenta Alvarenga e Máximo (2000, p.237) o fenômeno da refração consiste na mudança de direção de propagação de um feixe de luz ao passar de um meio para outro. Isto só pode ocorrer quando a luz se propaga com velocidades diferentes nos dois meios.

A Figura 14 apresenta um feixe monocromático (raio incidente) orientado, inicialmente se propagando no ar, direcionando-se para a água, onde sofre um desvio (raio refratado). Como cada meio possui um índice de refração, a luz irá

atravessar cada um com velocidade diferente, ou seja, a refração do meio influencia no deslocamento realizado. Como já visto, quanto maior o índice de refração, menor será a velocidade da luz no meio em que se encontra.

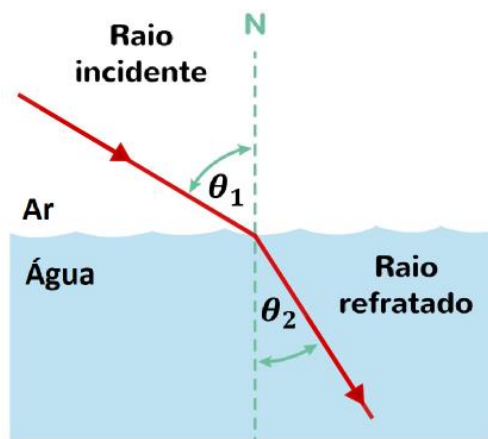


Figura 14 – O fenômeno da refração
Fonte: <https://blog.biologiatotal.com.br/refracao/> (Adaptada)

Mas não somente a velocidade influencia no desvio da trajetória da luz. Traçando-a uma reta imaginária normal (**N**), perpendicular à superfície de separação entre os meios (denominada dióptro), pode-se notar que o raio incidente forma com a reta normal um ângulo θ_1 geralmente denominado ângulo de incidência e, após atravessar o dióptro temos um ângulo θ_2 denominado ângulo de refração. Sendo assim, a direção de propagação do feixe de luz também é um fator relevante para a observação do fenômeno da refração.

Ainda pela Figura 14, os ângulos θ_1 e θ_2 não são iguais entre si e pode verificar experimentalmente que aumentando-se θ_1 , o ângulo θ_2 também aumenta. Foi o matemático holandês Snell, em 1620, chegou a conclusão de que havia uma relação constante entre os senos destes ângulos. Esta constante é característica dos meios e, portanto, para cada par de meios ele tem um valor diferente.

Observa-se que quando a luz incide, ela possui uma velocidade de intensidade v_1 e, após atravessar o dióptro, sua velocidade torna-se de intensidade v_2 . Deste levantamento, Snell obtém a Equação 2 abaixo:

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (\text{Equação 2})$$

Recordando a Equação 1, substituindo na Equação 2, temos:

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} \rightarrow \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{c \cdot n_2}{c \cdot n_1}$$

Simplificando a velocidade da luz no vácuo (c), chega-se a uma relação (Equação 3) denominada como Lei de Snell que irá descrever, de uma maneira geral o fenômeno da refração.

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{Equação 3})$$

Deste modo, o índice do meio no qual onde a luz se propaga também influencia nos ângulos θ_1 e θ_2 , no qual n_1 corresponde ao meio incidente e n_2 o meio onde a luz foi refratada. Uma última observação a ser feita é, que se o valor de $\theta_1 = 90^\circ$, o feixe de luz irá incidir sobre a reta normal (**N**) e como consequentemente $\theta_2 = 90^\circ$ pode-se concluir que o feixe de luz atravessará o dióptro sem sofrer nenhum tipo de desvio, alterando apenas sua velocidade de propagação. Como apresenta a Figura 15, todo raio que incida perpendicularmente ao dióptro, não sofre desvio.

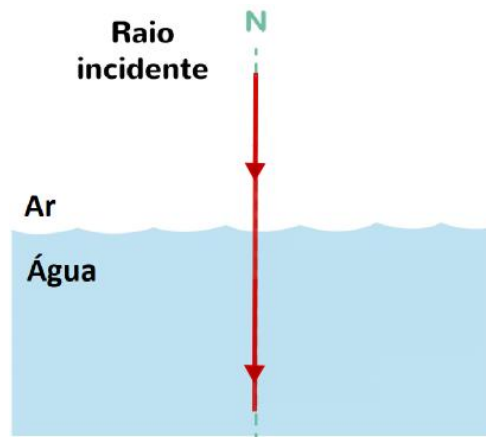


Figura 15 - O fenômeno da refração: incidência pela normal
Fonte: <https://blog.biologiatotal.com.br/refracao/> (Adaptada)

As observações feitas acima abrem passagem para a compreensão do comportamento e uso das lentes esféricas, no qual funcionam de acordo com o fenômeno da refração.

5.5 Estudo das lentes esféricas

O presente trabalho tem como foco conceituar imagem e para a confecção do projetor simples será necessário um estudo analítico do comportamento das lentes esféricas na formação de imagens. Como apresenta Carlos, Fuke e Yamamoto (2010, p.268), lentes esféricas estão presentes no dia-a-dia: nos óculos permitindo a correção da visão de um ser humano devido a ametropias (defeitos da visão, como por exemplo a miopia, hipermetropia e o astigmatismo), nas máquinas fotográficas (para as quais cada milimetragem de uma lente ajuda a definir a qualidade de uma fotografia captada).

5.5.1 Definição e classificação das lentes quanto ao formato

Denomina-se lente esférica todo sistema óptico constituído de três meios homogêneos e transparentes, separados dois a dois, por duas superfícies esféricas ou por uma superfície esférica e outra plana, chamadas de faces. Dos três meios, normalmente o segundo é a lente propriamente dita. Para compreendermos a lupa (ou seja, nossa lente biconvexa), vamos considerar o primeiro e o terceiro meio como sendo idênticos (geralmente uma lente de vidro imersa no ar).

A Figura 16 a seguir apresenta o formato de algumas lentes esféricas:

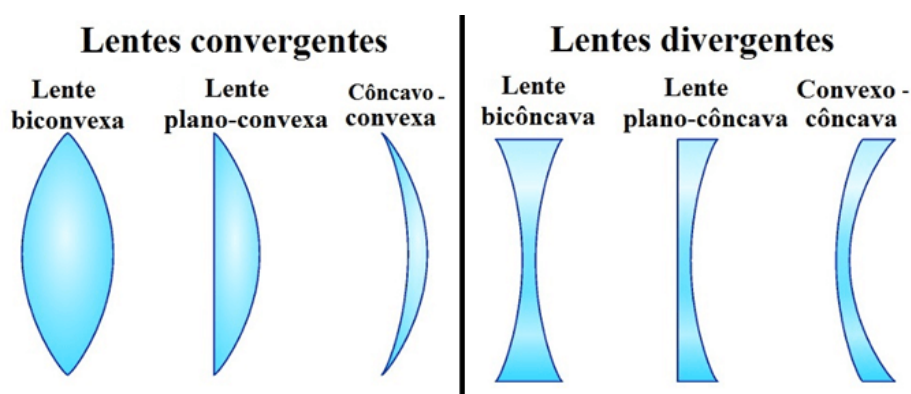


Figura 16 - Classificação das lentes esféricas
Fonte: <https://www.gestaoeducacional.com.br/lentes-esfericas-o-que-sao/>

Tomando que as lentes acima estão imersas no ar, o conjunto de três lentes à esquerda nomeadas respectivamente de biconvexa, plano-convexa e côncavo-convexa possuem um comportamento **convergente**, ou seja, os raios que incidem em sua superfície de separação (dióptro), tendem a se concentrarem em um único ponto focal, no qual será detalhado posteriormente. O conjunto de três lentes à direita nomeadas respectivamente de bicôncava, plano-côncava e convexo-

côncava possuem um comportamento **divergente**, ou seja, os raios que incidem em sua superfície de separação, tendem a dispersarem.

5.5.2 Representação das lentes delgadas e os pontos notáveis de uma lente

A lentes anteriormente apresentadas podem ser simplificadas quanto ao seu comportamento óptico (convergente ou divergente) a partir da definição de lentes delgadas como mostra a Figura 17. A esquerda temos uma lente delgada convergente e à direita uma lente delgada divergente.

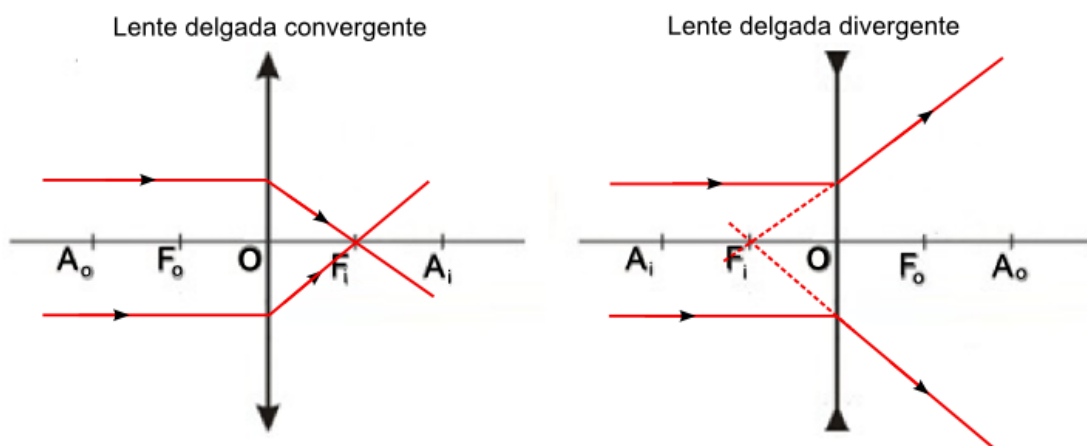


Figura 17 – Lente Convergente e Lente Divergente.
Fonte: Próprio autor

Note que na lente convergente, os dois feixes incidentes refratam na lente e após, se concentram em um único ponto focal F_i , ou seja, uma região onde é possível concentrar uma maior quantidade de feixes de luz. Em relação a lente divergente, os dois feixes de luz após refratarem com a lente, são dispersos, cada um em uma direção, porém os seus prolongamentos (representados por linhas tracejadas) são cruzados em um ponto focal F_i .

Os pontos notáveis são anotados sobre uma reta perpendicular à lente, chamada eixo principal. Considera-se a nomenclatura de seus pontos notáveis sobre este eixo horizontal como sendo:

O (centro óptico), ou seja, o ponto em que se encontra a lente.

F_o (foco principal objeto), correspondente ao ponto de distância focal da lente.

A_o (antiprincipal objeto), correspondente ao dobro da distância focal f_o .

F_i (foco principal imagem), ou seja, o ponto focal onde se concentra os raios de luz.

A_i (antiprincipal imagem), correspondente ao dobro da distância focal f_i .

Note que, pela Figura 17 que há uma inversão nos pontos notáveis das lentes convergentes e das lentes divergentes, no qual o foco principal objeto e o antiprincipal objeto se encontram do lado direito nas lentes divergentes.

A foco (**F**) de uma lente é sempre a metade do seu ponto antiprincipal (**A**), em símbolos, como mostra a Equação 4:

$$\mathbf{F = \frac{A}{2}} \quad \text{(Equação 4)}$$

5.5.3 Os raios notáveis em uma lente convergente

O foco do nosso estudo será voltado ao comportamento óptico da lente convergente. Deste modo, os principais raios notáveis destinados as lentes convergentes estão apresentados na Figura 18 a seguir:

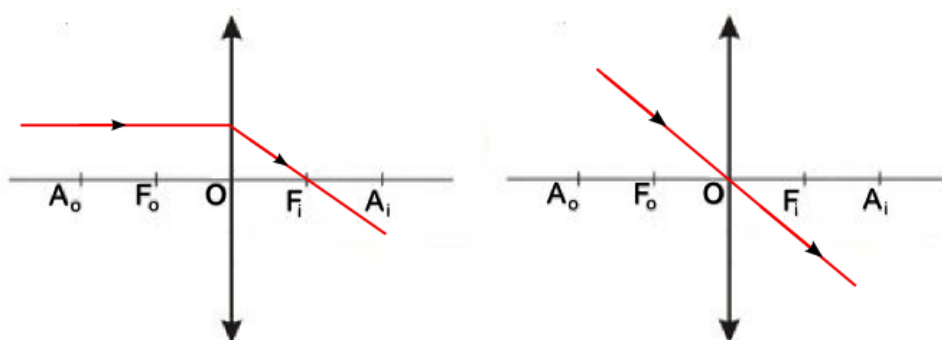


Figura 18 – Raios notáveis em uma lente convergente
Fonte: Próprio autor

Note que feixes de luz que se propagam paralelamente ao eixo principal, convergem para o foco principal imagem (F_i). Todo feixe de luz que incidir sobre o centro óptico (O) de uma lente não sofrerá desvio. O cruzamento de ambos os raios nos permitirá a formação de imagens que será apresentado a seguir.

5.5.4 A formação de imagens em uma lente convergente e a definição de imagem

Devido ao comportamento óptico da lente convergente, é possível, dependendo da posição do objeto em relação a lente, obter cinco formações de imagem. A Figura 19 a seguir apresenta o primeiro caso, na qual o objeto real encontra-se em uma posição a esquerda do ponto antiprincipal objeto (A_o), ou seja, uma posição mais distante da lente. Aplicando os raios notáveis vistos anteriormente, observe que irão refratar e se cruzam em um ponto no qual se formará uma imagem com as seguintes características: tamanho menor que o objeto, orientação invertida (de cabeça para baixo) em relação ao objeto, de natureza real e posicionada em algum ponto entre o foco imagem (F_i) e o antiprincipal imagem (A_i).

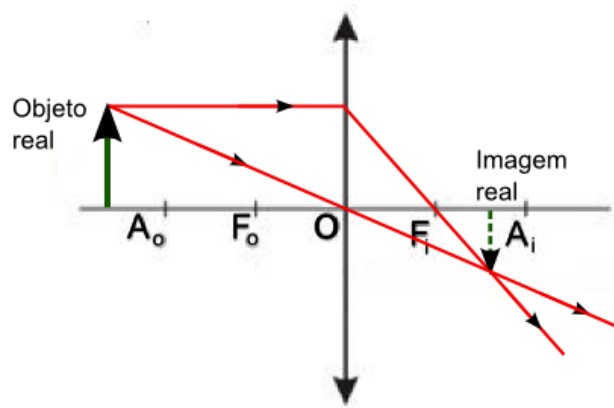


Figura 19 - 1º caso: objeto antes do ponto antiprincipal
Fonte: Próprio autor

Por conseguinte, coloca-se o objeto real sobre o ponto antiprincipal objeto (A_o) e traça os raios notáveis, como mostra a Figura 20. Observa-se neste caso que os feixes se cruzam em um ponto, no qual a imagem se formará sobre o ponto antiprincipal imagem (A_i) com as seguintes características: tamanho igual ao do objeto, orientação invertida (de cabeça para baixo) em relação ao objeto, de natureza real e posicionada sobre o antiprincipal imagem (A_i).

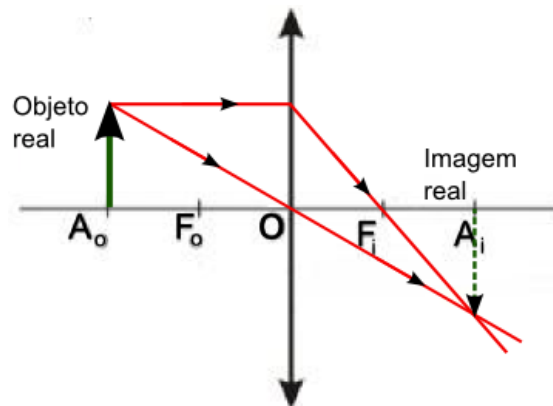


Figura 20 - 2º caso: objeto sobre o ponto antiprincipal
Fonte: Próprio autor

Posicionando o objeto real entre o ponto antiprincipal (A_o) e o foco objeto (F_o) e traçando os raios notáveis, como mostra a Figura 21. Observa-se neste caso que os feixes se cruzam em um ponto, no qual a imagem se formará à direita do

ponto antiprincipal imagem (A_i) com as seguintes características: tamanho maior que o do objeto, orientação invertida (de cabeça para baixo) em relação ao objeto, de natureza real e posicionada à direita do antiprincipal imagem (A_i).

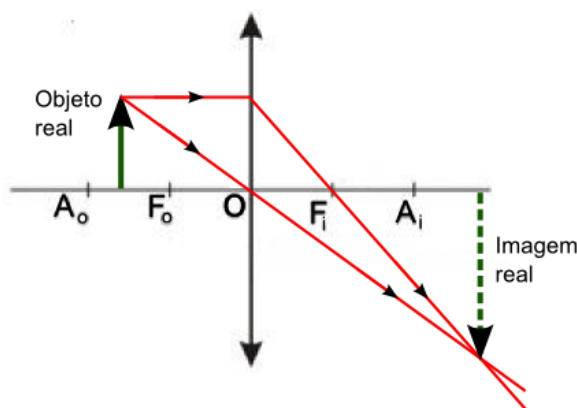


Figura 21 - 3º caso: objeto entre o antiprincipal e o foco
Fonte: Próprio autor

Ao posicionar o objeto real sobre o ponto focal objeto (F_o), ao traçar os raios notáveis, nota-se que após se refratarem na lente, ambos feixes não se cruzam, podendo assim concluir que não formará imagem, como mostra a Figura 22.

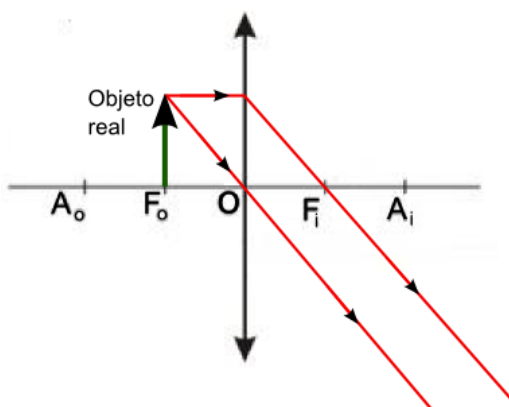


Figura 22 - 4º caso: objeto real sobre o foco objeto
Fonte: Próprio autor.

Ao aproximar o objeto real do centro óptico (O), posição no qual se encontra a lente, traçando os raios notáveis, observa-se um comportamento semelhante ao caso anterior, no qual os raios não irão se interceptar, como mostra

a Figura 23. Porém, é possível prolongar os raios refratos e nota-se que irão se interceptar em um ponto atrás do objeto e com as seguintes características: tamanho maior que o do objeto, orientação direita (ou seja, igual ao objeto), de natureza virtual e posicionada em algum ponto entre o foco objeto (F_o) o antiprincipal objeto (A_o).

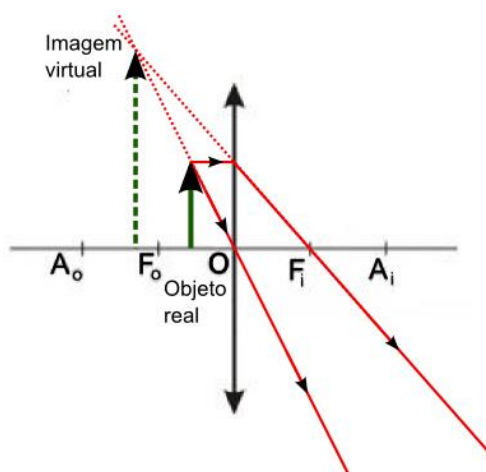


Figura 23 - 5º caso: objeto próximo a lente
Fonte: Próprio autor

Em síntese, têm-se que uma das características da lente convergente é a de que une os raios refratados pela lente, permitindo a formação da imagem. Para isso o objeto deve se posicionar em pontos que se encontram até antes do foco objeto da lente (como se observa nos três primeiros casos), gerando imagens de natureza denominada real e, no qual quanto mais próximo do foco o objeto estiver, maior será o tamanho da imagem formada. Nota-se também que esta imagem com orientação invertida é o único caso projetável, por exemplo em um anteparo. Uma imagem de natureza denominada virtual não é projetável em um anteparo (observe o quinto caso), assim como ocorre nos espelhos planos e também na lente divergente, devido os raios refratados não se interceptarem.

5.6 A Equação dos Pontos Conjugados de Gauss

Atente-se a Figura 24 na qual será considerada algumas medidas de distância de um sistema óptico formado por uma lente delgada convergente.

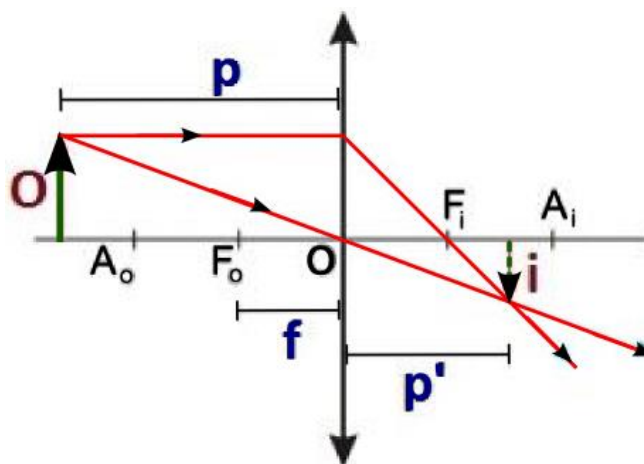


Figura 24 – Exemplo de construção óptica em uma lente convergente
Fonte: <https://www.infoescola.com/optica/determinacao-analitica-de-imagens-nas-lentes/> (Adaptada)

Considere um objeto (o) e sua imagem (i). Pode-se determinar medidas como o tamanho do objeto e imagem e suas respectivas localizações em relação ao sistema óptico. Tais medidas de distâncias podem ser expressas a partir da Equação dos Pontos Conjugados de Gauss (Equação 5):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad (\text{Equação 5})$$

Na qual f corresponde a distância focal, ou seja, a distância entre o ponto focal e o centro óptico da lente, p corresponde a distância entre a posição do objeto sobre o eixo principal e o vértice da lente e p' corresponde a distância entre a posição da imagem formada sobre o eixo principal e o vértice da lente. Tais distâncias podem ser medidas no sistema internacional de unidades (S.I.) em metros, porém é muito

comum a medida em centímetros e milímetros. Caso deseje determinar a altura do objeto (**o**) e da imagem (**i**) tal como também o quão grande ou pequena é a imagem formada, em relação ao objeto, ou seja, o seu aumento linear **A** (Equação 6), temos:

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} = \frac{f}{f-p} \quad (\text{Equação 6})$$

5.7 Os instrumentos ópticos

5.7.1 Definição de instrumentos ópticos

Como enfatiza (Carlos, Fuke e Yamamoto, 2010, p.301) denomina-se instrumento óptico toda combinação como espelhos, prismas e lentes. Os instrumentos ópticos têm como finalidade fornecer imagens ampliadas de objetos muito pequenos (microscópio) ou imagens aproximadas de objetos afastados (luneta) ou, então, registrar imagens de objetos (máquina fotográfica). Dependendo da imagem final conjugada pelos instrumentos ópticos, esses se classificam em dois grupos, como apresenta a Quadro 1:

Quadro 1 – Instrumentos óticos de observação e projeção.

Instrumentos de observação	Instrumentos de projeção
Imagens finais virtuais como por exemplo a lupa, microscópio e a luneta.	Imagens finais reais como por exemplo máquinas fotográficas e projetores em geral.

5.7.2 A lupa e a lente biconvexa

A lupa, ou lente de aumento, é constituída de uma lente caracterizada como biconvexa (a mesma utilizada por Girolamo) com a finalidade de gerar uma imagem virtual de tamanho maior que o objeto a ser observado. Como enfatiza Halliday e Resnick (2003), uma imagem de natureza virtual existe apenas no cérebro, embora pareça existir no mundo real. A representação a seguir, na Figura 25, mostra um objeto real AB posicionando entre o foco **F** e o centro óptico da lente. Observe que os raios refratados na lente não se interceptam em nenhum ponto e se orientam aos olhos do observador. A imagem A'B' é formada a partir dos raios prolongados (linhas tracejadas), de natureza virtual, posicionada atrás do foco, com orientação direita e de tamanho maior que o objeto, assim como visto anteriormente ao analisar o 5º caso de formação de imagens em lentes delgadas convergentes (Figura 23).

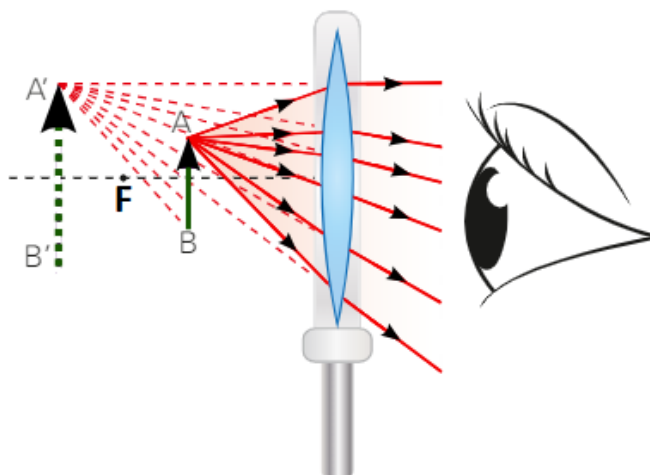


Figura 25 – A lupa: esquema dos raios de luz
Fonte: Próprio autor (Adaptado)

Tomando uma segunda situação experimental para o mesmo tipo de lente, posicionando a lupa de modo que o objeto ou a fonte de luz esteja atrás do foco de sua lente biconvexa, ocorre que esta lente possuirá comportamento convergente no sentido de unir os raios em um único ponto produzindo imagens reais

(Figura 26). Novamente, como apresenta Halliday e Resnick (2003), uma imagem real é aquela produzida em uma superfície (ou anteparo) como uma folha de papel ou uma tela de cinema. Podemos ver a formação da imagem, mas neste caso a existência da imagem não depende da presença de espectadores.

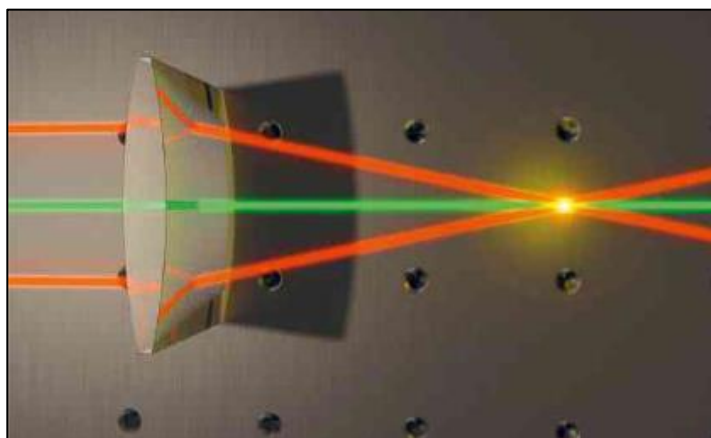


Figura 26 – Raios convergentes refratados em uma lente biconvexa
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lentes-1.htm>

5.7.3 O projetor de imagens

Os modelos mais básicos de projetores, como apresenta (Carlos, Fuke e Yamamoto, 2010, p.308), por meio de uma lente convergente (objetiva) fornece imagens reais, invertidas e maiores que o objeto (filme ou slide). A Figura 27 apresenta o funcionamento óptico de um projetor, no qual temos o objeto (semitransparente) posicionado em frente a uma fonte de luz primária.

Os raios de luz provenientes desta fonte iluminam o objeto, que estando posicionado entre o centro de curvatura e o foco objeto (simbolizado como F_2) da lente biconvexa (lente objetiva) logo a frente, permite a projeção da imagem em uma tela (anteparo), que se encontra em um ponto exterior ao equipamento.

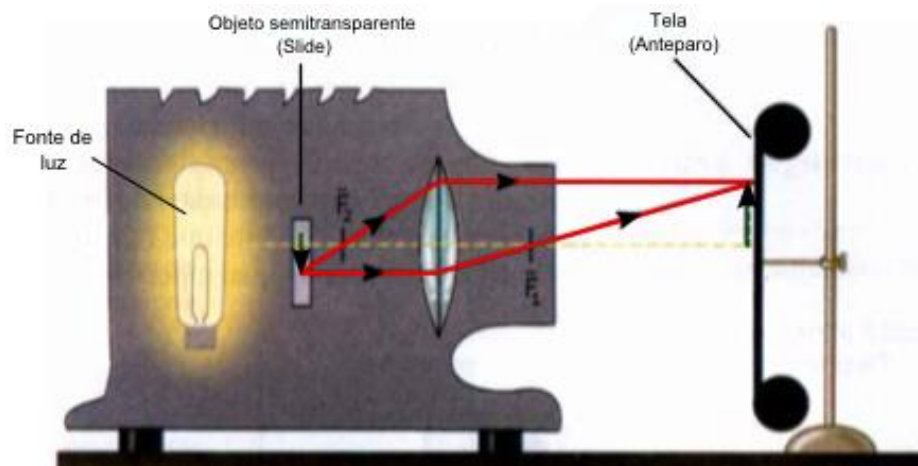


Figura 27 – Esquema de um projetor de slides
 Fonte: Alvarenga e Máximo (2000, p.267) – Adaptada

A projeção é de natureza real, logo a imagem é invertida em relação ao objeto, como mostra a construção simplificada na Figura 28.

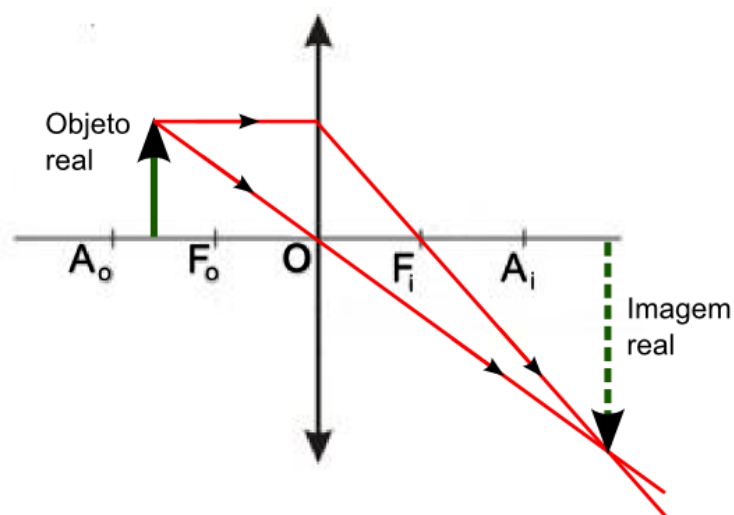


Figura 28 – Esquema gráfico simplificado da imagem projetada
 Fonte: Próprio autor

Posicionando o objeto de modo perpendicular ao eixo principal, entre o ponto antiprincipal objeto (A_o) e o foco principal objeto (F_o), pode-se traçar dois raios notáveis (setas orientadas), sendo um incidindo perpendicularmente ao eixo principal, atingindo a lente e refratando em direção ao foco principal imagem (F_i) e, outro raio que incide no centro óptico (O), sem sofrer desvio, atravessando a lente.

O cruzamento de ambos raios projetados, como já analisado anteriormente, uma imagem de natureza real, orientação invertida e dimensão maior que o objeto.

Para que o equipamento seja do agrado dos utilizários, torna-se conveniente colocar o objeto com orientação invertida para que assim a imagem se apresente como se fosse direita em relação ao objeto dentro do projetor, como mostra a Figura 29.

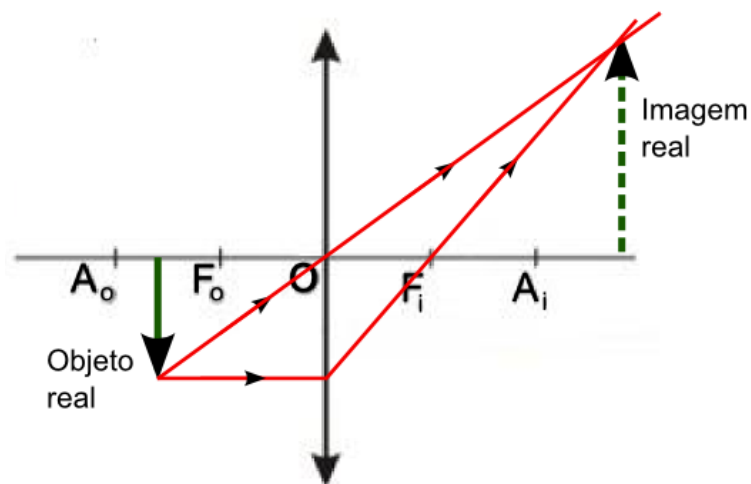


Figura 29 – Esquema gráfico simplificado da imagem formada no projetor
Fonte: Próprio autor

6. METODOLOGIA

6.1 Local e participantes da atividade

A atividade foi realizada no período regular diurno em uma escola particular, situada na cidade de Martinópolis, estado de São Paulo, para os alunos do 1º ano do Ensino Médio, que conta com um total de 24 alunos. O prédio da instituição conta com salas de aula com notebooks e equipamento multimídia, acessibilidade e inclusão para o ensino, um laboratório de informática, porém não há um laboratório específico para atividades experimentais.

6.2 A Sequência didática

A sequência didática aplicada possui um total de 8 aulas, cada uma de 50 minutos, organizadas e desenvolvidas de forma a possibilitar a aprendizagem contextualizada e significativa dos alunos. Assim, na Quadro 2 abaixo, apresenta-se o conteúdo programático das atividades.

Quadro 2 – Conteúdo programático das atividades proposta.

Aula	Conteúdo programático
Duas aulas	Com o auxílio de multimídia para a apresentação de slides com o objetivo de retomar os conceitos básicos (subsunçores) necessários à aprendizagem do assunto. Nestas aulas, foram reforçados os conceitos e princípios da óptica geométrica, suas aplicações em instrumentos ópticos e o contexto histórico sobre o período renascentista e as técnicas artísticas envolvendo a utilização da câmara escura de orifício.
Duas aulas	Com o intuito de consolidar os conhecimentos prévios e contextualizar o assunto que foi desenvolvido ao longo da sequência. Para isso, ao final da aula anterior, os alunos se organizaram em seis grupos, cada grupo contendo quatro alunos, para os quais foram sorteados seis temas dentro do conteúdo abordado na aula de conhecimentos prévios, foi atribuindo que cada grupo fizesse uma pesquisa em casa a fim de ser apresentada aos demais alunos em sala de aula, anotando na lousa os principais tópicos analisados na pesquisa.
Duas aulas	A reprodução da imagem projetada e a leitura das medidas necessárias. Nestas aulas, foram entregues caixas de supermercado de variadas dimensões com as quais os alunos, a partir do auxílio de um roteiro experimental e alguns instrumentos, confeccionaram um retroprojeto caseiro (simples) no qual um aparelho celular tinha a função de fonte de luz e continha a figura a ser projetada em uma cartolina fixada nas paredes da sala de aula. Com lápis e canetinhas, os alunos reproduziram as figuras na cartolina caracterizando a técnica utilizada no período renascentista por consagrados nomes na arte e na ciência, como Leonardo Da Vinci. O roteiro experimental também conta com perguntas ao grupo que visa fazer análises em relação analisar o processo de montagem, posição da caixa, orientação do celular em relação à lupa e o esquema gráfico dos raios de luz para a formação de imagem, assim como o conceito de imagem real ou virtual.
Duas aulas	A aplicação de uma avaliação individual no qual será cobrado o conteúdo abordado focando nas principais características para a definição do conceito de imagem

6.3 Exposição teórica

Esta aula teve como objetivo um levantamento dos fundamentos da óptica geométrica estudadas pelos alunos desde o início do ano em uma das duas frentes apresentadas pelo material do colégio. Após as devidas apresentações, como mostra a sequência de fotos da Figura 30 (referentes aos slides 1 e 2 no Apêndice A), revelou-se aos alunos que a aula visa compreender não apenas os princípios físicos da óptica geométrica, mas também o funcionamento e o comportamento de alguns instrumentos ópticos para a construção de projetor simples e desenvolver uma atividade de caráter investigativo.



Figura 30 – Introdução e objetivos da aula
Fonte: Próprio autor

A aula se inicia apresentando a origem da palavra óptica e como compreendemos o conceito de conseguirmos enxergar o ambiente e os seres à nossa volta; este foi um questionamento que proporcionou interação entre os alunos, e no qual alguns recordaram que a luz proveniente ou refletida por um objeto atinge a retina e nos permite enxergar. Para complementar a resposta dos alunos, foi apresentado o comportamento retilíneo da propagação da luz de acordo com os estudos de Alhazem, apresentando a ideia das setas orientadas, como mostra a

Figura 31a. Neste momento, foi reforçado que a capacidade de enxergar depende da presença de fontes primárias que emitem luz, como por exemplo o Sol ou uma lâmpada acesa a iluminar o ambiente ou fontes secundárias como a Lua que reflete a luz solar na Terra. Por conseguinte, os meios ópticos, como mostra a Figura 31b, geraram uma discussão que reforçaria a compreensão da propagação retilínea da luz em meios homogêneos. (Figuras referentes aos slides 4 e 5 do Apêndice A).

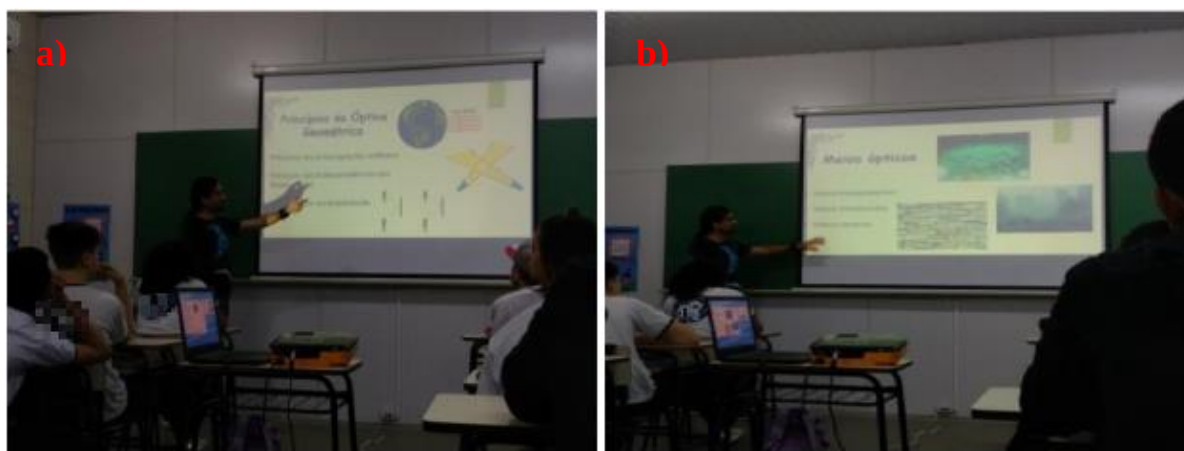


Figura 31 – a) Apresentando os fundamentos b) Os meios ópticos
Fonte: Próprio autor

O próximo ato da aula foi direcionado à apresentação de alguns instrumentos ópticos necessários para a construção do projetor simples. Iniciando-se pelo estudo da câmara escura, foi apresentando os primeiros idealizadores e suas primeiras aplicações. Este instrumento óptico foi de fácil recordação dos alunos devido a várias abordagens em exercícios e a técnica matemática para a definição do tamanho da imagem, realizadas nas aulas regulares. Os alunos reforçaram que a imagem projetada no fundo de uma câmara escura é invertida em relação ao objeto.

A sequência de fotos da Figura 32 (referentes aos slides 7, 8, 9, 10, 11 e 12 do Apêndice A), apresentou-se a evolução das técnicas de uso da câmara escura e suas funcionalidades.

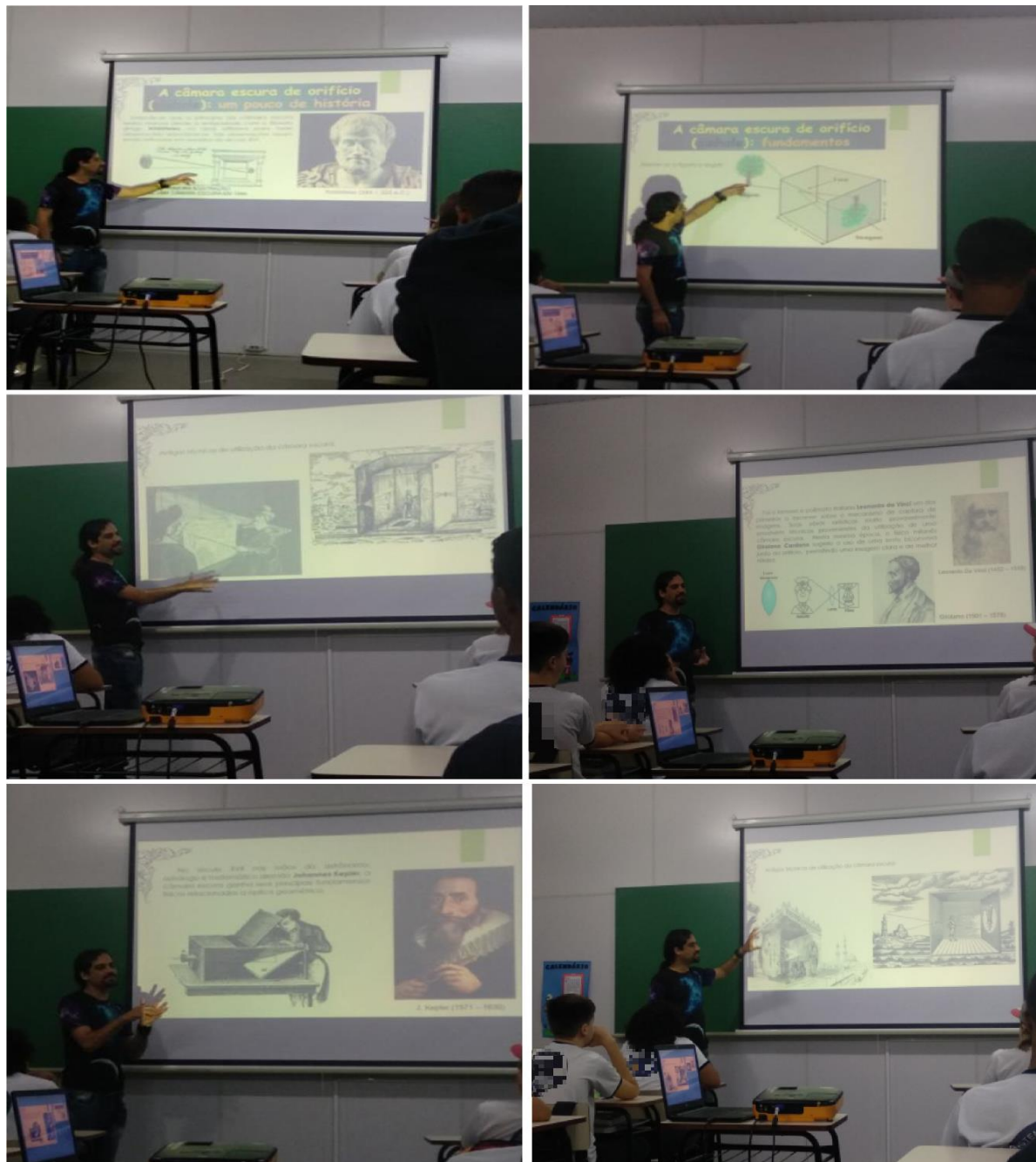


Figura 32 – A evolução e técnicas de uso da câmara escura
Fonte: Próprio autor

O segundo instrumento óptico a ser apresentado foi a lente biconvexa, suas características, primeiras aplicações e o comportamento da luz ao incidir sobre

ela, como mostra a Figura 33 (referente ao slide 13 do Apêndice A). A primeira lembrança dos alunos é a utilização desta lente no instrumento que chamamos de lupa (lente de aumento) para melhor observar textos, documentos etc.



Figura 33 – A lupa e sua funcionalidade
Fonte: Próprio autor

Uma lente biconvexa, ao ser instalada no orifício de uma câmara escura, permite uma melhor definição da imagem projetada. Ao discutir o comportamento da luz, os alunos ainda relacionavam a interação da luz com a lente aplicando o princípio da reflexão da luz visto nos espelhos planos. Nesse momento, foi importante frisar que o conceito correto é o princípio da refração. Com o auxílio de esquemas ópticos foi possível mostrar que os raios de luz que incidem em uma lente biconvexa ao sofrerem refração convergem para um único ponto. Isso provocou o seguinte questionamento: “isso funciona em qualquer situação?”. O estudo da refração é um tema recente aos alunos, logo foi necessário frisar que para o nosso experimento a

fonte de luz deve ser incidida próximo ao ponto focal da lente. Neste momento, foram utilizados os espaços vagos da lousa para representações extras.

Um dos pontos chaves deste trabalho foi mostrar aos alunos que, dependendo da posição de uma fonte de luz, a imagem formada pode ser de natureza real ou virtual, enfatizando também, as demais características (dimensão e orientação da imagem), o que gerou discussão entre os alunos, levantando conhecimentos prévios. A lente de aumento gera imagens de natureza virtual ao colocar o objeto a ser visualizado entre o foco e o centro óptico da lente. Para que ela consiga projetar imagens de natureza real, é necessário posicionar o objeto (ou a fonte de luz) antes do ponto focal, como mostra a Figura 34 (referente ao slide 14 do Apêndice A).



Figura 34 – Raios convergindo ao ponto focal
Fonte: Próprio autor

O terceiro e último instrumento óptico foi o projetor, o qual os alunos logo relacionaram ao equipamento de multimídia utilizado em sala de aula, como mostra a Figura 35 (referente ao slide 16 do Apêndice A), recordando modelos e funcionalidades.



Figura 35 – Apresentando projetores cotidianos
Fonte: Próprio autor

O esquema gráfico do comportamento dos raios de luz dentro do projetor, apresentado na Figura 36 (referente ao slide 15 do Apêndice A) foi mais fácil de ser interpretado pelos alunos, pois já tinha analisado o comportamento da lente biconvexa. Reforçando aos alunos a importância do eixo principal, esquematizado na lousa à esquerda da Figura 36, pôde-se apresentar os raios notáveis que se propagam da fonte de luz, atravessa a lente e atinge o anteparo, para a formação (ou projeção) da imagem.



Figura 36 – Projetores: esquema gráfico
Fonte: Próprio autor

Neste ponto, foi possível mostrar que além da imagem projetada ser real e com orientação invertida em relação ao objeto, ao aproximar o objeto do ponto focal, o tamanho da imagem aumenta. Muito importante foi frisar que a imagem constantemente é revertida (ou seja, invertida na horizontal) assim como acontece nos espelhos planos. Análises estas, importantes a serem feitas na aula experimental.

Aproximando-se o término da aula, foi realizada uma investigação histórica do período renascentista como apresenta a Figura 37a, em que os conhecimentos sobre a óptica geométrica e a aplicação de instrumentos ópticos, como a câmara escura e a lente biconvexa, poderiam ser utilizadas como ferramentas para a confecção de obras de arte, como apresenta os estudos de David Hockney. Como exemplos, foram apresentadas técnicas de obtenção da imagem em uma câmara escura, mostrando o quão pode-se aproximar da captação em

comparação a uma máquina fotográfica moderna, como mostra a Figura 37b. Ambas as figuras referentes aos slides 17 e 19 do Apêndice A).

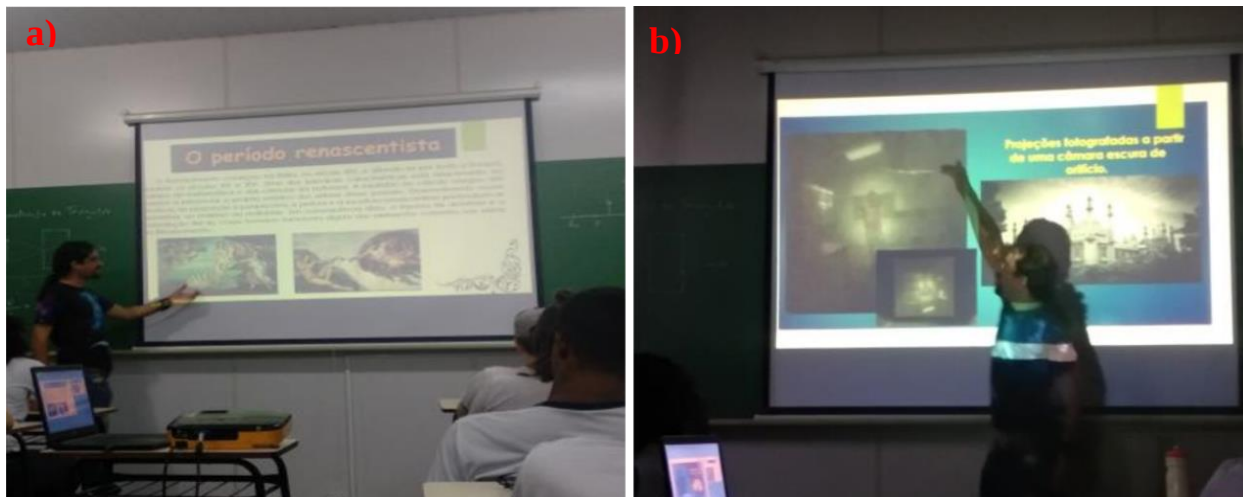


Figura 37 – a) Contexto histórico: O renascimento. b) Técnicas de captação da imagem
Fonte: Próprio autor

Ao final, foi realizado o sorteio dos temas a fim de criar grupos para a atividade da próxima aula.

6.4 A apresentação dos grupos (sugestão de aula invertida)

A segunda etapa consistiu em duas aulas geminadas para aplicar a ferramenta de sala de aula invertida com base na “aprendizagem baseada em projetos (ABP)”, na qual os alunos apresentam o levantamento das pesquisas de grupo feito em casa para ser apresentado (Os temas propostos estão disponíveis no Apêndice D). No Quadro 3 apresentam-se os temas e os objetivos de cada grupo:

Quadro 3 – Temas e os objetivos para os grupos

Grupos	Objetivos
Grupo I	Pesquisar a importância do uso da lente biconvexa, assim como a análise de suas características e qual a condição Física ideal para ser utilizada em nosso futuro experimento. Palavras-chaves: lentes esféricas, nomenclatura e índice de refração.
Grupo II	Fazer um levantamento sobre a câmara escura, como é a característica da imagem formada, as condições de nitidez e qual a consequência desta melhora. Palavras chaves: princípios da óptica geométrica e semelhança de triângulos.
Grupo III	Como objetivo de pesquisa realizar um aprofundamento dos princípios da óptica geométrica, se há como provar a propagação retilínea e se a luz pode se propagar de outra maneira. Palavra-chave: princípios da óptica geométrica.
Grupo IV	Fazer um levantamento do funcionamento dos projetores e descrever o esquema óptico associado aos projetores. Palavras-chave: lentes esféricas, raios notáveis e formação de imagens.
Grupo V	Um levantamento dos estudos da câmara escura associadas ao olho humano, explicando o porquê em nossa retina a imagem se forma invertida, porém a nossa visão é direita. Palavras-chave: lentes esféricas e o globo ocular.
Grupo VI	Um levantamento do contexto histórico relacionado ao período renascentista, o que foi este período e qual sua importância para o desenvolvimento científico. Palavras-chave: período renascentista, história da ciência.

6.5 Aula experimental (Confeccionando um projetor simples)

A última etapa consistiu na aula experimental com o intuito de recriar antigas técnicas renascentistas. Os alunos organizaram a sala de modo a fixar uma carteira frente a uma das paredes da sala de aula.

Cada grupo recebeu (como mostra a sequência de fotos da Figura 38) um caixote de papelão, uma lupa média, cartolina, fita adesiva, régua e uma folha contendo o roteiro experimental (disponível no Apêndice D) com questões a serem respondidas durante a montagem. O manual de montagem do projetor simples também está disponível no Apêndice D. Partindo das orientações do roteiro, foi realizado com um lápis a marcação e o recorte lateral na caixa para introduzir a lupa. Dentro da caixa, cada grupo criou métodos de como manter o aparelho celular na posição horizontal, com a tela virada para face da caixa onde estava instalada a lente.



Figura 38 – Procedimento de montagem I
Fonte: Próprio autor

Em relação ao aparelho celular, orientou-se de preferência utilizar desenhos do formato “*stencil*” (Figura 39).



Figura 39 – Exemplos de figuras no formato “*stencil*”

Fonte: <https://pt.dhgate.com/product/hotmeini-wholesale-20pcs-lot-58cm-x-29cm/446402098.html>

Em seguida, como mostra a sequência da Figura 40 com a fita isolante e roupas escuras, tampa-se as caixas, prende a cartolina na parede, escurece a sala e se inicia o processo de desenho das imagens projetadas.



Figura 40 – Procedimento de montagem II

Fonte: Próprio autor

Como pedem as questões, os alunos de cada grupo, com auxílio da fita métrica, como mostra a sequência da Figura 41, vão anotando dados como a distância que o celular se encontra da lupa e a distância entre a caixa e o anteparo (cartolina).



Figura 41 – Medições com a fita métrica
Fonte: Próprio autor

Determinada a condição ideal de nitidez, cada grupo com o uso de lápis de cores e “canetinhas”, iniciaram o contorno e acabamento das projeções como mostra a sequência da Figura 42.

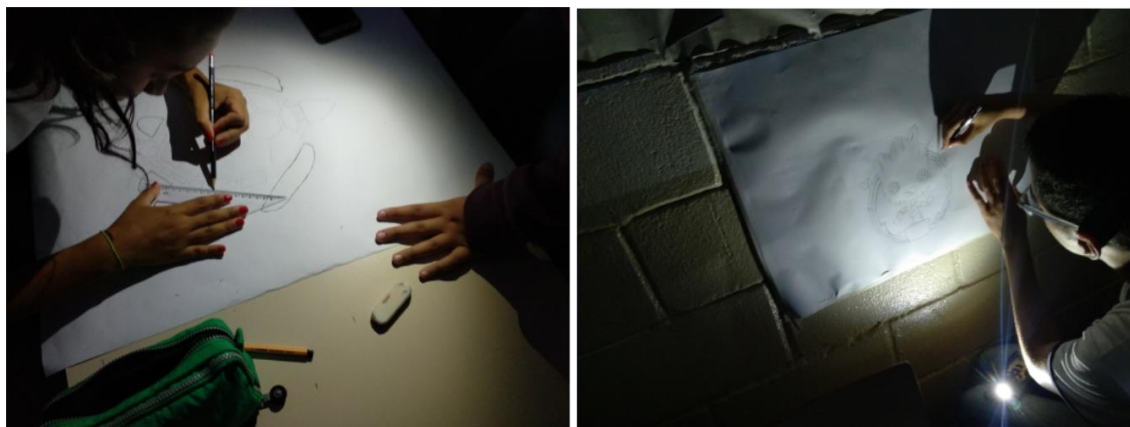


Figura 42 – Procedimento de contorno e acabamento das projeções
Fonte: Próprio autor

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 A apresentação dos grupos

A etapa de apresentações de grupos começa com um pequeno instante de introdução e instrução, cada apresentação não possuía um tempo estimado e poderia pausar para fazer alguma discussão. Os resultados do levantamento das informações, na íntegra de cada grupo, estão disponíveis no Apêndice B. Os alunos tinham liberdade para usar a lousa para esclarecer pontos da teoria e descrever esquemas ópticos, assim como o acesso à multimídia. Os estudantes demonstraram entusiasmo e podia-se notar a vontade de atenção ao que se desejava apresentar.

Iniciando-se as apresentações, o grupo I (Figura 43) teve como objetivo de pesquisa analisar a importância do uso da lente biconvexa, assim como a análise de suas características e qual a condição física ideal para ser utilizada no futuro experimento.



Figura 43 – Apresentação do grupo I
Fonte: Próprio autor

Com base em pesquisas via internet cada integrante do grupo tomou uma parte do levantamento e apresentou a classe, associando o comportamento das lentes biconvexas ao fenômeno da refração, o conceito de índice de refração e o comportamento dos raios de luz provenientes de fontes distantes, como mostra a Figura 44 a seguir.

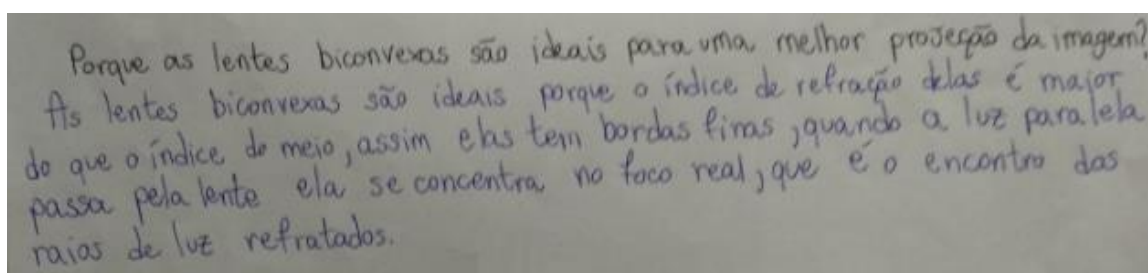


Figura 44 – Levantamento sobre as lentes biconvexas
Fonte: Próprio autor

As características da lente são abordadas em relação a seu formato, com duas faces convexas, como mostra a Figura 45. Uma observação apenas ao equívoco de nomear as lentes como espelhos, confundindo assim o comportamento como a luz interage com a lente, já que em espelhos observa-se o fenômeno da reflexão e nas lentes o fenômeno da refração.

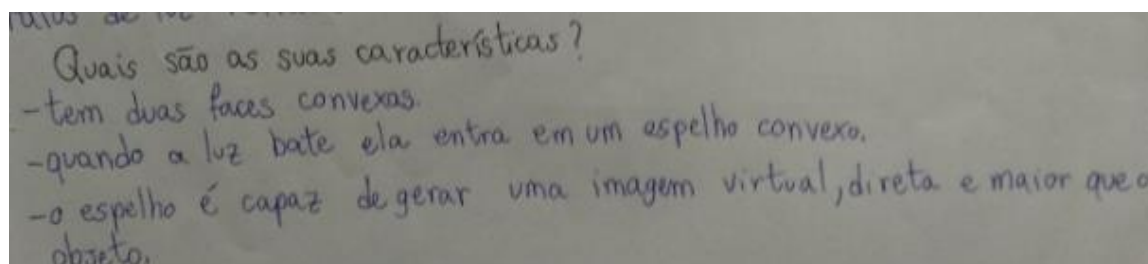
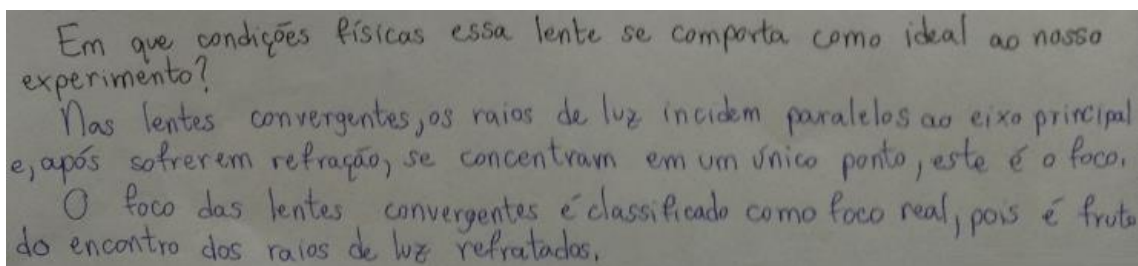


Figura 45 – Levantamento das características de uma lente biconvexa
Fonte: Próprio autor

E por fim propuseram uma explicação das condições físicas ideais da lente para que seja possível realizar o experimento, Figura 46.



Em que condições físicas essa lente se comporta como ideal ao nosso experimento?

Nas lentes convergentes, os raios de luz incidem paralelos ao eixo principal e, após sofrerem refração, se concentram em um único ponto, este é o foco.

O foco das lentes convergentes é classificado como foco real, pois é fruto do encontro dos raios de luz refratados.

Figura 46 – Levantamento das condições físicas de existência da lente biconvexa
Fonte: Próprio autor

Um equívoco do grupo foi confundir a construção da formação da imagem em lentes com a formação em espelhos esféricos, assim como citarem a imagem formada ser de natureza virtual, direita e maior que o objeto. Este levantamento coincide com o fato de as construções de imagens em espelhos esféricos serem trabalhadas com os alunos pela professora da frente em questão.

O grupo II teve como objetivo de pesquisa um levantamento sobre a câmara escura, como é a característica da imagem formada, as condições de nitidez e qual a consequência desta melhora. Este grupo acabou fazendo uma apresentação breve apenas levantando tópicos a classe enfatizando a condição para a propagação retilínea da luz considerando um meio homogêneo, isotrópico e transparente. O princípio da reversibilidade e o princípio da independência dos raios de luz também foram citados pedindo à classe que fosse recordado o que já foi visto em classe em aulas anteriores com a professora da matéria. A apresentação termina com um esboço da câmara escura, representando as características para a formação da imagem, como mostra a Figura 47.

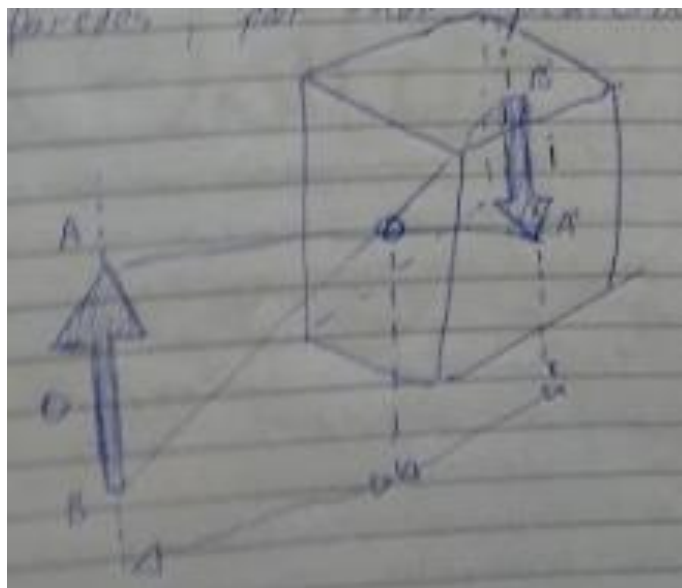


Figura 47 – Representação de uma câmara escura de orifício
Fonte: Próprio autor

As condições de nitidez foram bem recordadas ao citar a importância do tamanho do orifício e o trabalho de Girolano ao usar a lente biconvexa em seus experimentos.

O grupo III (Figura 48) teve como objetivo de pesquisa realizar um aprofundamento dos princípios da óptica geométrica, se há como provar a propagação retilínea e se a luz pode se propagar de outra maneira.



Figura 48 – Apresentação do grupo III

Este grupo não fez muitas anotações para o seu levantamento, utilizando a lousa apenas para comentar sobre o princípio da propagação retilínea, o princípio da independência dos raios de luz e o princípio da reversibilidade (assim como o grupo anterior), porém o grupo teve uma dificuldade em compreender as condições para a propagação retilínea e se a luz pode se propagar de outro modo.

O grupo IV (Figura 49) teve como objetivo de pesquisa fazer um levantamento do funcionamento dos projetores e descrever o sistema óptico associado aos projetores.



Figura 49 – Apresentação do grupo IV
Fonte: Próprio autor

O grupo começou seu levantamento embasados nos estudos sobre os espelhos esféricos enfatizando os pontos principais sobre o eixo principal, porém a análise do comportamento de luz nos projetores deve ser associada as lentes, o que gerou de forma positiva uma discussão entre os alunos sobre como funciona as construções de imagens em lentes e espelhos esféricos. Por conseguinte, o grupo

esboçou na lousa a construção da formação de imagens em lentes com base nos levantamentos trazidos do estudo em grupo fora da aula.

O grupo V (Figura 50) teve como objetivo de pesquisa um levantamento dos estudos da câmara escura associadas ao olho humano, explicando o que justifica a projeção de uma imagem invertida na retina, porém a visão humana possui orientação direita.



Figura 50 – Apresentação do grupo V
Fonte: Próprio autor

O grupo se posicionou com entusiasmo, de forma que cada aluno apresentou uma parte das características biológicas do olho humano. A Figura 51 apresenta um trecho do levantamento do grupo sobre as características do olho humano.

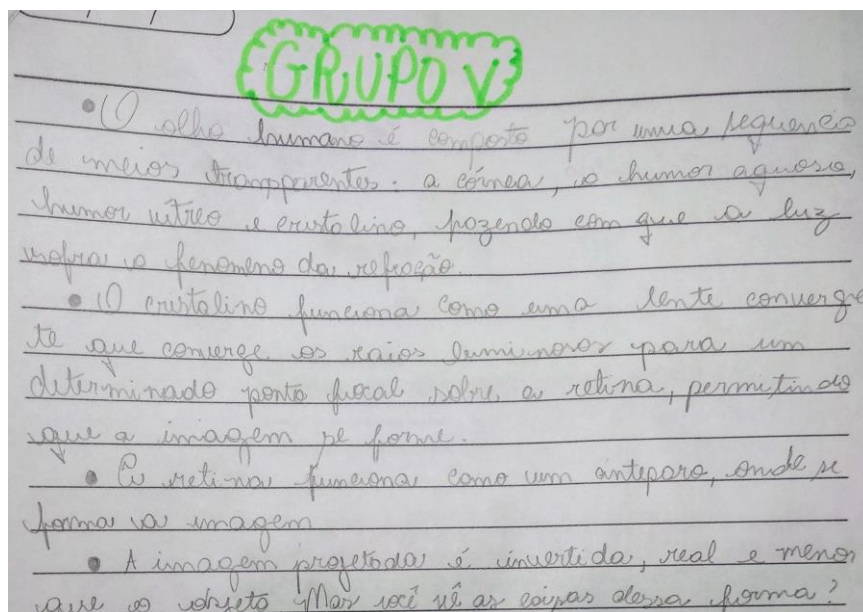


Figura 51 – Levantamento sobre as características no olho humano.

Fonte: Próprio autor

O grupo VI teve como objetivo de pesquisa um levantamento do contexto histórico relacionado ao período renascentista, o que foi este período e sua importância para o desenvolvimento científico. Infelizmente este grupo não realizou nenhum levantamento para a aula, ficando apenas o levantamento de conhecimento prévios da primeira aula.

7.2 Levantamento do questionário do roteiro experimental

No último encontro, com o auxílio do roteiro experimental em mãos cada grupo iniciou a confecção do projetor caseiro. Um ponto a se considerar é que algumas questões do roteiro relativos a distância do projetor ao anteparo, a distância do aparelho celular à lupa e as dimensões, em polegadas da imagem projetada podem divergir de grupo para grupo pois a ideia consiste em eles procurarem a melhor definição possível durante o experimento. Os resultados do levantamento do

questionário do roteiro experimental, na íntegra de cada grupo, estão disponíveis no Apêndice C.

A Questão a) reforça a cada grupo observar o comportamento dos feixes de luz provenientes do aparelho celular ao incidir na lupa e quais princípios da óptica geométrica são considerados. A principal análise geral dos grupos foi que os raios incidem na lente divergindo do aparelho celular reforçando os princípios da propagação retilínea e da independência dos raios de luz, porém apenas um grupo remete ao fenômeno da refração como característica dos feixes ao passar pela lente biconvexa.

A questão b) pede a distância que o celular se encontra da lupa, o que remete a um resultado que irá depender das dimensões da caixa de papelão utilizada. O grupo I obteve de 9 cm, sendo a menor distância obtida entre os grupos. Os grupos III e VI obtiveram 24 cm em seus resultados, sendo este a maior distância.

A questão c) remete a distância que o projetor se encontra do anteparo fixado nas paredes da sala de aula. A menor distância foi relatada pelo grupo IV com 64 cm e a maior distância com o grupo I com 1 metro.

A questão d) pediu ao grupo para verificar a que distância se obteve a condição de nitidez da imagem projetada. Quatro grupos consideraram a distância da questão anterior ideal, porém os demais grupos demarcaram uma diferença de 15 cm em relação a medida anterior.

Para melhor compreensão das dimensões da imagem projetada, com o uso da régua cada aluno na questão e) determinou, aproximadamente quantas polegadas a imagem possui. Para isso utiliza-se a seguinte relação abaixo:

Medida diagonal $\div$ (2,54)

Como resultado, temos que o menor tamanho foi de aproximadamente 8 polegadas e o maior tamanho corresponde a 15 polegadas. Alguns grupos apresentaram também as medidas de comprimento e largura nos dados. As Figuras 52 e 53 apresenta algumas projeções realizadas pelos grupos:



Figura 52 – Projeções I
Fonte: Próprio autor

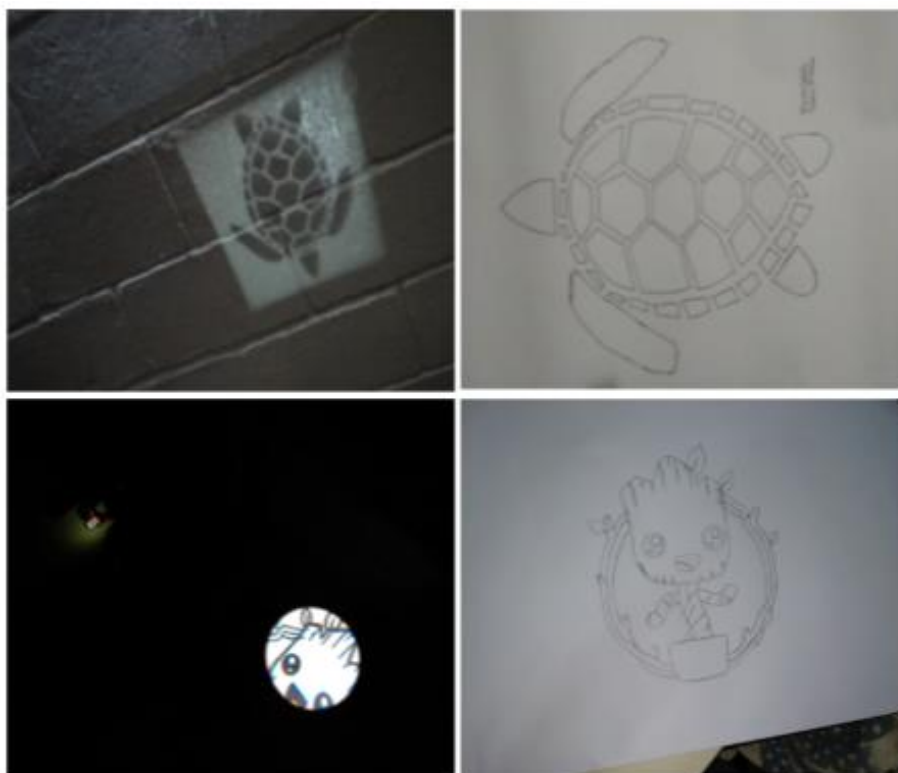


Figura 53 – Projeções II
Fonte: Próprio autor

A questão f) pede para cada grupo observar o que deve ser feito para a imagem projetada não ficar de cabeça para baixo (invertida), o que experimentalmente logo notaram a importância de posicionar a imagem dentro da caixa de cabeça para baixo, assim como observado no comportamento da câmara escura.

A questão g) reforça o objetivo do experimento em conceituar as imagens obtidas, as quais poderiam ser de natureza real ou virtual. Todos os grupos definiram a imagem como real, considerando a principal característica o fato da imagem ser projetável, como mostra as informações representadas na Figura 54.

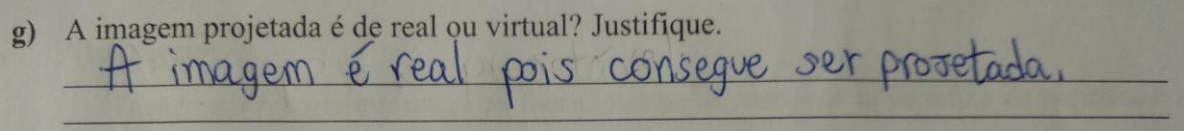


Figura 54 – Análise quanto a natureza de uma imagem (1)
Fonte: Próprio autor

O grupo II foi o único a analisar o comportamento dos raios de luz fazendo a seguinte observação na Figura 55:

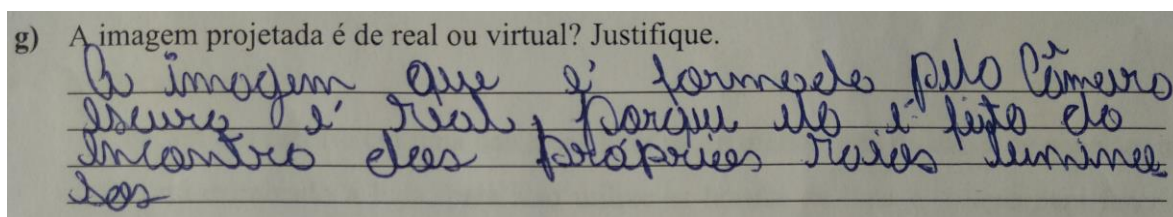


Figura 55 – Análise quanto a natureza de uma imagem (2)
Fonte: Próprio autor

De fato, uma imagem de natureza real é formada a partir do encontro dos raios incidentes do objeto.

A Figura 56 apresenta um equívoco em relação a esta questão:

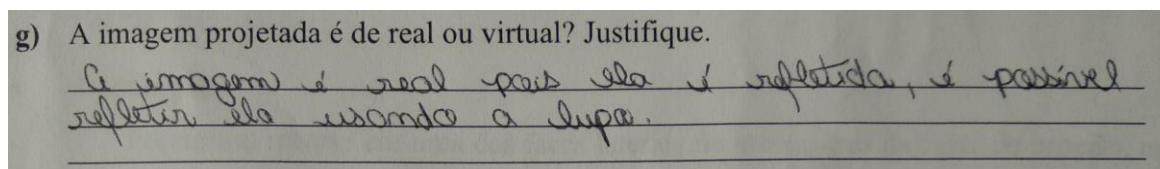


Figura 56 – Análise quanto a natureza de uma imagem (3)
Fonte: Próprio autor

O fenômeno da refração da luz está sendo apresentado aos alunos durante o trabalho sendo apenas o fenômeno da reflexão da luz o conhecimento mais bem estruturado até o momento.

Na questão h), última do roteiro experimental, pede-se o esquema gráfico da projeção da imagem realizada por cada grupo de acordo com os dados obtidos.

A Figura 57 apresenta o esquema gráfico plotado por cada grupo:

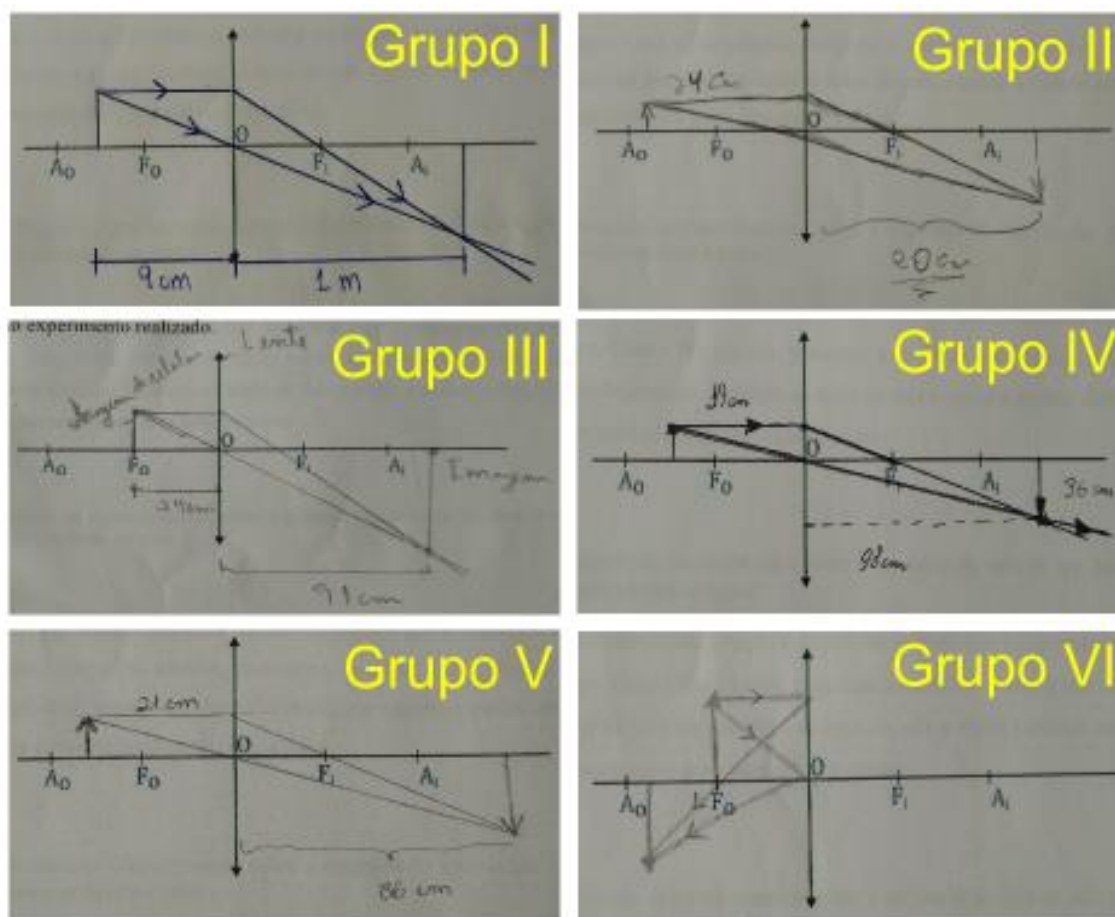


Figura 57 – Construções gráficas de cada grupo
Fonte: Próprio autor

O esquema gráfico é de grande importância para se entender o comportamento final da imagem. Note que a maioria dos grupos considerou corretamente a posição do objeto (aparelho celular) entre o ponto antiprincipal objeto (A_0) e o ponto focal objeto (F_0). O grupo III e IV infelizmente considerou a posição do objeto no foco e o grupo VI como esperado do levantamento dos dados considerou o fenômeno da reflexão no experimento.

7.3 Análise das questões da avaliação final

Como encerramento do trabalho, realizou-se uma avaliação individual, valendo 8 pontos. A prova foi elaborada com 6 questões de valores 1 e 2 pontos, abordando de forma qualitativa e quantitativa os tópicos trabalhos nas aulas anteriores.

A primeira questão, Figura 58, valendo 1 ponto, se trata de uma cruzadinha a fim de os alunos recordarem os principais idealizadores/estudiosos sobre o princípio da câmara escura na história da Ciência.

01. (1 ponto) Complete a cruzadinha abaixo referente aos principais idealizadores/estudiosos no estudo da óptica e da câmara escura na história da ciência.

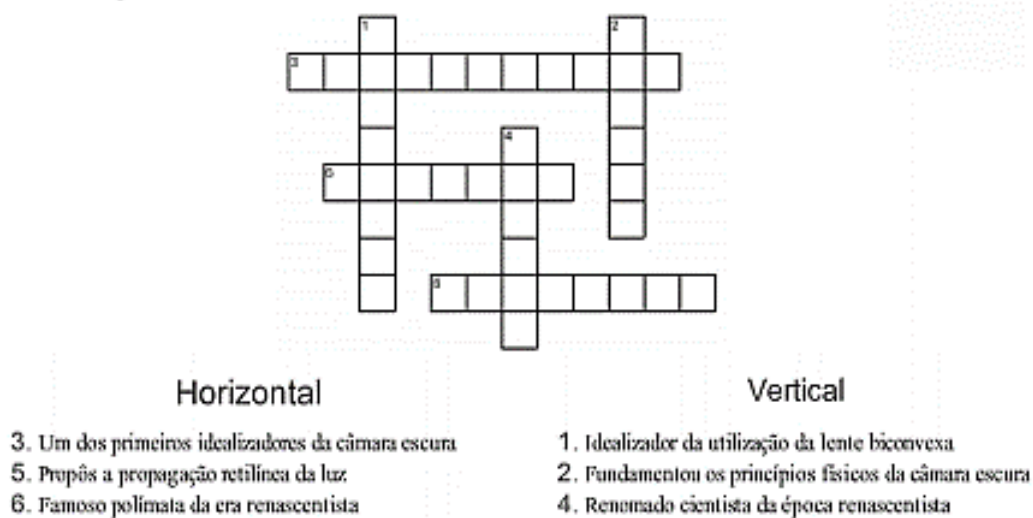


Figura 58 – Questão 1 da avaliação final
Fonte: Próprio autor

O Gráfico 1 apresenta o percentual de acertos e erros de cada aluno, no qual 46% dos alunos atingiram a pontuação máxima desta questão, 37% acertou metade da cruzadinha e 17% não tiveram sucesso. O contexto histórico abordado foi apresentado na aula de levantamento de conhecimentos prévios, porém não foi

feito nenhum levantamento por parte dos alunos na sala de aula invertida o que acarretou uma porcentagem abaixo do esperado.

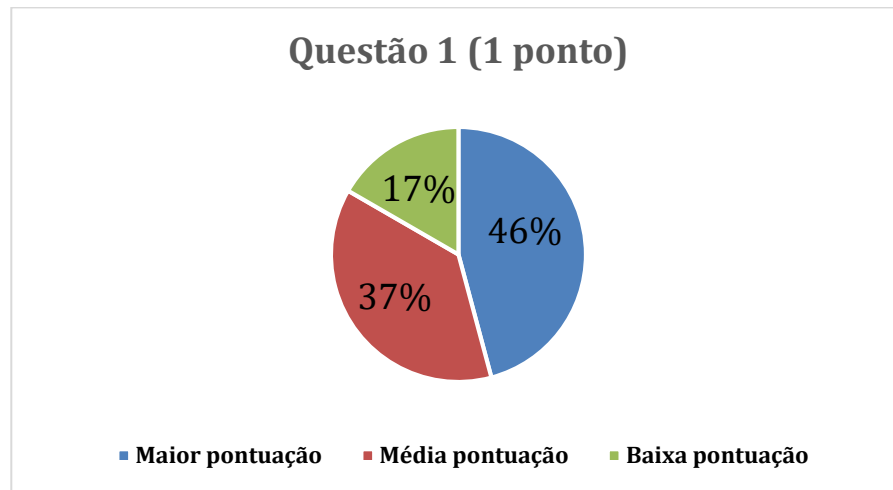


Gráfico 1 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 1.
Fonte: Próprio autor

A segunda questão, Figura 59, teve como objetivo fazer uma análise qualitativa (com a necessidade de uma justificativa) sobre os princípios da óptica geométrica, os instrumentos ópticos e a imagem formada.

02. (1 ponto) Assinale com verdadeiro (**V**) ou falso (**F**) as proposições a seguir:

- () Pelo princípio da independência dos raios de luz, se dois feixes se propagarem num meio homogêneo e transparente, após se interceptarem em certo ponto, terão seu deslocamento desviado.
- () Sobre a natureza da imagem é dito que uma imagem virtual é projetável.
- () Uma lente biconvexa apresenta comportamento convergente quando o índice de refração do meio externo for menor que o do material que constitui a lente.
- () Para que uma lupa funcione como lente de aumento, ela precisa ter um comportamento convergente e o objeto a ser analisado deve estar posicionado no ponto focal.
- () Toda imagem real é projetável e com orientação invertida em relação ao objeto.

Justifique as falsas:

Figura 59 – Questão 2 da avaliação final
Fonte: Próprio autor

O Gráfico 2 apresenta que 75% atingiram a pontuação máxima na questão, 17% acertou metade e 8% não tiveram sucesso. O fator que melhor justifica o tanto de acertos nesta questão é devido a sala de aula invertida e os procedimentos do roteiro experimental. Cada questão falsa exigia uma justificativa no qual foi bem relatada pelos alunos.

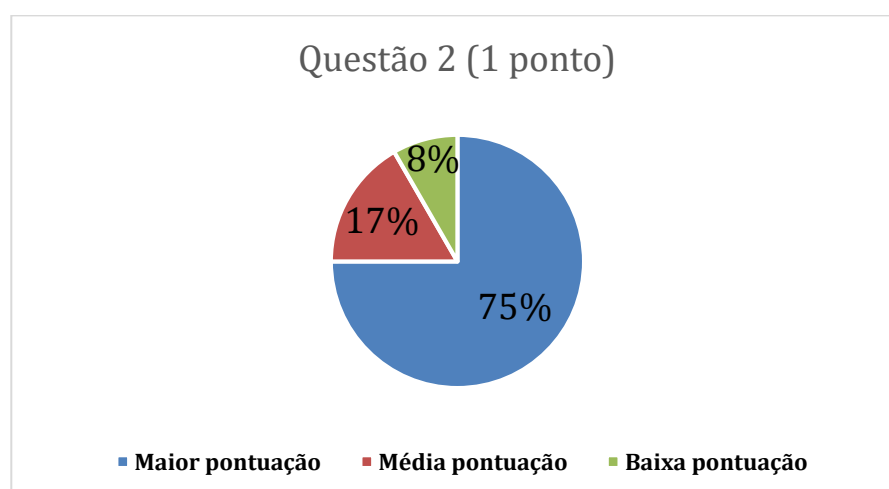
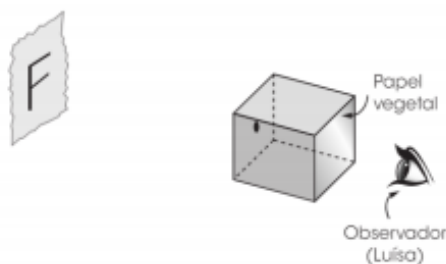


Gráfico 2 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 2.
Fonte: Próprio autor

A terceira questão, Figura 60 propõe ao aluno uma análise qualitativa do comportamento dos raios de luz ao incidir dentro de uma câmara escura. A ideia é definir como a imagem é projetada (qual é a sua orientação e natureza).

- 03.** (1 ponto) Luísa, após sua primeira aula de Óptica no Ensino Médio, resolveu testar seus primeiros aprendizados. Seguindo as instruções de seu professor, construiu uma câmara escura de orifício (câmara pinhole) e dispôs, diante do orifício, uma placa com a letra “F” escrita.



Olhando atrás da câmara, observou uma imagem projetada no papel vegetal localizado na face oposta à que contém o orifício. Responda:

- a) Qual a orientação da imagem formada? Qual a sua natureza?
- b) Represente abaixo o esquema da imagem formada.

Figura 60 – Questão 3 da avaliação final
Fonte: Próprio autor

O Gráfico 3 mostra que 75% dos alunos tiveram êxito ao atingir a pontuação máxima nesta questão, 17% dos alunos acertaram metade e 8% não tiveram sucesso. Para a resolução deste exercício uma parte dos alunos aplicaram os conhecimentos sobre a projeção em uma câmara escura desenhando a possível projeção da letra F no qual levaram em consideração a orientação invertida e revertida horizontalmente.

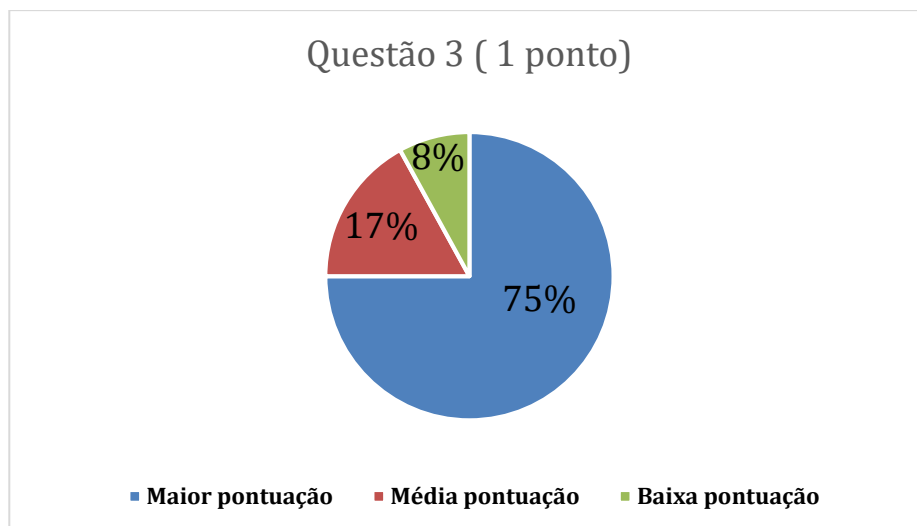


Gráfico 3 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 3.
Fonte: Próprio autor

A quarta questão, Figura 61, tem como objetivo uma aplicação quantitativa contextualizando uma situação das possíveis técnicas de pintura realizadas no período do renascimento. Com base nos dados, pediu-se para calcular a altura da torre.

- 04.(2 pontos) A câmara escura de orifício ao decorrer dos séculos tornou-se uma ferramenta associada à técnicas de desenho (figura abaixo) e observações astronômicas. Considere uma situação na qual uma pessoa deseja desenhar uma torre que se encontra 40 m do orifício de uma grande caixa de madeira, com 4 m de largura que funciona como uma câmara escura. A imagem da torre projetada possui 1,2 m de altura. Qual é a altura da torre.

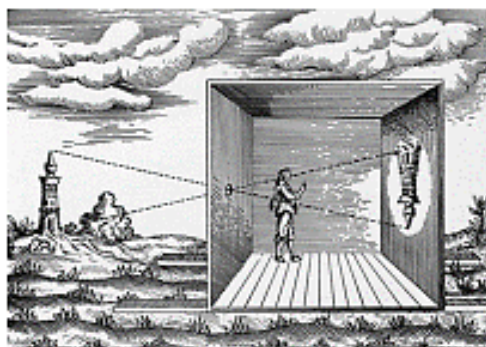


Figura 61 – Questão 4 da avaliação final
Fonte: Próprio autor

O Gráfico 4 nos mostra que 90% dos alunos atingiram a pontuação máxima nesta questão, os 10% corresponde aos alunos que não conseguiram acertar a questão. Esta questão já era de conhecimento prévio dos alunos com a

professora do setor correspondente, no qual usando a semelhança de triângulos obtiveram um rápido modo de resolução.

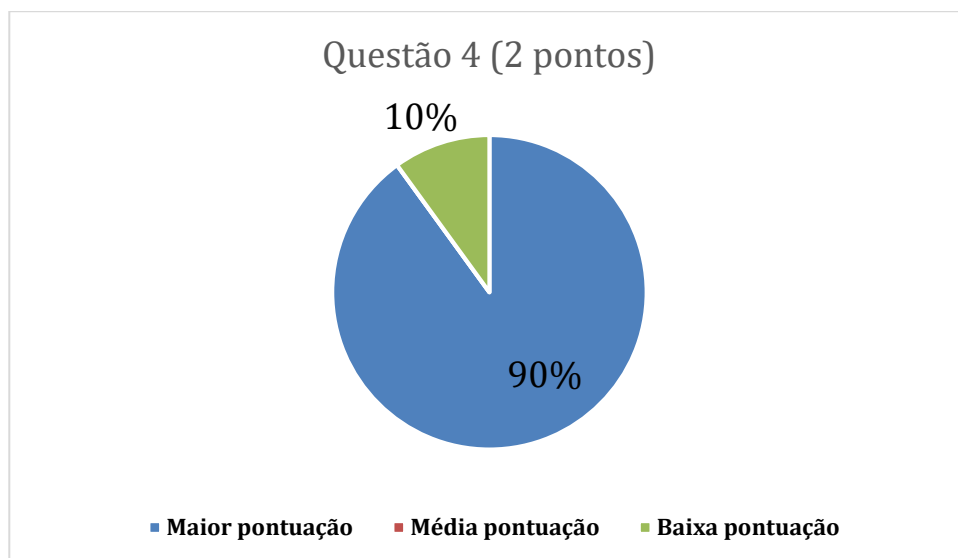
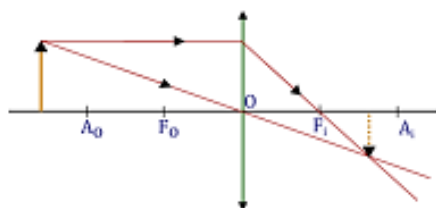


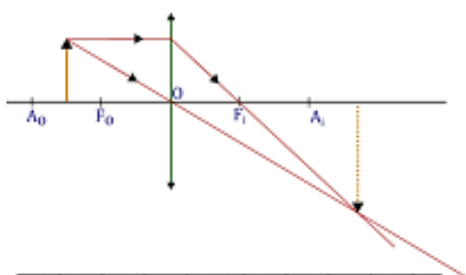
Gráfico 4 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 4.
Fonte: Próprio autor

A quinta questão, Figura 62, se trata de uma análise qualitativa de três esquemas gráficos de uma lente delgada apresentados na questão cujo objetivo é identificar a qual instrumento óptico cada representação consiste e as características da imagem formada.

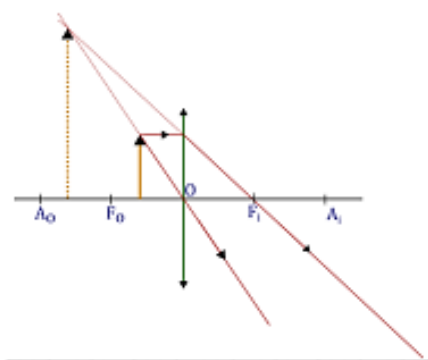
05. (1 ponto) As figuras abaixo correspondem a construção da imagem formada devido a uma lente delgada convergente. Relacione cada construção à algum equipamento cotidiano que apresente sua funcionalidade e defina ao lado as características da imagem formada:



Natureza: _____
 Localização: _____
 Dimensão: _____
 Orientação: _____



Natureza: _____
 Localização: _____
 Dimensão: _____
 Orientação: _____



Natureza: _____
 Localização: _____
 Dimensão: _____
 Orientação: _____

Figura 62 – Questão 5 da avaliação final
 Fonte: Próprio autor

O Gráfico 5, nos mostra que 71% dos alunos atingiram a pontuação máxima da questão e 29% não tiveram sucesso. Compreender o sistema óptico de cada instrumento foi de grande importância para a montagem do projetor simples, reforçar a ideia dos pontos principais, comportamento do raio de luz e a disposição da imagem dependendo da posição do objeto.

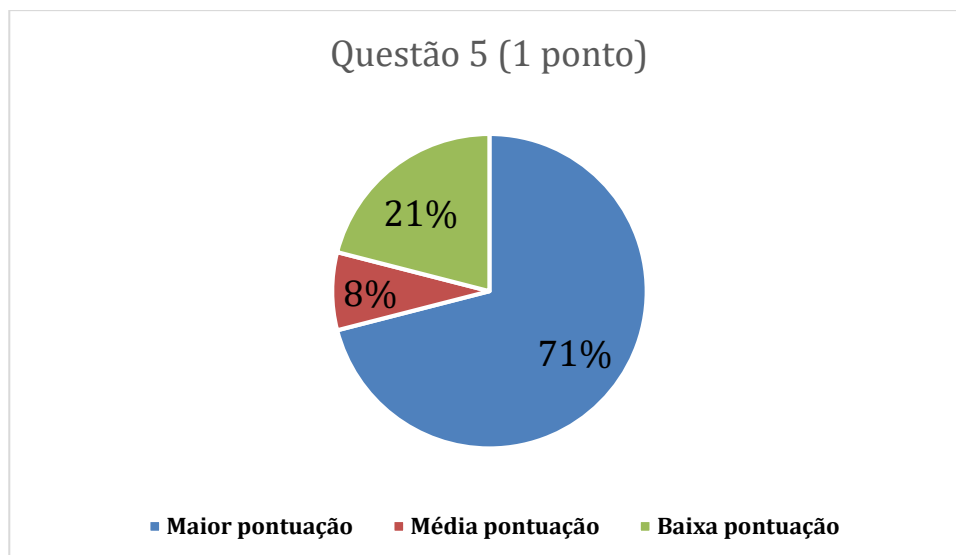
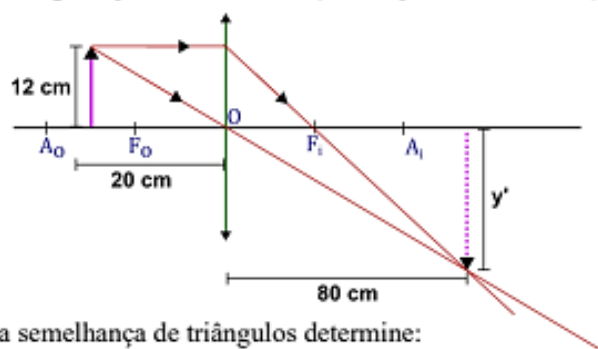


Gráfico 5 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 5.
Fonte: Próprio autor

A sexta e última questão, Figura 63 apresenta uma situação análoga ao experimento realizado na aula anterior. O enunciado apresenta o esquema óptico com as medidas necessárias, para a projeção de uma imagem em um anteparo. A ideia é determinar a altura da imagem projetada e seu tamanho em polegadas.

06. (2 pontos) Com base nos experimentos realizados em sala de aula, considere a figura contida na tela de um *smartphone*, no qual possui uma altura (y) igual a 12 cm. O aparelho está posicionado à 20 cm da lente biconvexa e a sua imagem será projetada em uma cartolina que se encontra a 80 cm da lente. A figura a seguir apresenta a construção simplificada da situação:



Aplicando a definição da semelhança de triângulos determine:

- Qual a altura (y') da imagem projetada?
- Sabendo que a imagem projetada possui uma diagonal equivalente a 68 cm, esta imagem possui quantas polegadas?

Figura 63 – Questão 6 da avaliação final
Fonte: Próprio autor

O Gráfico 6 nos mostra que 79% dos alunos atingiram a pontuação máxima desta questão, 21% não tiveram sucesso. Um fator chave para determinar a altura y' da imagem projetada foi usar a semelhança de triângulos já que a Equação dos Pontos Conjugados de Gauss e a Equação do Aumento Linear não foram trabalhados em nenhuma das aulas anteriores, mostrando uma forma alternativa de resolução. O próximo item da questão referente ao cálculo em polegadas do tamanho da imagem que foi trabalhado no roteiro experimental com grande sucesso.

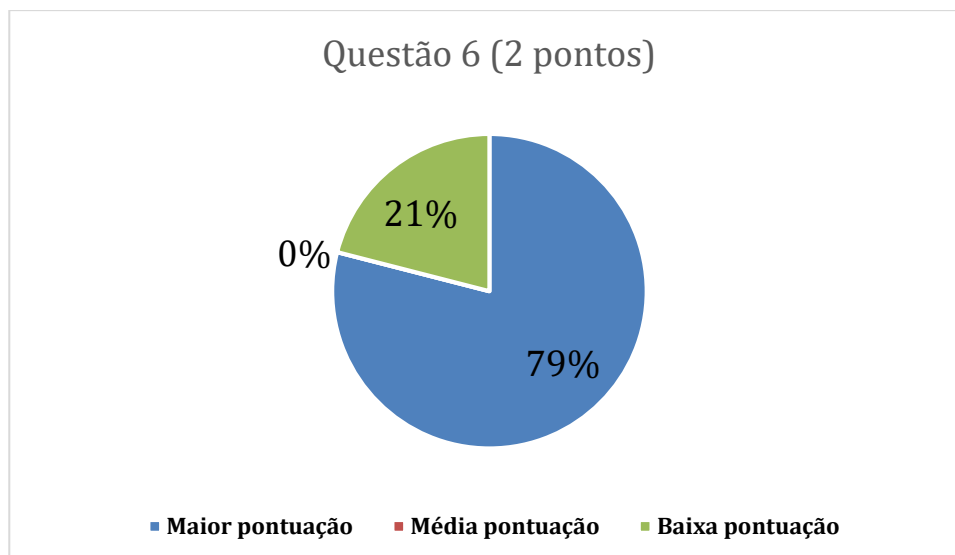


Gráfico 6 – Percentual de acertos e erros de cada aluno para a questão 6.
Fonte: Próprio autor

No aspecto geral, do total de 24 alunos em sala, 63%, obtiveram acertos entre 6 e 8 pontos, conforme mostrado no Gráfico 7. Este resultado demonstra que a metodologia utilizada com base no uso da sala de aula invertida e da aprendizagem baseada em projetos favoreceu a aprendizagem dos alunos.

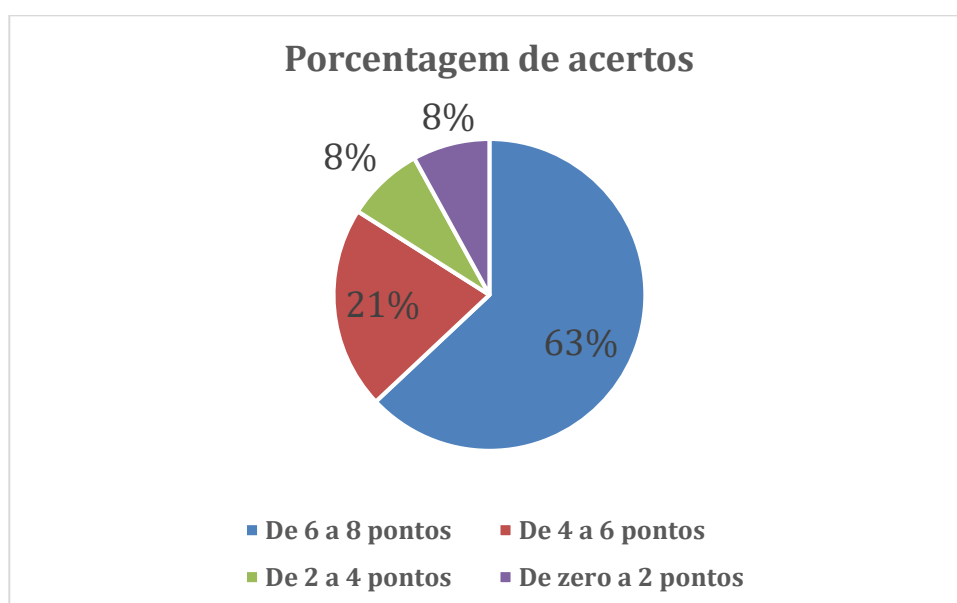


Gráfico 7 – Percentual geral de acertos e erros da turma.
Fonte: Próprio autor

As questões elaboradas para a avaliação final buscaram abordar os fenômenos físicos, seus princípios e aplicações, se baseando nos conhecimentos prévios, nos dados levantados na sala de aula invertida e no roteiro experimental. Cada passo dado nas aulas prévias a avaliação foram recordadas nas questões a fim de analisar se cada aluno, individualmente ao realizar a avaliação final, pôde compreender a importância dos métodos utilizados pelo seu grupo para o levantamento das informações, para a confecção do projetor simples, a projeção da imagem no anteparo (folha de cartolina) e a caracterização do conceito de imagem. É importante ressaltar também que o método utilizado para a resolução de alguns exercícios referentes ao estudo analítico das lentes foi de importante base, pois em nenhum momento foi utilizado a Equação dos Pontos Conjugados de Gauss ou a Equação do Aumento Linear, sendo apenas estudado e reforçado a técnica de semelhança de triângulos já trabalhadas posteriormente em espelhos planos e esféricos pelo professor da matéria em questão. Isso mostra que, previamente o aluno terá capacidade de interpretar o comportamento da luz ao interagir com lentes e demais dióptros quando tiverem contato com exercícios mais elaborados e com maior grau de dificuldade.

8. CONCLUSÃO

A participação dos alunos na investigação dos conceitos trabalhados em sala, a partir da aplicação da aprendizagem baseada em projetos (ABP), fazendo com que eles fossem os protagonistas do seu próprio processo de aprendizado; a apresentação em grupo ao demais colegas dos conceitos atribuídos, a partir da metodologia da sala de aula invertida, somada também a confecção e manipulação de um projetor simples mostram indícios de uma aprendizagem significativa, facilitando assim a interpretação e compreensão dos problemas propostos na avaliação.

A interdisciplinaridade entre Física, Matemática e a Arte contribuiu para mostrar aos alunos o desenvolvimento tecnológico humano no qual eles se encontram imersos cotidianamente. A percepção dos fenômenos naturais provenientes do comportamento da luz presentes no ambiente do qual os alunos estão inseridos foram identificados durante a confecção do projetor.

Para as próximas etapas e como complemento as atividades abordadas, sugere-se abordar demais fenômenos físicos associados, como o fenômeno da refração abordado antes do estudo das lentes propriamente dito, a vergência de lentes, entre outros e a utilização de outros materiais que possam aprimorar a projeção e a manipulação das imagens. Torna-se importante que os assuntos aqui abordados sejam continuamente trabalhados nos anos posteriores para a sua validação.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. E. B. Integração de currículo e tecnologias: a emergência de web currículo. Anais do XV Endipe – Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

BEZERRA, D. P. et al. A evolução do ensino da física–perspectiva docente. Scientia Plena, v. 5, n. 9, 2009.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica.PCN+: ensino médio: orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002

CAMPOS, L.C., Aprendizagem Baseada em projetos: uma nova abordagem para a Educação em Engenharia. In: COBENGE 2011, Blumenau, Santa Catarina, 3 a 6/10/2011.

FUKE, Luiz Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. Física para o ensino médio. São Paulo: Saraiva, v. 2, 2010.

FRANCISCO JR, W.E; FERREIRA, L.H; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aulas de ciências. Química Nova na Escola, n.30, p. 34-41, novembro, 2008.

GOMBRICH, Ernst H. A história da arte. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

GUIMARÃES, C.C. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. Química Nova na Escola n.3, p. 198-202, agosto, 2009

HALLIDAY, David; RENISCK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física – volume 4. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2003.

HOCKNEY, David. O conhecimento secreto: redescobrimos as técnicas perdidas dos grandes mestres. São Paulo: Cosac & Naify, 2001.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de física. São Paulo: Scipione, v. 2, 2000.

MOREIA, K. C., BUENO, L.; SOARES, M., DE ASSIS JR., L. R., WIEZZEL, A. C. S. MOREIA, M. T. O desenvolvimento de aulas práticas de Química por meio da montagem de kits experimentais. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciência e Tecnologia de Presidente Prudente, 2007

MOREIRA, M. A. “A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula”. Brasília: Editora da UNB. 2006

Parâmetros Curriculares Nacionais. Ensino médio. Brasília: Ministério da educação, p. 27, 2000.

MEGID NETO, J.; PACHECO, D. Pesquisas sobre o ensino de Física no nível médio no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, R. (Org.) Pesquisas em Ensino de Física. São Paulo: Escrituras. 2. ed. 2001. p. 15-30.

Nardi, R. (Org.). (1998). Pesquisas em ensino de física. São Paulo: Escrituras.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. Oficinas temáticas no ensino público: formação continuada de professores. São Paulo: FDE, 2007

SANTOS, Sandra. Recensão Crítica: “ O Conhecimento Secreto, redescobrimos as técnicas perdidas dos grandes mestres”. Academia.edu, 2012. Disponível em: <https://www.academia.edu/2970720/Recens%C3%A3o_Cr%C3%ADtica_%C3%A0_obra_O_Conhecimento_Secreto_redescobrimos_as_t%C3%A9cnicas_perdidas_dos_grandes_mestres_de_David_Hockney>. Acesso em: 17/02/2020.

SOUZA, T. C. F. (2002). Avaliação do ensino de física: um compromisso com a aprendizagem. Passo Fundo: Ediupf.

VALADARES, E. C. Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. Química Nova na Escola, n. 13, maio 2001

ZÖLLNER, Frank. Leonardo da Vinci's Portraits: Ginevra de'Benci, Cecilia Gallerani, La Belle Ferronière, and Mona Lisa. 2003.

10. APÊNDICES

10.1 Apêndice A: Slides referentes a aula de conhecimentos prévios

Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

► Discente: GUSTAVO THIAGO SOUZA ANDRADE

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



Slide 1



Objetivos

- Estudar o comportamento da luz e seus fenômenos.
- Compreender alguns instrumentos ópticos.
- Contextualização histórica (**Arte renascentista**).
- Conceituar **imagem**.

Slide 2



Alhazem e a trajetória retilínea da luz

A palavra óptica tem origem no grego optike e significa basicamente “relativo a visão”. Idealizado ainda na antiguidade por Abū Alī Al-Hasan Ibn Al-Haytham, conhecido por Alhazem, no qual propôs que a visão se dá através da luz e das cores que se espalham em linha reta, para todos os lados, proveniente do objeto observado e, atingem o olho, nele produzindo uma réplica bidimensional que percebemos.



Mas, qualquer objeto emite luz?



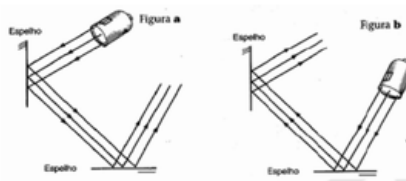
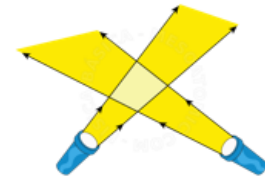
Alhazem (965 – 1040)

Slide 3



Princípios da Óptica Geométrica

- Princípio da propagação retilínea
- Princípio da independência dos feixes de luz
- Princípio da reversibilidade



Slide 4



Meios ópticos



- Meios transparentes
- Meios translúcidos
- Meios opacos



Slide 5



Instrumentos ópticos

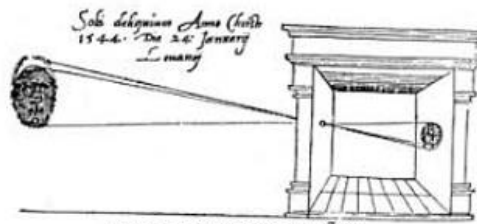
(A câmara escura, o projetor de imagens e a lupa)



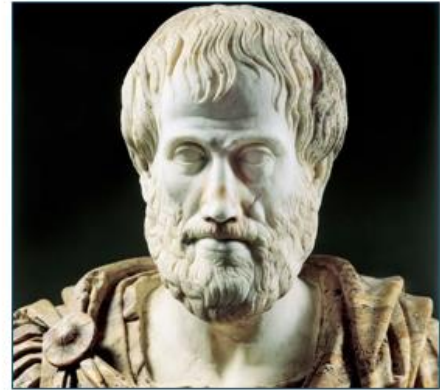
Slide 6

A câmara escura de orifício (pinhole): um pouco de história

Entende-se que o princípio da câmara escura tenha marcos desde a antiguidade com o filósofo grego **Aristóteles**, no qual utilizava para fazer observações astronômicas. Tais observações foram sendo refinadas em meados do século XVI.



PRIMEIRA ILUSTRAÇÃO
DE UMA CÂMARA ESCURA EM 1544

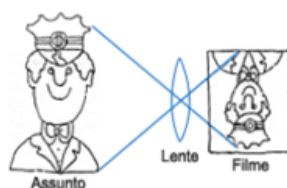


Aristóteles (384 – 322 a.C.)

Slide 7

Foi o famoso e polímata italiano **Leonardo da Vinci** um dos primeiros a escrever sobre o mecanismo de captura de imagens. Suas obras artísticas muito provavelmente envolvem técnicas provenientes da utilização de uma câmara escura. Nesta mesma época, o físico milanês **Girolamo Cardano** sugeriu o uso de uma **lente biconvexa** junto ao orifício, permitindo uma imagem clara e de melhor nitidez.

Lente
biconvexa



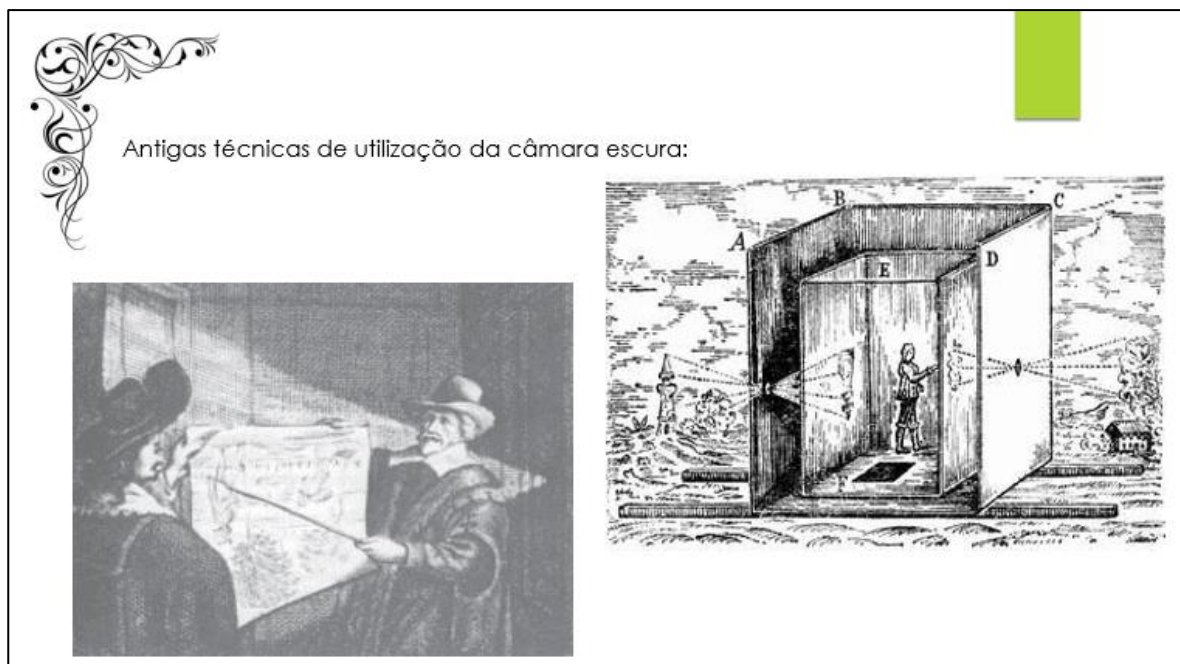
Leonardo Da Vinci (1452 – 1519)

Girolamo (1501 – 1576)

Slide 8



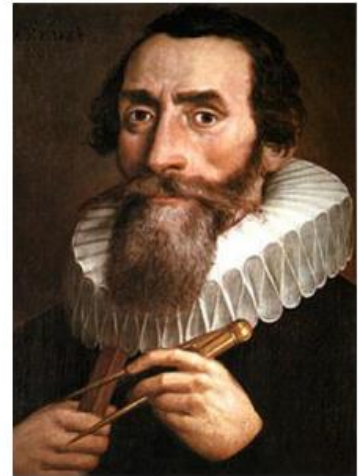
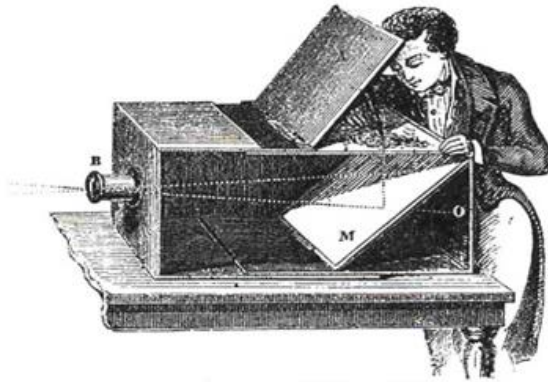
Slide 9



Slide 10



No século XVII nas mãos do astrônomo, astrólogo e matemático alemão **Johannes Kepler**, a câmara escura ganha seus principais fundamentos físicos relacionados a óptica geométrica.



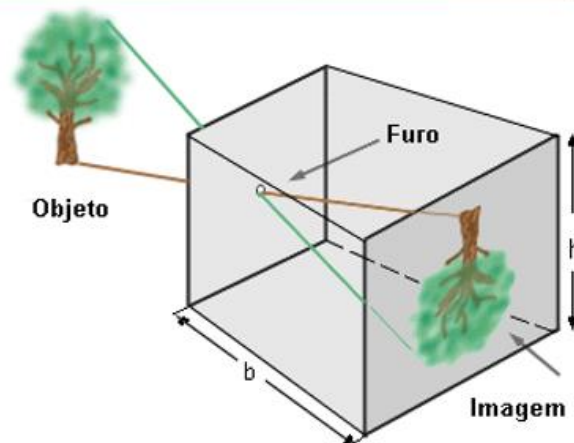
J. Kepler (1571 – 1630)

Slide 11



A câmara escura de orifício (pinhole): fundamentos

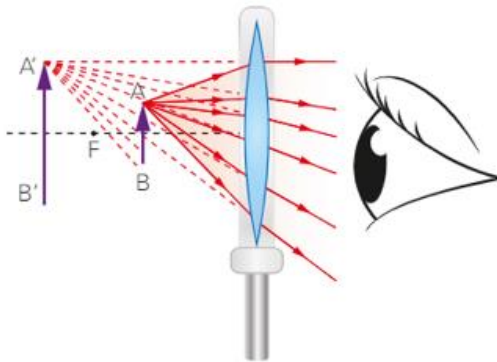
Atente-se a figura a seguir:



Slide 12

A lupa e sua lente biconvexa

Atente-se ao esquema a seguir:



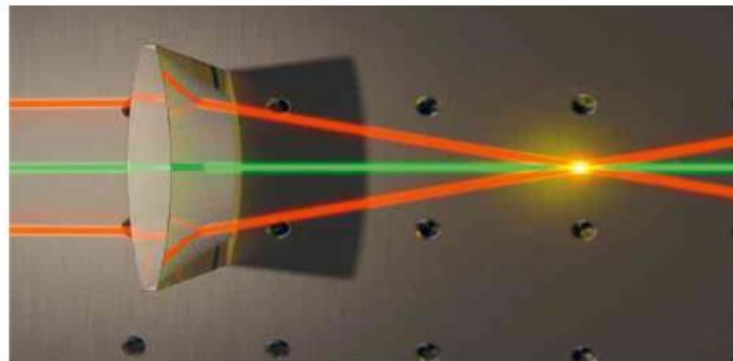
A **lupa** (lente de aumento) é constituído de uma lente caracterizada como **biconvexa** com a finalidade de gerar uma imagem virtual de tamanho maior que o objeto a ser observado.



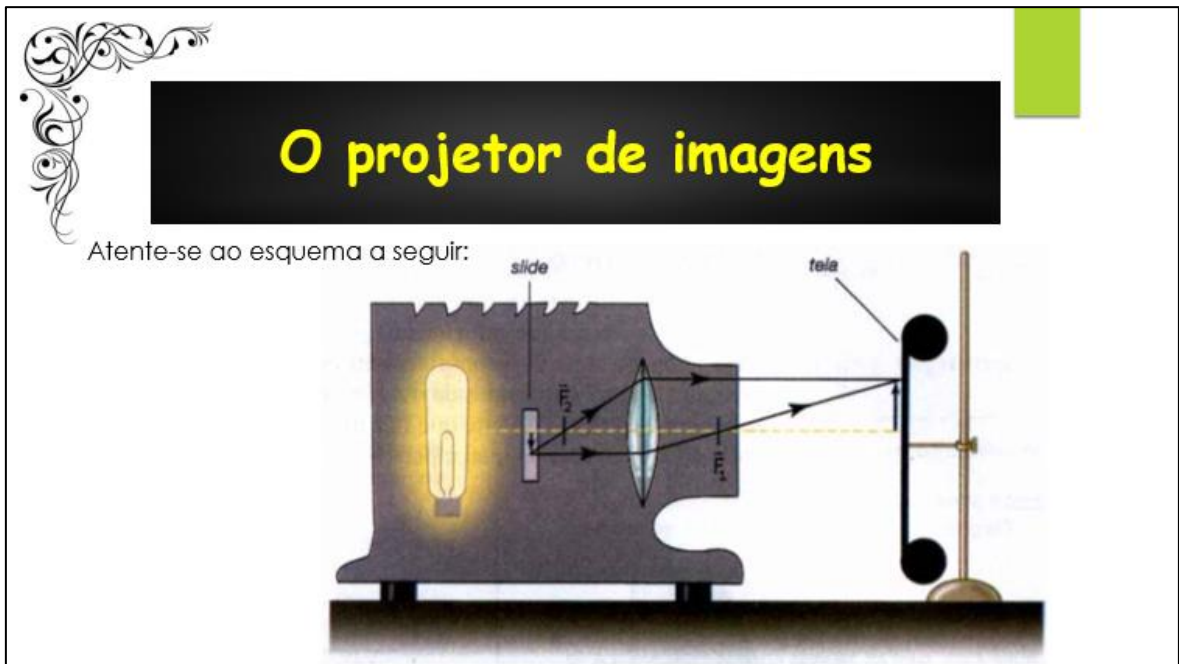
Slide 13

A lupa e sua lente biconvexa

Agora, posicionando a lupa de modo que **o objeto ou a fonte de luz esteja atrás do foco de sua lente biconvexa**, temos que esta lente possuirá comportamento convergente no sentido de unir os raios em um único ponto.



Slide 14



Slide 15



Slide 16

O período renascentista

O Renascimento começou na Itália, no século XIV, e difundiu-se por toda a Europa, durante os séculos XV e XVI. Uma das principais características está relacionada ao campo da matemática e das ciências da natureza. A exatidão do cálculo chegou até mesmo a influenciar o projeto estético dos artistas desse período. Desenvolvendo novas técnicas de proporção e perspectiva, a pintura e a escultura renascentista pretendiam se aproximar ao máximo da realidade. Em consequência disso, a riqueza de detalhes e a reprodução fiel do corpo humano formavam alguns dos elementos correntes nas obras do Renascimento.



Slide 17

Instrumentos ópticos como ferramenta de auxílio na arte



Segundo o artista plástico **David Hockney**, desde o século XV, grandes mestres da pintura usaram técnicas baseadas no entendimento da propagação da luz para melhorar suas performances artísticas. Ele defende que alguns artistas pintaram suas telas sobre imagens formadas pela câmara escura.



Slide 18



Slide 19

Monalisa e a tese de Hockney

1474



BROCKHAMPTON MUSEUM, BRISTOL, ENGLAND

1503



REPRODUCTION MUSEE DU LOUVRE, PARIS, FRANCE

Hockney analisa duas pinturas realizadas por **Leonardo da Vinci**. A primeira, de 1474, teria sido realizada sem o auxílio da câmara escura. Já na pintura produzida em 1503, o artista teria empregado o recurso da câmara escura. O contraste entre as duas reforçaria a tese de Hockney.

Slide 20

Para a próxima aula...

Vamos trabalhar um experimento, no qual iremos projetar em uma cartolina, a imagem de um celular, com base nas ideias da câmara escura, através de uma lente biconvexa. Para esta atividade, vamos utilizar figuras do tipo "stencil" como mostra os exemplos abaixo:



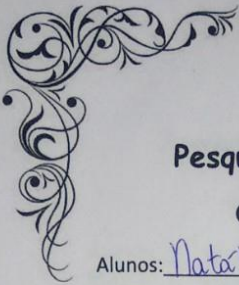
Slide 21

Referências bibliográficas:

- ▶ CARVALHO, Rômulo - História da Fotografia. 3ª Ed. Coimbra: Atlântida, 1976.
- ▶ FUKE, Luiz Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. Física para o ensino médio. São Paulo: Saraiva, v. 2, 2010.
- ▶ MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de física. São Paulo: Scipione, v. 2, 2000.
- ▶ Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física 1 - Mecânica - 8ª Ed. LTC (2009)
- ▶ HOCKNEY, David. O conhecimento secreto: redescobrimdo as técnicas perdidas dos grandes mestres. São Paulo: Cosac & Naify, 2001.

Slide 22

10.2 Apêndice B: Levantamento das fichas de pesquisa em grupo



MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

 **unesp**
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JULIO DE MESQUITA FILHO

 **SBF**
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Pesquisa em grupo

Grupo I

Alunos: Natália, Isabelly, Maria Antonia e Marcela

Pesquisem o porquê das lentes biconvexas serem ideais para uma melhor projeção da imagem. Quais são as suas características? Em que condições físicas essa lente se comporta como ideal ao nosso experimento?

Palavras chave: lentes esféricas, nomenclatura, índice de refração.

Porque as lentes biconvexas são ideais para uma melhor projeção da imagem?
As lentes biconvexas são ideais porque o índice de refração delas é maior do que o índice do meio, assim elas tem bordas finas, quando a luz paralela passa pela lente ela se concentra no foco real, que é o encontro dos raios de luz refratados.

Quais são as suas características?

- tem duas faces convexas.
- quando a luz bate ela entra em um espelho convexo.
- o espelho é capaz de gerar uma imagem virtual, direta e maior que o objeto.

Em que condições físicas essa lente se comporta como ideal ao nosso experimento?

Nas lentes convergentes, os raios de luz incidem paralelos ao eixo principal e, após sofrerem refração, se concentram em um único ponto, este é o foco.

O foco das lentes convergentes é classificado como foco real, pois é fruto do encontro dos raios de luz refratados.

fontes:
-brasilecola.vol.com.br -sofisica.com.br
-stodi.com.br

GRUPO II

CÂMARA ESCURA DE ORIFÍCIO

tilibra

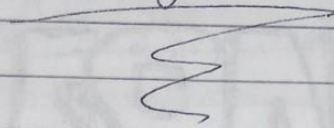
Nome: Antonio Carlos.

Joel

10

Pedro Augusto

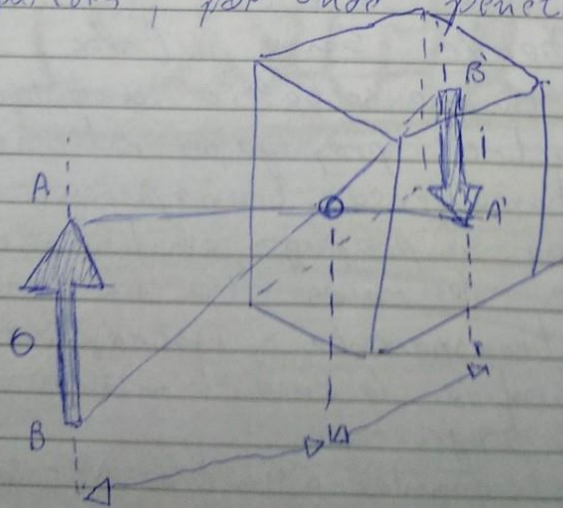
Pedro G.



Câmara Escura de Orifício

De acordo com os princípios de propagação da luz, vimos que o primeiro desses princípios diz que em um meio homogêneo, isotrópico e transparente, a luz se propaga em linha reta. Os outros dois princípios são: princípio da independência dos raios e o princípio da reversibilidade.

Para fim de comprovar que é válido o princípio da propagação retilínea da luz temos a Câmara escura de orifício, que é basicamente constituída de uma caixa de paredes opacas e Pretas internamente totalmente fechada, com exceção de um pequeno orifício feito em uma das paredes, por onde penetra a luz.



Os raios de luz que partem do objeto ou da imagem em direção da Camera são referências para determinarmos a relação entre a altura do objeto, altura da imagem, distância entre o objeto e a Camera e o comprimento da Camera.

Quanto menor o orifício melhor a nitidez mas Alguns, na tentativa de melhorar a qualidade da imagem, diminuíam o tamanho do orifício, mas a imagem escurecia proporcionalmente, tornando-se quase impossível ao artista identificá-la.

Este problema foi resolvido em 1550 pelo físico milanês Girolamo Cardano, que sugeriu a lente biconvexa junto ao orifício, permitindo desse modo aumentá-lo, para se obter uma imagem clara sem perder sua nitidez.

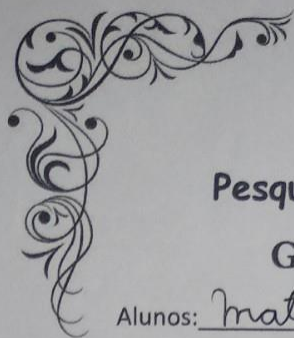
- Os princípios em que se baseia a óptica Geométrica são três: propagação retilínea:

Em um meio homogêneo, transparente e isotrópico, a luz se propaga em linha reta.

Reversibilidade dos raios: Em um meio homogêneo, transparente e isotrópico, ao se inverter o sentido do raio luminoso, não se altera a trajetória.

- Semelhança de triângulos é um tipo de relação que é estabelecida entre triângulos quando eles possuem os lados proporcionais e os ângulos congruentes.

tiilibra



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Pesquisa em grupo

Grupo III

Alunos: Mateus, Cláides, Vinícius, Jherri

Graças as contribuições de grandes estudiosos com relação ao comportamento geométrico dos raios de luz, foi proposto os feixes se propagam em linha reta. Mas, quais são as condições que permitem que a luz se propague de tal maneira? Como podemos comprovar? A luz pode se propagar de outro modo?

Palavra chave: princípios da óptica geométrica.

+ fontes

- Princípio da Independência de raios luminosos
- Princípio de reversibilidade dos raios luminosos
- Princípio da Propagação retilínea dos raios luminosos

C de curvatura até o V é o raio de curvatura da calota esférica
todo espelho é uma parte da esfera

atrás C : real, menor, invertida, entre C e F
~~no ponto~~ entre C e F : real, atrás do C , maior, invertida
 no ponto C : real, invertida, igual, no centro C
 no ponto F : não forma imagem
 entre F e V : virtual, maior, direita, atrás do espelho
 convexo
~~convexo~~ : virtual, menor, direita

C : Centro da esfera

V : interseção entre o eixo principal da calota esférica

F : encontro dos raios de luz



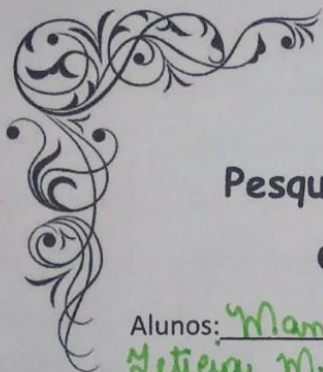
4 partes principais

1º Espelho ~~es~~ ^{concavo} atrás da fonte de luz
 fonte de luz
 slide

3º Lente objetiva (que vai focar e ampliar a imagem do slides)

2º A fonte de luz ilumina o slide

O espelho concavo serve para redirecionar a luz aproveitando-a



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Pesquisa em grupo

Grupo V

Alunos: Manuelo Camargo, Diego Galindo, Mario
Letícia Montanari, Thelma D. Lombelli.

O princípio da câmara escura se assemelha ao funcionamento do olho humano. Façam uma pesquisa que apresente esta comparação. Como se comporta os raios de luz? O nosso cristalino é relacionado a qual tipo de lente? Aonde a imagem é projetada em nossos olhos? Quais as características da imagem? Por que não enxergamos tudo de cabeça para baixo? Explique como nossos olhos se ajustam para podermos enxergar de perto ou de longe.

Palavras chave: lentes esféricas, o globo ocular.

GRUPO V

• O olho humano é composto por uma sequência de meios transparentes: a córnea, o humor aquoso, humor vítreo e cristalino, fazendo com que a luz sofra o fenômeno da refração.

• O cristalino funciona como uma lente convergente que converge os raios luminosos para um determinado ponto focal sobre a retina, permitindo que a imagem se forme.

• A retina funciona como um anteparo, onde se forma a imagem.

• A imagem projetada é invertida, real e menor que o objeto. Mas será vê as coisas dessa forma?

• A resposta para pergunta anterior claramente é não e isso se deve por um processo muito interessante, as imagens são transformadas por células fotossensíveis* em impulsos nervosos e direcionadas pelos nervos ópticos para o cótex cerebral, onde ocorre o processamento das imagens registradas, bem como a percepção visual. No cérebro, também ocorre uma conversão das imagens, transformando-as em uma posição normal.

• Devido a elasticidade do cristalino que permite alterar sua forma tornando-se mais ou menos convergente, contribuindo também para sua acomodação a qual é muito importante na formação de imagens de diferentes distâncias. Relaxa quando o objeto está distante, contrai quando próximo.

* Bastonetes e cones (responsáveis por percepção das imagens e cores, levam as tais informações ao cérebro para que o mesmo faça essa leitura)

↳ pessoas daltonicas possuem menor numero de tipos de diferentes cones

↳ O camaráo possui 12 tipos de cores. O humano possui 3

fontes - fincardhehumanoid.blogspot.com
luz.eco.pde.blogspot.com

10.3 Apêndice C: Levantamento dos resultados do roteiro experimental



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

 **SBF**
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Roteiro Experimental

Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

Recriando antigas técnicas de pintura com imagens do tipo *stencil*

Grupo I

Alunos: Marcelo
-Natahja
-Isabelly
-Maria Antonia

- Materiais a serem utilizados:**

1 caixa de papelão	1 lupa média
1 tesoura	1 aparelho celular
1 fita isolante	1 camiseta preta
1 fita adesiva	1 cartolina
1 lápis/caneta	1 kit de lápis de cores ou canetinhas
1 régua ou fita métrica	
- Montagem:**

Façam um recorte em uma das faces laterais de menor área da caixa de papelão, no qual será encaixado a lupa, para isso utilize as bordas da lupa e o lápis para fazer a marcação do traço a ser recortado. Com a fita isolante, cubra as bordas da lupa, assim como o máximo possível de buracos que a caixa possa conter. Introduza o celular dentro da caixa em uma determinada posição e utilize um suporte que o mantenha com a tela direcionada à lupa. Com a fita adesiva, posicione a cartolina a uma altura suficiente a posição horizontal do projetor. Desligue as luzes da sala e ajuste a melhor definição da imagem. Use uma camiseta preta para cobrir a caixa.
- Exercícios:** Aplicando os conhecimentos sobre a trajetória do raio de luz, para o seu experimento, resolva os itens a seguir:

- a) Como se comportam os feixes de luz provenientes do celular ao incidir na lupa? De acordo com os seus conhecimentos, quais princípios da óptica geométrica estão sendo considerados?

Os raios de luz se divergem.
Os princípios utilizados foram os de independência dos raios de luz e o de propagação retilínea.

- b) A que distância o celular se encontra da lupa? 9 cm

- c) A que distância a caixa se encontra do anteparo (cartolina)? 1 m

- d) A que distância do anteparo pôde-se obter uma imagem com melhor nitidez?

Com 1 metro de distância.

- e) Qual o tamanho da imagem projetada no anteparo? A imagem formada equivale a quantas polegadas? Façam os cálculos.

A imagem projetada tem 28,33 cm.
Em polegadas seria:
 $\text{diâmetro} \div 2,54$
 $28 \div 2,54 = 11$ polegadas.

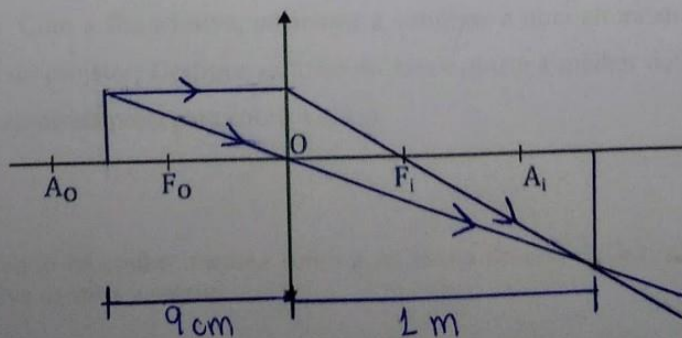
- f) O que foi necessário fazer com a imagem proveniente do celular para se obter uma imagem não invertida na cartolina?

Foi necessário deixar o celular invertido, ou seja, de ponta cabeça.

- g) A imagem projetada é de real ou virtual? Justifique.

A imagem é real pois consegue ser projetada.

- h) A figura abaixo apresenta uma lente delgada convergente e seus pontos principais sobre o eixo principal. Com base nas medidas determinadas, montem a representação gráfica correspondente ao experimento realizado.





Roteiro Experimental

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

Recriando antigas técnicas de pintura com imagens do tipo *stencil*

Grupo 2

Alunos: Pedro Augusto Alves Fernandes, Jail
Vitor do Rego Soares, Antonio Carlos Ruiz
da Silva Junior.

- **Materiais a serem utilizados:**

1 caixa de papelão
1 tesoura
1 fita isolante
1 fita adesiva
1 lápis/caneta
1 régua ou fita métrica

1 lupa média
1 aparelho celular
1 camiseta preta
1 cartolina
1 kit de lápis de cores ou canetinhas

- **Montagem:**

Façam um recorte em uma das faces laterais de menor área da caixa de papelão, no qual será encaixado a lupa, para isso utilize as bordas da lupa e o lápis para fazer a marcação do traço a ser recortado. Com a fita isolante, cubra as bordas da lupa, assim como o máximo possível de buracos que a caixa possa conter. Introduza o celular dentro da caixa em uma determinada posição e utilize um suporte que o mantenha com a tela direcionada à lupa. Com a fita adesiva, posicione a cartolina a uma altura suficiente a posição horizontal do projetor. Desligue as luzes da sala e ajuste a melhor definição da imagem. Use uma camiseta preta para cobrir a caixa.

- **Exercícios:** Aplicando os conhecimentos sobre a trajetória do raio de luz, para o seu experimento, resolva os itens a seguir:

- a) Como se comportam os feixes de luz provenientes do celular ao incidir na lupa? De acordo com os seus conhecimentos, quais princípios da óptica geométrica estão sendo considerados?

Os feixes de luz que é emitido pelo celular passa pelo lupa e é emitido de igual forma de outro lado, usando o fato que os raios são paralelos e o princípio da óptica e os triângulos semelhantes e do propo

- b) A que distância o celular se encontra da lupa? 23 cm

- c) A que distância a caixa se encontra do anteparo (cartolina)? 82,3 cm

- d) A que distância do anteparo pôde-se obter uma imagem com melhor nitidez?
Em torno de 20 cm, mais mais
minuto

- e) Qual o tamanho da imagem projetada no anteparo? A imagem formada equivale a quantas polegadas? Façam os cálculos.

24,3 cm + 2,3 cm = 26,6 cm
total de 26 polegadas
28 ÷ 2,91

28
5,81

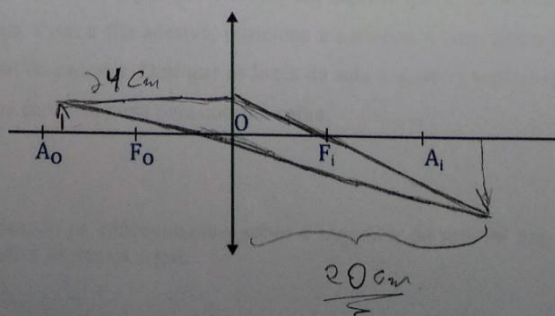
- f) O que foi necessário fazer com a imagem proveniente do celular para se obter uma imagem não invertida na cartolina?

Para se obter uma imagem direita na cartolina é necessário que a imagem no celular seja invertida.

- g) A imagem projetada é de real ou virtual? Justifique.

A imagem que é formada pelo sistema óptico é real, porque os raios de luz se encontram no mesmo lado da lente.

- h) A figura abaixo apresenta uma lente delgada convergente e seus pontos principais sobre o eixo principal. Com base nas medidas determinadas, montem a representação gráfica correspondente ao experimento realizado.





Roteiro Experimental

Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

Recriando antigas técnicas de pintura com imagens do tipo *stencil*

Grupo 3

Alunos:

Yateus, Vinícius, Henrique, Alcides

- **Materiais a serem utilizados:**

1 caixa de papelão

1 tesoura

1 fita isolante

1 fita adesiva

1 lápis/caneta

1 régua ou fita métrica

1 lupa média

1 aparelho celular

1 camiseta preta

1 cartolina

1 kit de lápis de cores ou canetinhas

- **Montagem:**

Façam um recorte em uma das faces laterais de menor área da caixa de papelão, no qual será encaixado a lupa, para isso utilize as bordas da lupa e o lápis para fazer a marcação do traço a ser recortado. Com a fita isolante, cubra as bordas da lupa, assim como o máximo possível de buracos que a caixa possa conter. Introduza o celular dentro da caixa em uma determinada posição e utilize um suporte que o mantenha com a tela direcionada à lupa. Com a fita adesiva, posicione a cartolina a uma altura suficiente a posição horizontal do projetor. Desligue as luzes da sala e ajuste a melhor definição da imagem. Use uma camiseta preta para cobrir a caixa.

- **Exercícios:** Aplicando os conhecimentos sobre a trajetória do raio de luz, para o seu experimento, resolva os itens a seguir:

- a) Como se comportam os feixes de luz provenientes do celular ao incidir na lupa? De acordo com os seus conhecimentos, quais princípios da óptica geométrica estão sendo considerados?

A independência dos raios luminosos, reversibilidade dos raios luminosos, propagação retilínea do raio de luz

- b) A que distância o celular se encontra da lupa? 24 cm

- c) A que distância a caixa se encontra do anteparo (cartolina)? 91 cm

- d) A que distância do anteparo pôde-se obter uma imagem com melhor nitidez? 91 cm

- e) Qual o tamanho da imagem projetada no anteparo? A imagem formada equivale a quantas polegadas? Façam os cálculos.

12 cm; $\approx 4,72$ polegadas

$$P = \frac{12}{2,54}$$

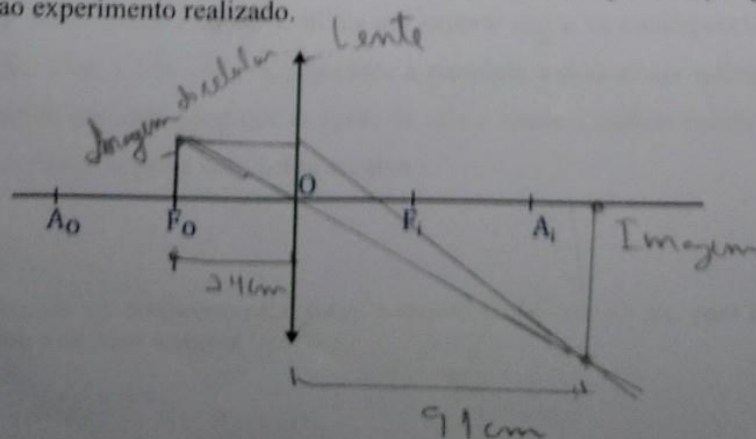
- f) O que foi necessário fazer com a imagem proveniente do celular para se obter uma imagem não invertida na cartolina?

Inverter a imagem do celular

- g) A imagem projetada é de real ou virtual? Justifique.

É real, pois é uma imagem projetada

- h) A figura abaixo apresenta uma lente delgada convergente e seus pontos principais sobre o eixo principal. Com base nas medidas determinadas, montem a representação gráfica correspondente ao experimento realizado.





Roteiro Experimental

Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

Recriando antigas técnicas de pintura com imagens do tipo *stencil*

Grupo IV

Alunos: Igor, Mariana V., Mariana G e Bianca

- **Materiais a serem utilizados:**

1 caixa de papelão
1 tesoura
1 fita isolante
1 fita adesiva
1 lápis/caneta
1 régua ou fita métrica

1 lupa média
1 aparelho celular
1 camiseta preta
1 cartolina
1 kit de lápis de cores ou canetinhas

- **Montagem:**

Façam um recorte em uma das faces laterais de menor área da caixa de papelão, no qual será encaixado a lupa, para isso utilize as bordas da lupa e o lápis para fazer a marcação do traço a ser recortado. Com a fita isolante, cubra as bordas da lupa, assim como o máximo possível de buracos que a caixa possa conter. Introduza o celular dentro da caixa em uma determinada posição e utilize um suporte que o mantenha com a tela direcionada à lupa. Com a fita adesiva, posicione a cartolina a uma altura suficiente a posição horizontal do projetor. Desligue as luzes da sala e ajuste a melhor definição da imagem. Use uma camiseta preta para cobrir a caixa.

- **Exercícios:** Aplicando os conhecimentos sobre a trajetória do raio de luz, para o seu experimento, resolva os itens a seguir:

- a) Como se comportam os feixes de luz provenientes do celular ao incidir na lupa? De acordo com os seus conhecimentos, quais princípios da óptica geométrica estão sendo considerados?

Tem que ser considerado o princípio da refração

- b) A que distância o celular se encontra da lupa? *19 cm.*

- c) A que distância a caixa se encontra do anteparo (cartolina)? *98 cm*

- d) A que distância do anteparo pôde-se obter uma imagem com melhor nitidez?

98 cm

- e) Qual o tamanho da imagem projetada no anteparo? A imagem formada equivale a quantas polegadas? Façam os cálculos.

58 cm x 36 cm . ou 23 polegadas x 14,2 polegadas

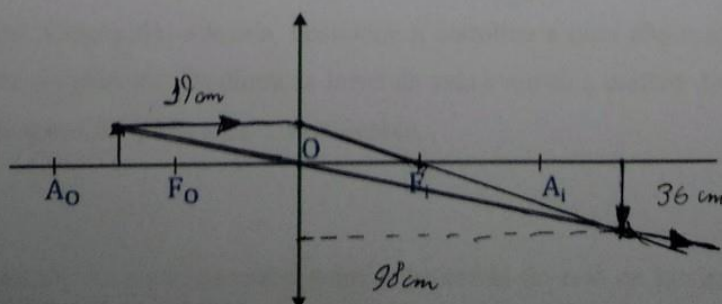
- f) O que foi necessário fazer com a imagem proveniente do celular para se obter uma imagem não invertida na cartolina?

colocar a imagem de ponta cabeça

- g) A imagem projetada é de real ou virtual? Justifique.

Real

- h) A figura abaixo apresenta uma lente delgada convergente e seus pontos principais sobre o eixo principal. Com base nas medidas determinadas, montem a representação gráfica correspondente ao experimento realizado.





Roteiro Experimental

Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

Recriando antigas técnicas de pintura com imagens do tipo *stencil*

Grupo V

Alunos: Thiago Colomero, Diego Galindo,
Manuel Romão e Maria Jolícia Alves

- **Materiais a serem utilizados:**

1 caixa de papelão

1 tesoura

1 fita isolante

1 fita adesiva

1 lápis/caneta

1 régua ou fita métrica

1 lupa média

1 aparelho celular

1 camiseta preta

1 cartolina

1 kit de lápis de cores ou canetinhas

- **Montagem:**

Façam um recorte em uma das faces laterais de menor área da caixa de papelão, no qual será encaixado a lupa, para isso utilize as bordas da lupa e o lápis para fazer a marcação do traço a ser recortado. Com a fita isolante, cubra as bordas da lupa, assim como o máximo possível de buracos que a caixa possa conter. Introduza o celular dentro da caixa em uma determinada posição e utilize um suporte que o mantenha com a tela direcionada à lupa. Com a fita adesiva, posicione a cartolina a uma altura suficiente a posição horizontal do projetor. Desligue as luzes da sala e ajuste a melhor definição da imagem. Use uma camiseta preta para cobrir a caixa.

- **Exercícios:** Aplicando os conhecimentos sobre a trajetória do raio de luz, para o seu experimento, resolva os itens a seguir:

- a) Como se comportam os feixes de luz provenientes do celular ao incidir na lupa? De acordo com os seus conhecimentos, quais princípios da óptica geométrica estão sendo considerados?

Os feixes de luz se propagam retilinamente, seguindo o princípio da propagação retilínea da luz.

- b) A que distância o celular se encontra da lupa? 21 cm

- c) A que distância a caixa se encontra do anteparo (cartolina)? 86 cm

- d) A que distância do anteparo pôde-se obter uma imagem com melhor nitidez?

A distância de 86 cm a imagem projetada ficou mais nítida.

- e) Qual o tamanho da imagem projetada no anteparo? A imagem formada equivale a quantas polegadas? Façam os cálculos.

O tamanho da imagem projetada no anteparo é de 21 cm largura e 26,5 cm de altura. Equivalente a 8,26 polegadas.

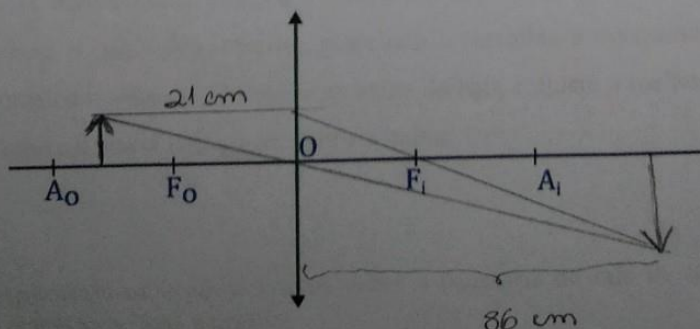
- f) O que foi necessário fazer com a imagem proveniente do celular para se obter uma imagem não invertida na cartolina?

Deve-se inverter a imagem no celular para a imagem ser projetada diretamente.

- g) A imagem projetada é de real ou virtual? Justifique.

A imagem é real pois ela é refletida, é possível refletir ela usando a lupa.

- h) A figura abaixo apresenta uma lente delgada convergente e seus pontos principais sobre o eixo principal. Com base nas medidas determinadas, montem a representação gráfica correspondente ao experimento realizado.





Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

Recrindo antigas técnicas de pintura com imagens do tipo *stencil*

Grupo 6

Alunos: Lucas, Julia, Maria Eduarda, Felipe

- **Materiais a serem utilizados:**

1 caixa de papelão	1 lupa média
1 tesoura	1 aparelho celular
1 fita isolante	1 camiseta preta
1 fita adesiva	1 cartolina
1 lápis/caneta	1 kit de lápis de cores ou canetinhas
1 régua ou fita métrica	

- **Montagem:**

Façam um recorte em uma das faces laterais de menor área da caixa de papelão, no qual será encaixado a lupa, para isso utilize as bordas da lupa e o lápis para fazer a marcação do traço a ser recortado. Com a fita isolante, cubra as bordas da lupa, assim como o máximo possível de buracos que a caixa possa conter. Introduza o celular dentro da caixa em uma determinada posição e utilize um suporte que o mantenha com a tela direcionada à lupa. Com a fita adesiva, posicione a cartolina a uma altura suficiente a posição horizontal do projetor. Desligue as luzes da sala e ajuste a melhor definição da imagem. Use uma camiseta preta para cobrir a caixa.

- **Exercícios:** Aplicando os conhecimentos sobre a trajetória do raio de luz, para o seu experimento, resolva os itens a seguir:

- a) Como se comportam os feixes de luz provenientes do celular ao incidir na lupa? De acordo com os seus conhecimentos, quais princípios da óptica geométrica estão sendo considerados?

Se divergem, pois a imagem aumenta.

- b) A que distância o celular se encontra da lupa? 24 cm

- c) A que distância a caixa se encontra do anteparo (cartolina)? 64 cm

- d) A que distância do anteparo pôde-se obter uma imagem com melhor nitidez?

58 cm

- e) Qual o tamanho da imagem projetada no anteparo? A imagem formada equivale a quantas polegadas? Façam os cálculos.

18x10, equivale a 7.874 polegadas 20 | 2.5
2000

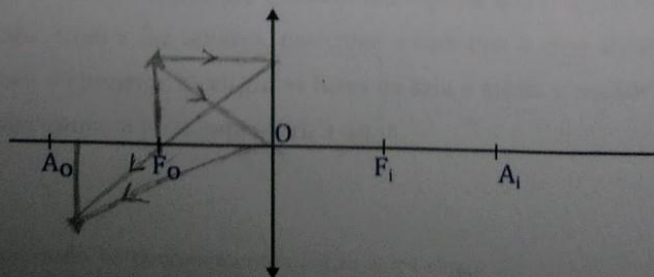
- f) O que foi necessário fazer com a imagem proveniente do celular para se obter uma imagem não invertida na cartolina?

Inverter o celular

- g) A imagem projetada é de real ou virtual? Justifique.

Real, pois é possível ser projetada

- h) A figura abaixo apresenta uma lente delgada convergente e seus pontos principais sobre o eixo principal. Com base nas medidas determinadas, montem a representação gráfica correspondente ao experimento realizado.





10.4 Apêndice D: Produto educacional

INSTRUMENTOS ÓPTICOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE IMAGEM

GUSTAVO THIAGO SOUZA ANDRADE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) de Presidente Prudente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Renivaldo José dos Santos

**PRESIDENTE PRUDENTE, SP
2020**

INSTRUMENTOS ÓPTICOS COMO RECURSO DIDÁTICO PARA A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE IMAGEM

GUSTAVO THIAGO SOUZA ANDRADE

Sumário

1. APRESENTAÇÃO.....	120
2. RECOMENDAÇÕES.....	120
3. SEQUENCIA DIDÁTICA.....	121
3.1 – Aulas 1 e 2 – Conteúdo expositivo.....	122
3.2 – Aulas 3 e 4 – Sugestão de aula invertida.....	122
3.3 – Aulas 5 e 6 – Montagem e o roteiro experimental.....	124
3.4 – Aulas 7 e 8 – Avaliação.....	128
4. MANUAL DE MONTAGEM.....	131
4.1 – Materiais utilizados.....	131
4.2 – Objetivo.....	132
4.3 – Procedimento de construção e aplicação.....	132
5. REFERÊNCIAS.....	139

1. APRESENTAÇÃO

Considera-se Produto Educacional, uma sequência de atividades teórico-práticas, que sejam suficientemente explicativas, para que professores de Física em exercício possam reproduzir em suas aulas, contribuindo efetivamente para mudanças no ensino desta disciplina, tornando-se então um requisito altamente relevante e diferenciado do Mestrado Acadêmico.

Segundo consta no Regimento do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, “este mestrado se constitui em um sistema de formação intelectual e de desenvolvimento de técnicas na área de Ensino de Física que visa habilitar ao exercício altamente qualificado de funções envolvendo ensino de Física no Ensino Básico”. No seu artigo 28 temos: “Para a obtenção do grau de Mestre Profissional é necessária aprovação de Dissertação de Mestrado, que deve resultar de um trabalho de pesquisa profissional, aplicada, descrevendo o desenvolvimento e avaliação de processos ou produtos de natureza educacional em Física”.

2. RECOMENDAÇÕES

Serão apresentados atividades e materiais de simples acesso para a elaboração e aplicação da sequência didática. Podem-se adicionar atividades como leituras, vídeos, simulações, demais aplicações cotidianas entre outros não perdendo de vista o ser humano que está sendo formado.

3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática aplicada possui um total de 8 aulas, cada uma de 50 minutos, organizadas e desenvolvidas de forma a possibilitar a aprendizagem contextualizada e significativa dos alunos. No quadro a seguir será apresentado o conteúdo programático, considerando duas aulas geminadas por vez.

Quadro: Descrição geral do conteúdo programático da sequência didática.

Aula	Objetivos	Atividade	Habilidades	Tempo
Aulas 1 e 2	Levantamento de conhecimentos prévios	Apresentação da base teórica em óptica geométrica e o contexto histórico a ser investigado	Os alunos irão reforçar os conceitos já vistos em anos anteriores na sua atividade acadêmica	100 min
Aulas 3 e 4	Os alunos divididos em grupos irão fazer levantamentos sobre o tema a partir de palavras chave	Sugestão de aula invertida a partir do método de aprendizagem baseada em projetos (ABP).	Os alunos poderão se colocar no lugar do professor como agente que traz a informação e a transmite para os demais alunos, obtendo assim conhecimento	100 min
Aulas 5 e 6	Apresentar de forma experimental os cálculos e expressões utilizados nos exercícios dissertativos	Confecção do projetor simples e preenchimento das observações no roteiro experimental	Os alunos serão capazes de montar e moldar o projetor simples afim de obter melhor tamanho e nitidez da imagem projetada	100 min
Aulas 7 e 8	Avaliar de maneira singular o desenvolvimento do aluno durante todas as atividades	Avaliação dissertativa	Os alunos serão capazes de contextualizar o que foram submetidos experimentalmente para melhor interpretação de exercícios	100 min

3.1 - Aulas 1 e 2 – Conteúdo expositivo

Com o auxílio de multimídia para a apresentação de slides, o objetivo nesta aula é retomar os conceitos básicos (subsunçores) necessários à aprendizagem do assunto a ser abordado. Nestas aulas, são reforçados os conceitos e princípios da óptica geométrica, suas aplicações em instrumentos ópticos, afim de conceituar a natureza de uma imagem. Para isso utiliza-se um paralelo com o estudo da Arte a partir do contexto histórico sobre o período renascentista e a técnica artística envolvendo a utilização da câmara escura de orifício.

3.2 - Aulas 3 e 4 – Sugestão de aula invertida

Estas aulas têm o intuito de consolidar os conhecimentos prévios e contextualizar o assunto que foi desenvolvido ao longo da sequência. Para isso, deve-se organizar grupos, de acordo com a quantidade de alunos na sala de aula, onde serão sorteados seis temas dentro do conteúdo abordado na aula de conhecimentos prévios. Cada grupo terá que levantar uma pesquisa em casa, se orientando por livros, sites, entre outras fontes a fim de ser exposta e explicada aos demais alunos em sala de aula, anotando na lousa os principais tópicos analisados. A seguir, as fichas de pesquisa de grupo:



Pesquisa em grupo Grupo I

Alunos: _____

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Pesquisem o porquê de as lentes biconvexas serem ideais para uma melhor projeção da imagem. Quais são as suas características? Em que condições físicas essa lente se comporta como ideal ao nosso experimento?

Palavras chave: lentes esféricas, nomenclatura, índice de refração.



Pesquisa em grupo Grupo II

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Alunos: _____

Sobre a câmara escura de orifício, façam uma pesquisa sobre em que condições é possível obter a projeção de uma imagem dentro da câmara. Quais as características da imagem formada? Como alterar o tamanho da imagem? Como podemos melhorar a nitidez da imagem? Qual a consequência desta melhora?
Palavras chave: princípios da óptica geométrica, semelhança de triângulos.



Pesquisa em grupo Grupo III

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Alunos: _____

Graças as contribuições de grandes estudiosos com relação ao comportamento geométrico dos raios de luz, foi proposto os feixes se propagam em linha reta. Mas, quais são as condições que permitem que a luz se propague de tal maneira? Como podemos comprovar? A luz pode se propagar de outro modo?
Palavra chave: princípios da óptica geométrica.



Pesquisa em grupo Grupo IV

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Alunos: _____

Com base nos estudos sobre a formação de imagens nos espelhos esféricos, pesquisem sobre o comportamento óptico de um projetor de slides. Qual o fenômeno que ocorre quando a luz incide na lente? Qual as características da imagem formada? Descreva o diagrama.
Palavras chave: lentes esféricas, raios notáveis, formação de imagens.



Pesquisa em grupo Grupo V



Alunos: _____

O princípio da câmara escura se assemelha ao funcionamento do olho humano. Façam uma pesquisa que apresente esta comparação. Como se comporta os raios de luz? O nosso cristalino é relacionado a qual tipo de lente? Aonde a imagem é projetada em nossos olhos? Quais as características da imagem? Por que não enxergamos tudo de cabeça para baixo? Explique como nossos olhos se ajustam para podermos enxergar de perto ou de longe.

Palavras chave: lentes esféricas, o globo ocular.



Pesquisa em grupo Grupo VI



Alunos: _____

Façam uma pesquisa sobre o período renascentista, em específico a evolução do estudo da ciência. Citem alguns principais representantes desta vertente científica e fale um pouco de seus estudos. Qual destes estudos estão relacionados ao nosso tema em questão.

Palavras chave: período renascentista, história da ciência.

3. 3 - Aulas 5 e 6 – Montagem e o roteiro experimental

Nestas aulas, utiliza-se caixas de papelão, de fácil acesso, podendo ser de variadas dimensões com as quais os alunos, a partir do auxílio de um roteiro experimental (apresentado logo abaixo), e o uso de alguns materiais, irão confeccionar um projetor caseiro, conforme o exemplo da Figura 1, no qual um



Figura 1

aparelho celular terá a função tanto de fonte de luz, quanto de objeto pois irá conter a arte a ser projetada em uma cartolina (o anteparo) fixada na parede da sala de aula.

Com lápis e canetinhas, os alunos irão contornar as imagens projetadas na cartolina caracterizando, de modo aproximado, devido ao uso da tecnologia do aparelho celular, a técnica utilizada no período renascentista por consagrados nomes na arte e na ciência, como Leonardo Da Vinci, como exemplifica a Figura 2.



Figura 2

O roteiro experimental conta com perguntas aos grupos visando análises em relação ao processo de montagem, ou seja, a posição da caixa em relação a cartolina, a orientação do celular em relação à lupa, a orientação do objeto representado na tela do celular e, também conta com análises relacionadas ao conteúdo teórico e os cálculos utilizados, para assim definir: o esquema gráfico (o comportamento da trajetória do feixe de luz para a formação da imagem), a experimentação do cálculo do tamanho do objeto (y), o tamanho da imagem (y'), a distância do objeto em relação a lente (p), a distância da imagem em relação a lente (p'), a distância focal (f), a dimensão da imagem em polegadas, assim como a natureza da imagem, ou seja, imagem real ou imagem virtual. Para este experimento, a maioria dos cálculos serão realizados aplicando semelhança de triângulos e medições com o uso de régua. A seguir, o roteiro experimental:



Instrumentos ópticos como recurso didático para a formação do conceito de imagem

Recriando antigas técnicas de pintura com imagens do tipo *stencil*

Grupo _____

Alunos: _____

- **Materiais a serem utilizados:**

1 caixa de papelão
1 tesoura
1 fita isolante
1 fita adesiva
1 lápis/caneta
1 régua ou fita métrica

1 lupa média
1 aparelho celular
1 camiseta preta
1 cartolina
1 kit de lápis de cores ou canetinhas

- **Montagem:**

Façam um recorte em uma das faces laterais de menor área da caixa de papelão, no qual será encaixado a lupa, para isso utilize as bordas da lupa e o lápis para fazer a marcação do traço a ser recortado. Com a fita isolante, cubra as bordas da lupa, assim como o máximo possível de buracos que a caixa possa conter. Introduza o celular dentro da caixa em uma determinada posição e utilize um suporte que o mantenha com a tela direcionada à lupa. Com a fita adesiva, posicione a cartolina a uma altura suficiente a posição horizontal do projetor. Desligue as luzes da sala e ajuste a melhor definição da imagem. Use uma camiseta preta para cobrir a caixa.

- **Exercícios:** Aplicando os conhecimentos sobre a trajetória do raio de luz, para o seu experimento, resolva os itens a seguir:

- a) Como se comportam os feixes de luz provenientes do celular ao incidir na lupa? De acordo com os seus conhecimentos, quais princípios da óptica geométrica estão sendo considerados?

- b) A que distância o celular se encontra da lupa? _____

- c) A que distância a caixa se encontra do anteparo (cartolina)? _____

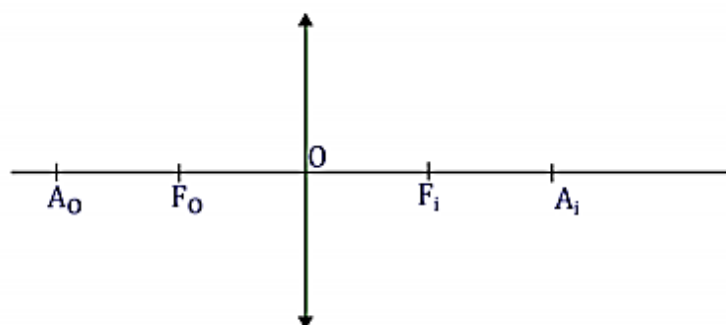
- d) A que distância do anteparo pôde-se obter uma imagem com melhor nitidez?

- e) Qual o tamanho da imagem projetada no anteparo? A imagem formada equivale a quantas polegadas? Façam os cálculos.

- f) O que foi necessário fazer com a imagem proveniente do celular para se obter uma imagem não invertida na cartolina?

- g) A imagem projetada é de real ou virtual? Justifique.

- h) A figura abaixo apresenta uma lente delgada convergente e seus pontos principais sobre o eixo principal. Com base nas medidas determinadas, montem a representação gráfica correspondente ao experimento realizado.



3.4 - Aulas 7 e 8 - Avaliação

As duas últimas aulas consistem na aplicação de uma avaliação individual no qual se apresenta o conteúdo abordado focando nas principais características para a definição do conceito de imagem.

A questões abordadas na avaliação encontra-se a seguir:

01. (1 ponto) Complete a cruzadinha abaixo referente aos principais idealizadores/estudiosos no estudo da óptica e da câmara escura na história da ciência.

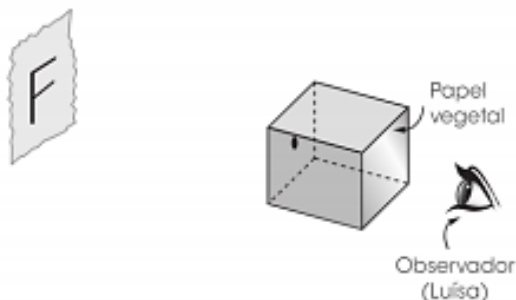
Horizontal	Vertical
3. Um dos primeiros idealizadores da câmara escura	1. Idealizador da utilização da lente biconvexa
5. Propôs a propagação retilínea da luz	2. Fundamentou os princípios físicos da câmara escura
6. Famoso polímata da era renascentista	4. Renomado cientista da época renascentista

02. (1 ponto) Assinale com verdadeiro (**V**) ou falso (**F**) as proposições a seguir:

- () Pelo princípio da independência dos raios de luz, se dois feixes se propagarem num meio homogêneo e transparente, após se interceptarem em certo ponto, terão seu deslocamento desviado.
- () Sobre a natureza da imagem é dito que uma imagem virtual é projetável.
- () Uma lente biconvexa apresenta comportamento convergente quando o índice de refração do meio externo for menor que o do material que constitui a lente.
- () Para que uma lupa funcione como lente de aumento, ela precisa ter um comportamento convergente e o objeto a ser analisado deve estar posicionado no ponto focal.
- () Toda imagem real é projetável e com orientação invertida em relação ao objeto.

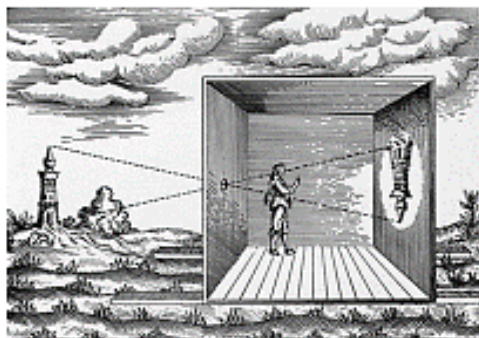
Justifique as falsas:

03. (1 ponto) Luísa, após sua primeira aula de Óptica no Ensino Médio, resolveu testar seus primeiros aprendizados. Seguindo as instruções de seu professor, construiu uma câmera escura de orifício (câmara pinhole) e dispôs, diante do orifício, uma placa com a letra “F” escrita.

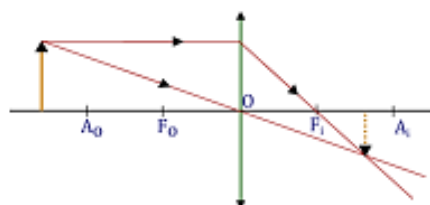


Olhando atrás da câmera, observou uma imagem projetada no papel vegetal localizado na face oposta à que contém o orifício. Responda:

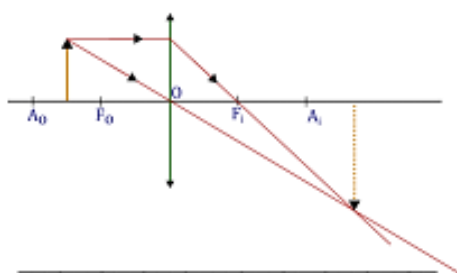
- Qual a orientação da imagem formada? Qual a sua natureza?
 - Represente abaixo o esquema da imagem formada.
04. (2 pontos) A câmara escura de orifício ao decorrer dos séculos tornou-se uma ferramenta associada à técnicas de desenho (figura abaixo) e observações astronômicas. Considere uma situação na qual uma pessoa deseja desenhar uma torre que se encontra 40 m do orifício de uma grande caixa de madeira, com 4 m de largura que funciona como uma câmara escura. A imagem da torre projetada possui 1,2 m de altura. Qual é a altura da torre.



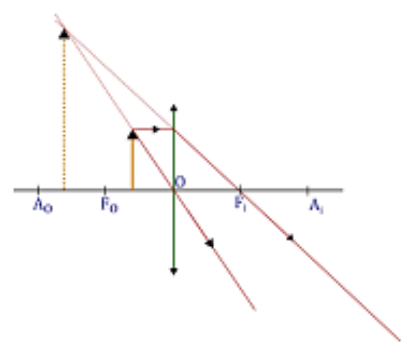
05. (1 ponto) As figuras abaixo correspondem a construção da imagem formada devido a uma lente delgada convergente. Relacione cada construção à algum equipamento cotidiano que apresente sua funcionalidade e defina ao lado as características da imagem formada:



Natureza: _____
 Localização: _____
 Dimensão: _____
 Orientação: _____

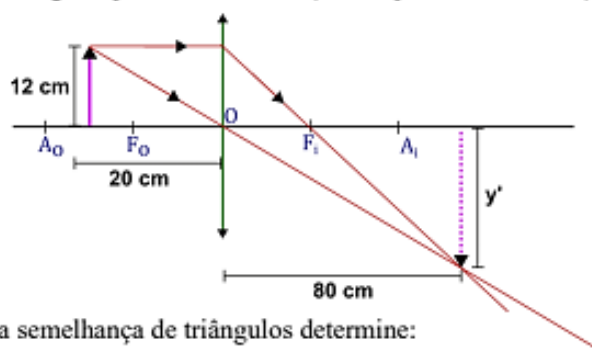


Natureza: _____
 Localização: _____
 Dimensão: _____
 Orientação: _____



Natureza: _____
 Localização: _____
 Dimensão: _____
 Orientação: _____

06. (2 pontos) Com base nos experimentos realizados em sala de aula, considere a figura contida na tela de um *smarthphone*, no qual possui uma altura (y) igual a 12 cm. O aparelho está posicionado à 20 cm da lente biconvexa e a sua imagem será projetada em uma cartolina que se encontra a 80 cm da lente. A figura a seguir apresenta a construção simplificada da situação:



Aplicando a definição da semelhança de triângulos determine:

- Qual a altura (y') da imagem projetada?
- Sabendo que a imagem projetada possui uma diagonal equivalente a 68 cm, esta imagem possui quantas polegadas?

4. MANUAL DE MONTAGEM



Manual de montagem: Confeccionando um projetor simples

O projetor simples pode ser montado com materiais de fácil acesso e de baixo custo, como mostra a Figura 3.

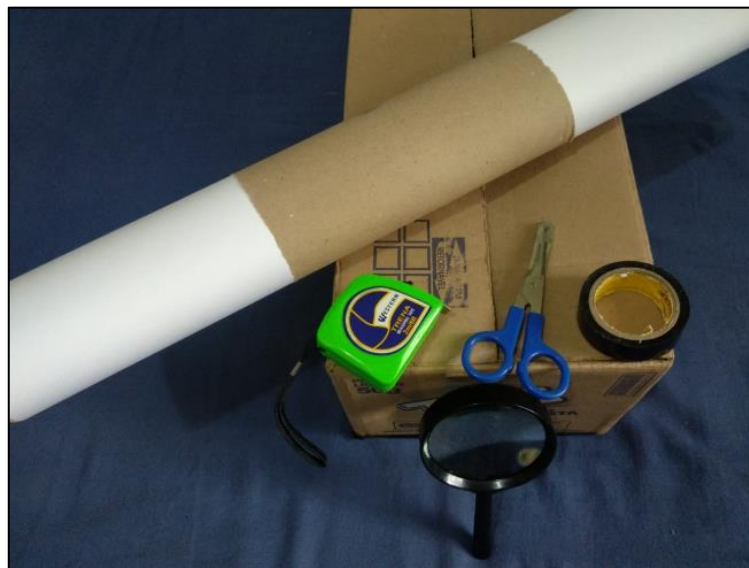


Figura 3

4.1 - Materiais utilizados

- Uma caixa de papelão (de preferência em formato paralelepípedo retângulo)
- Lupa média (com diâmetro de 75 mm)
- Um aparelho celular
- Tesoura
- Fita isolante
- Fita métrica ou trena
- Lápis ou caneta
- Cartolina
- Kit de lápis de cores ou canetinhas
- Um pano escuro ou uma camiseta escura

4.2 - Objetivo

Projetar uma imagem em um anteparo a fim de obter a melhor resolução e melhor nitidez analisando qualitativamente e quantitativamente como obter tais aspectos.

4.3 - Procedimento de construção e aplicação

Inicialmente, mantenha a parte superior da caixa aberta para a montagem. A fim de evitar a passagem de luz para o seu interior, utilize a fita isolante para cobrir arestas e demais orifícios que a caixa possa conter, a ideia é evitar ao máximo a entrada de luz dentro da caixa, o que pode comprometer a eficiência do experimento. Uma sugestão válida é pedir aos alunos que pintem as faces internas da caixa com tinta guaxe preta, aumentando ainda mais a eficiência do experimento, pois evita o excesso de reflexão dos raios de luz no interior da caixa.

Em uma das faces laterais de menor área, utilizando as bordas da lupa e com o auxílio de uma caneta, demarque a região circular para o corte que será feito usando a tesoura, este será o ponto de encaixe da lupa, como mostra a Figura 4.



Figura 4

Novamente com a fita isolante, fixe a lupa no recorte, tapando qualquer passagem possível de luz ao redor da lupa, como mostra a Figura 5.



Figura 5

O próximo passo será a montagem de um suporte para o celular, o qual pode ser montado utilizando peças de isopor ou um pedaço de papelão rígido, desde que fiquem fixados no interior da caixa, como mostra a Figura 6.



Figura 6

Pode-se também utilizar algum objeto sólido (como pequenos livros ou um estojo) desde que sirva de escora para o aparelho celular, como mostra a Figura 7.



Figura 7

O aparelho celular deve ser mantido com a tela direcionada onde se encontra a lupa como mostra novamente a Figura 7. O seu posicionamento em relação a proximidade à lente vai depender do tamanho e da nitidez desejada da imagem projetada enquanto realiza o experimento.

A orientação (vertical ou horizontal) do celular vai depender da imagem que será colocada na tela, por exemplo, novamente pela Figura 7 a imagem exposta é melhor projetável com o celular na vertical. Em aparelhos com o sistema operacional “*android*”, caso seja necessário que a imagem gire, sendo posicionada na horizontal, vá nas configurações de seu aparelho e clique na opção “girar automaticamente”, como mostra a Figura 8.

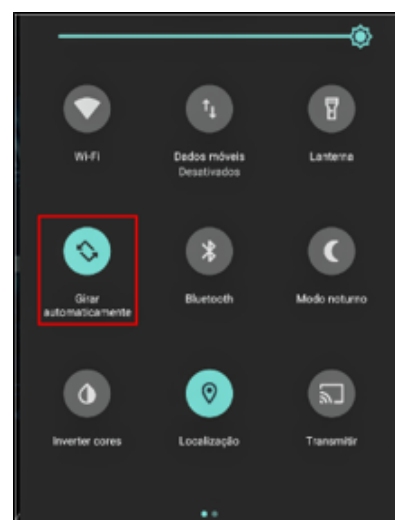


Figura 8

Uma sugestão importante é aumentar o tempo de suspensão da tela (ou seja, o tempo que leva para a tela se apagar em caso de inatividade do usuário) nas configurações do aparelho celular. Vá em:

Configurações → Tela → Avançado

Aumente o tempo de suspensão, como mostra a Figura 9. Deste modo, poderá realizar o experimento sem a necessidade de abrir a caixa e precisar ligar a tela no celular novamente.



Figura 9

Sobre as imagens a serem projetadas, uma sugestão viável é trabalhar com a técnica de imagens em formato “*stencil*”, como mostra a Figura 10.



Figura 10

Estas imagens são facilmente encontradas em sites de busca na internet com variados temas e moldes de simples contorno.

Após as devidas configurações, posicione a caixa sobre uma base (uma mesa ou uma carteira) e aproxime-a de uma parede.

Utilize uma cartolina (de preferência de cor branca) como anteparo, no qual deve ser fixada à parede e posicionada na mesma altura que se encontra a lupa, de acordo com a Figura 11.



Figura 11

Apague as luzes e feche as janelas do local onde esteja para evitar qualquer interferência de luminosidade externa. O projetor apresentará o seguinte comportamento, como mostra a Figura 12.



Figura 12

As imagens projetadas apresentam o seguinte comportamento, como mostra a Figura 13.



Figura 13

Uma vez ajustada a imagem, se inicia o processo de contorno (Figura 14) com o uso de um lápis, caneta, canetinhas coloridas ou marca-textos além de outros materiais que inspirem a um trabalho criativo.



Figura 14

O resultado será desenhos com resoluções entre 7 a 15 polegadas, aproximadamente como mostra a figura 15 a seguir.

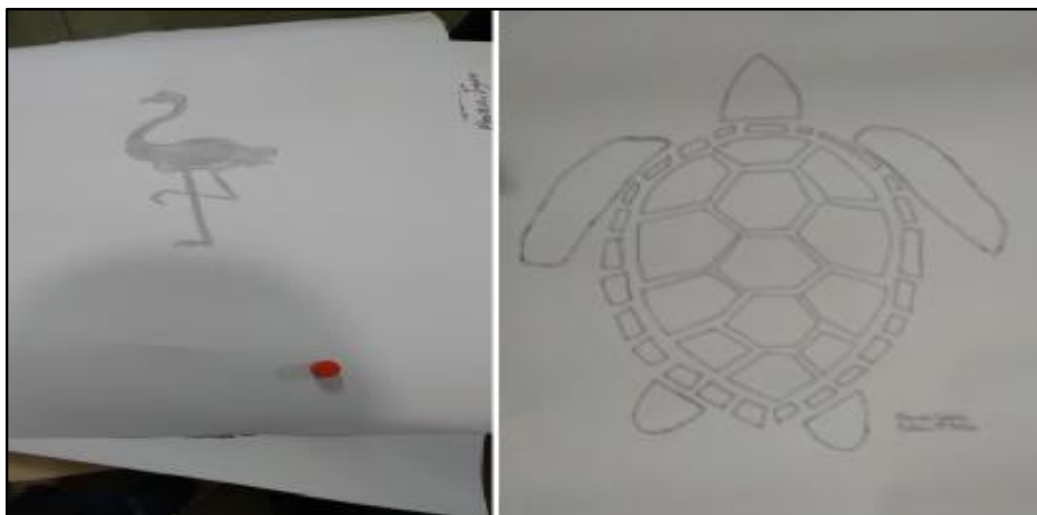


Figura 15

O tempo de execução do experimento cabe perfeitamente dentro de duas aulas. Não há a necessidade de uma sala de aula com bastante espaço ou a necessidade de um laboratório de Ciências para esta finalidade. A organização dos grupos pode ser facilmente distribuída pelo espaço utilizado. A cada passo da montagem e configuração da projeção, recomenda-se que alguns alunos do grupo já anotem no roteiro experimental os dados obtidos, para melhor acompanhar o processo, sempre mantendo a comunicação com todos os demais companheiros.

Os resultados dos trabalhos nas folhas de cartolina podem ser utilizados para ser realizada uma exposição no próprio colégio ou em feiras de Ciências onde os próprios alunos irão apresentar a população como confeccionaram o projetor, além das técnicas de pintura e contorno utilizados.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. B. Integração de currículo e tecnologias: a emergência de web currículo. Anais do XV Endipe – Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

CAMPOS, L.C., Aprendizagem Baseada em projetos: uma nova abordagem para a Educação em Engenharia. In: COBENGE 2011, Blumenau, Santa Catarina, 3 a 6/10/2011.

FUKE, Luiz Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. Física para o ensino médio. São Paulo: Saraiva, v. 2, 2010.

FRANCISCO JR, W.E; FERREIRA, L.H; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aulas de ciências. Química Nova na Escola, n.30, p. 34-41, novembro, 2008.

GOMBRICH, Ernst H. A história da arte. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

HALLIDAY, David; RENISCK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física – volume 4. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2003.

HOCKNEY, David. O conhecimento secreto: redescobrimos as técnicas perdidas dos grandes mestres. São Paulo: Cosac & Naify, 2001.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de física. São Paulo: Scipione, v. 2, 2000.