



MNPEF Mestrado Nacion
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

YNAIAH ROCHA MENEZES

**METODOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE ÓPTICA PARA ALUNOS COM
OU SEM DEFICIÊNCIA VISUAL**

FORTALEZA

2024

YNAIAH ROCHA MENEZES

METODOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE ÓPTICA PARA ALUNOS COM OU
SEM DEFICIÊNCIA VISUAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M513m Menezes, Ynaiah Rocha.
Metodologias aplicadas ao ensino de óptica para alunos com ou sem deficiência visual / Ynaiah Rocha
Menezes. – 2024.
102 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. Sequência didática. 2. Baixa visão. 3. Vygotsky. 4. Ensino de Física. I. Título.

CDD 530.07

YNAIAH ROCHA MENEZES

METODOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE ÓPTICA PARA ALUNOS COM OU
SEM DEFICIÊNCIA VISUAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 12 de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Makarius Oliveira Tahim – Examinador Externo UECE

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva – Examinador Interno UFC

A Deus e à minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me tornar capaz de realizar meus projetos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – (código de financiamento 001), pelo suporte ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Ao meu esposo, por ter se esforçado ao seu máximo, cuidando de nossa bebê, para me ajudar na conclusão deste trabalho.

À minha mãe, por sempre ter disponibilizado seu tempo para me apoiar.

Ao Professor Dr. Nildo Loiola Dias, por toda paciência e dedicação em sua excepcional orientação.

Aos meus colegas do mestrado, pelo compartilhamento de aprendizagem.

A todos os professores da MNPEF da Universidade Federal do Ceará, pelo trabalho e as aulas ministradas.

À gestão da EEM Governador Adauto Bezerra, em especial ao Diretor professor Otacílio Bessa (*in memorian*), que em todas as vezes acreditou e lutou pelo ensino público de qualidade e sempre prezou pela educação inclusiva.

E a todos que contribuíram para eu conseguir concluir este trabalho.

“A inclusão acontece quando se aprende com as diferenças e não com as igualdades.”

(Freire, 2018)

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma sequência didática sobre conteúdos de Óptica, onde foram construídos materiais que podem ser aplicados no ensino para alunos com ou sem deficiência visual. O desafio maior foi analisar e elaborar como ensinar Óptica para alunos com perda de visão parcial ou total, onde, através de materiais produzidos foi possível alcançar um melhor entendimento de uma aluna com baixa visão acentuada em uma sala de aula do terceiro ano do Ensino Médio em uma turma com aproximadamente mais outros 39 alunos videntes. Independentemente da quantidade de alunos com deficiência visual em uma sala, é esperado que o ensino chegue a todos de maneira mais completa e honesta possível, sendo essencial o professor investir o tempo de planejamento em preparar materiais que leve os alunos a um alcance maior da aprendizagem. A inspiração deste trabalho foi a teoria de Vygotsky que destaca a relevância da interação social e da mediação no desenvolvimento cognitivo. No contexto da inclusão escolar, isso implica que estimular interações colaborativas e significativas entre alunos com e sem deficiência é essencial para concretizar a inclusão e ampliar as oportunidades de aprendizagem e crescimento para todos os estudantes.

Palavras-chave: sequência didática; baixa visão; Vygotsky; ensino de física.

ABSTRACT

This paper presents a didactic sequence on Optics content, where materials were developed that can be applied in teaching students with or without visual impairments. The main challenge was to analyze and design methods for teaching Optics to students with partial or total vision loss. Using the materials created, it was possible to achieve a better understanding by a student with severe low vision in a third-year high school classroom with approximately 39 other sighted students. Regardless of the number of visually impaired students in a class, it is expected that teaching reaches everyone as fully and fairly as possible. Therefore, it is essential that teachers invest planning time in preparing materials that help all students achieve a deeper level of learning. The inspiration for this work was Vygotsky's theory, which emphasizes the importance of social interaction and mediation in cognitive development. In the context of school inclusion, this means that fostering collaborative and meaningful interactions between students with and without disabilities is crucial for realizing inclusion and enhancing learning and growth opportunities for all students.

Keywords: didactic sequence; low vision; Vygotsky; physics teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Igualdade x equidade	20
Figura 2- Representação do experimento de Newton sobre a dispersão da luz	23
Figura 3- Representação da Câmara escura.....	24
Figura 4 - Leis da reflexão.....	25
Figura 5 - Imagem e objeto.....	25
Figura 6- Lei da reflexão de acordo com Huygens	26
Figura 7- Reflexão da luz de acordo com Fermat	28
Figura 8 - Representação da refração da luz.....	30
Figura 9 - Lei da refração de acordo com Huygens	31
Figura 10 - Princípio de Fermat e a refração da luz	33
Figura 11 - Comportamento dos raios de luz em uma lente convergente	35
Figura 12 - Comportamento dos raios de luz em uma lente divergente	35
Figura 13 - Partes da montagem da câmara escura: na primeira figura temos a lata de leite pintada e com o papel vegetal fixado nela; na segunda figura está o orifício no fundo da lata; a terceira figura mostra o início do processo de enrolar a lata na cartolina; e na quarta figura aponta a cartolina dupla face e a lata.....	42
Figura 14 - Observação da câmara escura pelos alunos videntes: na primeira figura possui uma aluna vendo seu colega na câmara escura; na segunda figura, mostra como a aluna vê (a imagem do aluno em um tamanho reduzido e invertido verticalmente).	43
Figura 15 - Exercício sobre câmara escura.....	44
Figura 16 – Estudante interagindo com a câmara escura em alto relevo	44
Figura 17 - Montagem do prisma 3D	45
Figura 18 - Alguns alunos com o Prisma 3D	46
Figura 19 – Estudante interagindo com o prisma 3D	46
Figura 20 – Estudante interagindo com material disponibilizado sobre reflexão da luz.....	47
Figura 21 - Ângulos de incidência e reflexão: a primeira figura aponta a aluna com DV tendo acesso ao material; a segunda figura evidencia os ângulos de incidência e de reflexão são 30°; na terceira figura os ângulos revelados são 45°; a terceira figura mostra os ângulos de incidência e de reflexão são 60°	48
Figura 22 - Objeto e espelho plano.....	49
Figura 23 - Formação de imagem.....	50

Figura 24 - Alguns resultados da prática “formação de imagens”: na primeira figura tem alguns estudantes com sua atividade concluída; nas figuras dois e três contém o registro de alguns resultados dessa atividade.	51
Figura 25 - Refração da luz e as mudanças dos ângulos: a primeira figura retrata a aluna com deficiência analisando o fenômeno da refração; a segunda figura mostra o ângulo incidente de 30°; na terceira imagem representa o ângulo incidente de 45°; a quarta figura observa-se a reta incidente formando um ângulo de 60°.....	52
Figura 26 - Ângulos de incidência.....	54
Figura 27 - Ângulos de refração	54
Figura 28 - Lente convergente 3D.....	55
Figura 29 - Aluna com deficiência visual e o modelo 3D da lente convergente.....	56
Figura 30 – Estudante interagindo com material disponibilizado sobre lente convergente em alto relevo	56
Figura 31 - Distância focal de uma lente convergente	57
Figura 32 - Lente divergente em alto relevo.....	58
Figura 33 - Observação através da câmara escura.....	60
Figura 34 - Prisma 3D em análise pela aluna com deficiência visual.....	62
Figura 35 - Disco de Newton.....	63
Figura 36 - Análise do fenômeno de reflexão pela aluna com deficiência.....	65
Figura 37 - Refração analisada pela aluna com deficiência visual.....	68
Figura 38 - Reproduzindo o desenho do objeto através do espelho semitransparente	70
Figura 39 - Lente convergente para ser analisada pela aluna com DV	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Respostas da questão 5.....	64
Gráfico 2 - Respostas da questão 6.....	66
Gráfico 3 - Respostas da questão 7.....	67
Gráfico 4 - Respostas da pergunta 10.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de refração de alguns materiais	31
Tabela 2 - Temas das aulas ministradas	41
Tabela 3 - Ângulos de incidência e de refração.....	53
Tabela 4 - Respostas da aluna com DV sobre Câmara escura.....	60
Tabela 5 - Respostas da questão 3	61
Tabela 6 - Respostas da aluna com DV sobre Decomposição da luz.....	63
Tabela 7 – Respostas da aluna com DV sobre Reflexão da luz	67
Tabela 8 - Algumas respostas da pergunta 8	68
Tabela 9 - Algumas respostas da questão 9.....	70
Tabela 10 - Algumas respostas da questão 12.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Legislação	15
2.2 A limitação visual e o ensino de ciências	17
2.3 Concepção Vygotskiana de aprendizagem e a educação inclusiva	18
3 INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA	22
3.1 Decomposição da luz	23
3.2 Princípio de propagação retilínea da luz	23
3.3 A reflexão da luz e o espelho plano	25
3.4 Refração da luz	29
3.5 Lentes esféricas	34
4 REVISÃO DE LITERATURA	36
5 METODOLOGIA	40
5.1 Câmara escura	41
5.2 As radiações do espectro visível (PRISMA 3D)	45
5.3 Reflexão e espelho plano	47
5.4 Formação de imagens no espelho plano	49
5.5 Refração da luz	51
5.6 Lentes convergentes	55
5.7 Lentes divergentes	57
6 ANÁLISE DE RESULTADOS	59
7 CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ONLINE	78
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	82

1 INTRODUÇÃO

A física é considerada por muitos alunos do ensino médio uma disciplina muito complexa e abstrata, pois envolve matemática e se faz necessário o despertar do senso crítico e a utilização da lógica, além da interpretação de cada indivíduo. Isso cria uma espécie de barreira mental, os fazendo se sentirem incapazes, muitas vezes, de ir avante na compreensão dos conteúdos ministrados.

Essas barreiras já formam desafios, e o enfrentamento aumenta ainda mais quando a condição é ensinar Óptica para alunos com deficiência visual. MÁXIMO (2016, p. 119) descreve a Óptica como

[...] o estudo da luz e dos fenômenos luminosos em geral. Entre nossos sentidos, a visão é o que mais colabora para o conhecimento do mundo à nossa volta; provavelmente por isso, o campo de estudo da Óptica desperta o interesse dos pensadores desde a Antiguidade.

Filósofos gregos, como Platão e Aristóteles, já se preocupavam em responder perguntas do tipo: Por que vemos um objeto? O que é a luz? Platão, por exemplo, supunha que nossos olhos emitiam pequenas partículas que, ao atingir um objeto, tornavam-no visível. Aristóteles considerava a luz um fluido imaterial que se propagava entre o olho e o objeto visto.

Com isso, é correto afirmar que o ensino de óptica é melhor compreendido por um sujeito quando o seu sentido da visão é desenvolvido minimamente para uma possível percepção visual dos conceitos desse conteúdo. E vem a indagação: Como transformar um conteúdo totalmente visual em algo palpável e possível de ensinar para uma pessoa que tem limitação da visão?

Foram estudadas maneiras para essa questão ser respondida de uma forma mais próxima da realidade da Escola de Ensino Médio Governador Adauto Bezerra, onde foram realizados até mesmo outros trabalhos de Física que se transformaram em teses de mestrado para alunos com baixa visão em momentos anteriores.

A Escola localizada em Fortaleza – CE conta com apoio de uma profissional capacitada para adaptação do ensino à alunos portadores de diversos tipos de deficiências. Essa profissional conta com a coparticipação de outros habilitados para o trabalho ser mais eficaz, visto a quantidade e diversidade de alunos necessitados desses tratamentos especializados.

Alguns professores formados dentre aproximadamente uma década ou até menos, não tiveram preparação em Educação inclusiva durante a graduação. Porém, o Plano Nacional

de Educação, de 2001 (p. 132/133) ressalta a necessidade de professores serem capacitados para a educação inclusiva:

19. Incluir nos currículos de formação de professores, nos níveis médio e superior, conteúdos e disciplinas específicas para a capacitação ao atendimento dos alunos especiais.
20. Incluir ou ampliar, especialmente nas universidades públicas, habilitação específica em níveis de graduação e pós-graduação, para formar pessoal especializado em educação especial, garantindo, em cinco anos, pelo menos um curso desse tipo em cada unidade da Federação.
21. Introduzir, dentro de três anos a contar da vigência deste Plano, conteúdos disciplinares referentes aos educandos com necessidades especiais nos cursos que formam profissionais em áreas relevantes para o atendimento dessas necessidades, como Medicina, Enfermagem e Arquitetura, entre outras.
22. Incentivar, durante a década, a realização de estudos e pesquisas, especialmente pelas instituições de ensino superior, sobre as diversas áreas relacionadas aos alunos que apresentam necessidades especiais para a aprendizagem. (BRASIL, 2001)

É explícito na citação predita e extraída do Plano Nacional de Educação, que os professores necessitam ser qualificados a trabalharem com alunos portadores de deficiência, sendo também manifestada até a necessidade de Especializações ou cadeiras na própria graduação que capacite o professor em sua formação nesse quesito.

Neste trabalho, são apresentados métodos que facilitam o modo de ensinar a Óptica para alunos com ou sem deficiência visual, com uma atenção maior nesse segundo público. É exibido o preparo e a aplicação de materiais divergentes e tateáveis, que foram importantes, especialmente para uma aluna com baixa visão cursando o terceiro ano do ensino médio.

O segundo capítulo deste trabalho aborda a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que assegura o direito de todas as pessoas a receberem educação de qualidade, cita o Estatuto da Pessoa com Deficiência que garante a igualdade das pessoas que possuem algum tipo de deficiência, é comentado sobre o quão a dificuldade visual pode interferir no aprendizado das Ciências, especialmente da Física. Para finalizar esse capítulo, é discutida a importância da teoria de Vygostky para a educação de alunos com deficiência e o quanto a equidade é mais imprescindível que a igualdade, especialmente no âmbito educacional.

No seguinte capítulo, consta uma introdução à Óptica geométrica, onde, com o apoio de determinados livros e artigos, foi possível definir alguns conteúdos desse tema, e proporcionar um maior entendimento sobre a óptica, para assim ser trabalhado de forma mais completa as melhores maneiras de mediar esse conhecimento para os alunos de maneira mais dinâmica e apropriada para o nosso público alvo, estudantes com baixa visão.

O trabalho segue com a Revisão de Literatura, onde contém alguns artigos, livros e teses relacionados ao Ensino de Física e especialmente o ensino da Óptica para alunos do ensino

médio com deficiência visual. Nesse capítulo também, está o trabalho do professor Eder Pires de Camargo que se encontra no livro intitulado: “Ensino de óptica para alunos cegos: possibilidades”, lançado em 2011. O professor Camargo possui baixa visão, é pós-doutor e leciona disciplinas para os cursos de licenciatura nas áreas de Ciências e Matemática, incluindo nos cursos de Engenharia. Camargo também ministra aulas sobre inclusão e especialmente sobre o ensino de Óptica para alunos com deficiência visual (CAMARGO, 2011).

No quinto capítulo, está descrito a metodologia deste trabalho, que se trata de uma sequência didática do ensino de óptica. Segundo GUEDES (2019), a sequência didática é um conjunto de atividades integradas ao conteúdo, projetadas para favorecer a aprendizagem dos alunos. Esse processo é orientado pelos objetivos definidos previamente no planejamento, mantendo sempre o foco no desenvolvimento das habilidades desejadas.

Neste trabalho, a sequência didática foi constituída por 10 (dez) aulas com duração de 50 minutos cada, sendo 3 (três) aulas teóricas e 7 (sete) aulas expositivas. Para as aulas expositivas foram elaborados materiais exclusivos no intuito de auxiliar nos conteúdos selecionados, com o objetivo de facilitar especialmente o aprendizado de uma aluna do terceiro ano do Ensino médio que possui baixa visão, mas sem desconsiderar também o aprendizado dos alunos isentos de deficiência visual.

O trabalho é findado na análise dos resultados, onde está descrito o aprendizado da aluna que possui baixa visão, que foi verificado e registrado em um caderno de anotações no momento da aplicação do produto. Além disso, na análise de resultados constam as respostas do questionário online aplicado através do Google Forms para os demais alunos, onde um total de 16 (dezesesseis) alunos contribuíram com respostas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Legislação

A lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 determina que todos temos direito à educação de qualidade, e isso independe das limitações que possam vir a impedir um indivíduo de alcançar um aprendizado de forma integral.

Com o passar do tempo, novas leis foram sendo implementadas ou modificadas nesse âmbito. Então, em 2015, foi instituída a Lei nº 13.146, de 6 de julho, nomeada como Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), que assegura direito de igualdade dessas pessoas na vida, na saúde e também nas escolas.

De acordo com o Estatuto da Pessoa com Deficiência,

Art. 2º Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas. (BRASIL, 2015, p. 8)

Em geral, nas escolas, para o aluno ser matriculado como PCD¹, não é obrigatória uma comprovação da deficiência, mas é recomendado que posteriormente a escola tenha acesso a um laudo para que haja um tratamento educacional especializado de acordo com sua necessidade individual.

Ainda segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência,

Art. 27. A educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem.

Parágrafo único. É dever do Estado, da família, da comunidade escolar e da sociedade assegurar educação de qualidade à pessoa com deficiência, colocando-a a salvo de toda forma de violência, negligência e discriminação. (BRASIL, 2015, p. 12)

Para ser possível à comunidade escolar garantir com maior eficácia o direito do aluno com deficiência, é necessário o apoio do Estado, com contratação de profissionais especializados no trabalho com PCD, além de salas estruturadas para o suporte na esfera educacional dos mesmos. Assim, a inclusão e o aprendizado desses alunos acontecem de forma mais assistida, possibilitando um melhor resultado na aprendizagem. Por outro lado, sem esses

¹ Pessoa com deficiência.

profissionais e sala apropriada, os alunos tendem a se sentir excluídos, o que muitas vezes leva a falta de aprendizagem dos mesmos e, em alguns casos, a evasão da escola.

Em escolas com suporte para alunos com deficiência, há possibilidades de aulas individualizadas ou em grupos, marcadas no próprio turno do aluno, assim como provas adaptadas, avaliações orais ou, até mesmo, com práticas apropriadas para os diversos tipos de deficiências. É importante ressaltar que existem casos em que os alunos que contém algum tipo de deficiência só são destinados para a sala de aula no intuito de garantir uma socialização com os demais alunos e professores.

A inclusão é definida por Freire (2008, p. 5) como sendo:

[...] um movimento educacional, mas também social e político que vem defender o direito de todos os indivíduos participarem, de uma forma consciente e responsável, na sociedade de que fazem parte, e de serem aceitos e respeitados naquilo que os diferencia dos outros. No contexto educacional, vem, também, defender o direito de todos os alunos desenvolverem e concretizarem as suas potencialidades, bem como de apropriarem as competências que lhes permitam exercer o seu direito de cidadania, através de uma educação de qualidade, que foi talhada tendo em conta as suas necessidades, interesses e características.

Nas escolas, a inclusão não se concretiza em apenas ter alunos com e sem deficiência matriculados e juntos no mesmo ambiente, a inclusão vai muito mais além. De acordo com BRASIL/MEC (2004), a escola inclusiva tem características de garantir a qualidade de ensino a todos os alunos em suas diversidades com respeito e conforme seja necessário, fazendo com que os estudantes que possuem deficiências se sintam valorizados e amparados no meio educacional.

Costa (2012, p. 120), afirma que,

Ao garantir o direito à Educação de todos e para todos, numa escola que abraça a pluralidade na diversidade, que respeita as diferenças e as individualidades, é papel primordial do docente promover ações coletivas que verdadeiramente possam se constituir em contributos somatórios ao processo de inclusão.

Assim, é possível reiterar também a importância do professor buscar meios eficazes para os alunos em sua disparidade aprenderem de forma mais concreta o que é transmitido em sala de aula, para os estudantes em geral. E assim unificar a educação levando em conta também o apoio que recebe da escola e dos profissionais especializados disponibilizados por ela.

2.2 A limitação visual e o ensino de ciências

O ensino de Física, em especial o conteúdo da óptica, é predominantemente baseado em recursos visuais, o que, muitas vezes, a ausência de materiais didáticos no momento das aulas, torna a física uma disciplina abstrata. Esses recursos acabam por se transformar em empecilhos para a aprendizagem de estudantes com algum tipo de deficiência visual.

O foco deste trabalho é o ensino de Física, porém, como ela faz parte da área denominada como Ciências da Natureza, é possível afirmar que de acordo com Moreira (2006, p. 11) apud COSTA (2017, p. 17),

[...] para a educação de qualquer cidadão no mundo contemporâneo, é fundamental que ele tanto possua noção, no que concerne à ciência e tecnologia (CT), de seus principais resultados, de seus métodos e usos, quanto de seus riscos e limitações e também dos interesses e determinações (econômicas, políticas, militares, culturais etc.)

Com essa afirmação, fica evidente a importância do ensino das Ciências da Natureza. Por outro lado, a limitação visual e o ensino de Ciências representam um possível obstáculo na parte educacional, pois nas Ciências Naturais, especialmente na área da Física, muitas vezes são utilizados elementos visuais como gráficos e experimentos práticos que dependem da visão. No entanto, com as adaptações corretas, é possível proporcionar um ensino inclusivo e eficaz para alunos com deficiência visual. Até mesmo a implementação de experimentos no laboratório, que é uma parte fundamental do ensino de física. A educação nessa área também pode ser comprometida em relação ao aluno com deficiência visual pela falta de acesso a recursos adaptados, como materiais táteis e descrições auditivas.

O uso de modelos em relevo, gráficos táteis e figuras construídas com caneta 3D possibilitam os alunos com deficiência visual a sentirem e interagirem fisicamente com conceitos abstratos. Em momentos de explicação ou de avaliação, ter profissionais para descrever as imagens é essencial para uma compreensão melhor do estudante que possui deficiência visual. Neste ano de 2024 a Escola onde o trabalho foi realizado possui cuidadores que desempenham o papel de descrever o que está sendo explicado pelo professor e acompanham de forma mais completa o aprendizado dos alunos com deficiência porém no ano de 2023, quando foi realizado de fato este estudo, não haviam profissionais para um melhor auxílio.

Assim, estando sozinho em sala de aula, toda adaptação requer do professor o preparo para enfrentar os desafios do ensinar alunos com deficiência. Segundo Sant'Ana (2005, p. 227) apud CAMARGO (2016, p. 24):

[...] o sucesso da intervenção do professor da sala comum depende de mudanças nas práticas pedagógicas, da adoção de novos conceitos e estratégias, adaptação ou (re)construção de currículos, uso de novas técnicas e recursos específicos para o uso com esses estudantes, novas formas de avaliação, entre outras mudanças e implementações.

Por outro lado, professores precisam de treinamentos para oferecer descrições detalhadas dos experimentos e utilizar métodos que envolvam diferentes sentidos, como sons, e texturas, ampliando a experiência científica. De acordo com MANTOAN (2006, p. 57),

A formação continuada do professor deve ser um compromisso dos sistemas de ensino comprometidos com a qualidade do ensino, que nessa perspectiva, devem assegurar que sejam aptos a elaborar e a implantar novas propostas e práticas de ensino para responder às características de seus alunos, incluindo aquelas evidenciadas pelos alunos com necessidades educacionais especiais.

É esperado que quando adaptações são adequadamente implementadas, alunos com deficiência visual consigam entender os conceitos científicos de forma efetiva. Isso promove não só a inclusão, mas também desenvolve habilidades como pensamento crítico e resolução de problemas, tornando o aluno em um ser com um maior sentimento de capacidade.

É importante até citar que na escola onde a inclusão é considerada importante, onde professores têm ao menos o apoio de profissionais capacitados e trabalham em equipe, os alunos tendem a ir mais longe e se sentem capazes até mesmo de ingressar em uma Universidade. Na escola onde este trabalho foi realizado, temos recentes ex-alunos com deficiência visual que hoje cursam Administração e Educação Física em universidades públicas.

2.3 Concepção Vygotskiana de aprendizagem e a educação inclusiva

De acordo com CAMARGO (2012, p. 47/48),

A teoria de Vigotski (1997) sobre a cegueira justifica que os significados indissociáveis de representações visuais são inacessíveis às pessoas cegas de nascimento. Essa teoria afirma que tais pessoas não compreendem o fenômeno luminoso em seu âmbito visual, e sim a partir dos significados sociais a tal fenômeno relacionados. Nesse sentido, a cegueira nativa em nada se assemelha à sensação visual de um vidente com os olhos vendados; ou seja, o cego total de nascimento não vive envolvido na escuridão, já que as ideias de claro, escuro, cores etc. não têm, para esse indivíduo, um significado visual

Diante da importância das ilustrações visuais no ensino da Física, incluindo na Óptica, surge a questão de como transmitir os conceitos de propagação da luz a estudantes com deficiência visual utilizando outros sentidos, como o tato e a audição. Além disso, reflete-se sobre como promover a inclusão desses alunos no ensino regular de Física. Segundo COSTA (2017), o ensino de Física para estudantes com deficiência visual tem despertado o interesse de muitos educadores e pesquisadores recentemente. Embora seja um tema de longa data, ele poderia ser ainda mais explorado.

Vygotsky apud SILVA (2020) enfatizou a importância da interação social no desenvolvimento cognitivo do ser humano. Em uma sala de aula inclusiva, promover a interação entre alunos com diferentes habilidades pode enriquecer a experiência de aprendizagem para todos. A colaboração e a comunicação entre alunos com e sem necessidades especiais podem facilitar a construção de uma compreensão mais profunda dos conteúdos e desenvolver habilidades sociais.

Vygotsky (2007) apud SANTOS (2021), via a aprendizagem como um processo que ocorre em contextos sociais e culturais específicos. A inclusão escolar se alinha a essa visão ao reconhecer que cada aluno traz consigo um conjunto único de experiências e habilidades. A adaptação do currículo e das estratégias pedagógicas para refletir essa diversidade é essencial para atender às necessidades de todos os alunos.

A prática da inclusão escolar, apoiada pelas ideias de Vygotsky, sugere que a presença de estudantes com deficiência em salas de aula regulares não apenas beneficia esses alunos ao proporcionar oportunidades de socialização, mas também enriquece a experiência de aprendizagem para todos os alunos ao promover a diversidade e assim, haver possibilidade de surgir o respeito às diferenças e o amadurecimento enquanto viver bem em sociedade.

Dessa forma, é possível afirmar que a teoria de Vygotsky evidencia a importância da interação social e da mediação para o desenvolvimento cognitivo das pessoas. No contexto da inclusão escolar, isso significa que promover interações entre alunos com e sem deficiência é fundamental para a efetivação da inclusão e para potencializar as oportunidades de aprendizagem e desenvolvimento para todos os estudantes.

Conforme SILVA (2020), para Vygotsky, a percepção e o entendimento do mundo são moldados pela interação com outras pessoas e pela cultura. Portanto, o que é considerado "normal" ou "patológico" pode variar de acordo com o contexto social e cultural. Nesse sentido, a cegueira não é vista apenas como uma deficiência, mas como uma condição que pode ser compreendida e adaptada dentro de um contexto social específico.

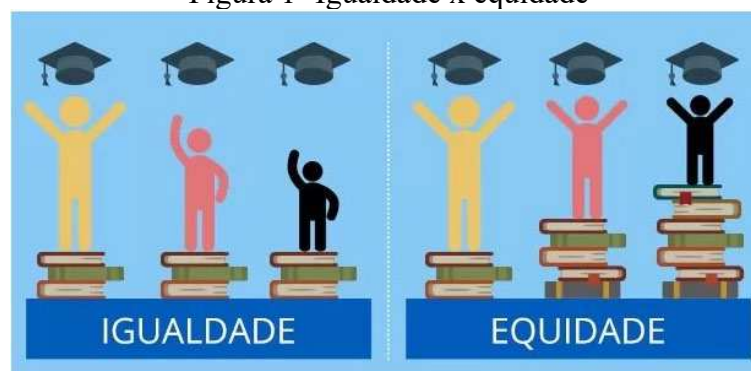
Nós nos acostumamos com a ideia de que o homem lê com os olhos e fala com a boca, e somente o grande experimento cultural que mostrou ser possível ler com os dedos e falar com as mãos revela-nos toda a convencionalidade e a mobilidade das formas culturais de comportamento. Psicologicamente, essas formas de educação conseguem superar o mais importante, ou seja, a educação consegue inculcar na criança surda-muda e na cega a fala e a escrita no sentido próprio dessas palavras (VYGOTSKY, 2011, p.868).

Vygotsky destaca que, para uma pessoa cega, o acesso à cultura, aos estudos e a novas formas de conhecimento, que geralmente dependem de leitura e observação visual, pode ser desafiador. No entanto, esses desafios oferecem uma oportunidade para encontrar novos meios de como se relacionar com o mundo. Isso pode levar a uma reestruturação do desenvolvimento, abrindo espaço para novas abordagens e métodos de aquisição de conhecimento. Assim, novas formas de aprender permitem que se desenvolvam perspectivas divergentes sobre a mesma situação.

Segundo SILVA (2020), no caso de trabalhar com estudantes cegos, os profissionais da educação precisam adaptar as condições para o desenvolvimento das atividades, garantindo que todos os alunos tenham acesso equitativo às oportunidades de aprendizado.

Anteriormente foi citado a igualdade entre pessoas com e sem deficiência, porém, na Figura 1 está representando como a igualdade difere da equidade e o quanto a equidade se torna mais necessária no âmbito educacional, em consideração às limitações individuais e específicas de cada aluno. Quando é mencionada a igualdade, é possível observar pelo lado do respeito a todos, mas generalizar a forma de ensinar e avaliar unificando-as, não é certo. Pois é preciso o profissional da educação adaptar a maneira de ensinar e avaliar cada aluno, respeitando a diversidade. Para julgar a forma correta de avaliar os alunos, deve ser levado em consideração a capacidade física e mental de cada estudante.

Figura 1- Igualdade x equidade



Fonte: <https://playmove.azurewebsites.net/equidade-e-acessibilidade-na-educacao/>

SILVA (2020), afirma que o desafio é garantir que a educação seja um privilégio acessível de maneira equitativa para todos os alunos. É crucial que todos os envolvidos no processo educacional compreendam que ensinar de forma justa vai além de apenas proporcionar condições iguais de aprendizagem; envolve também assegurar uma avaliação apropriada e equitativa, entendendo ainda que a escola que deve se adaptar ao estudante com deficiência, e não o inverso.

A presença de rampas em escolas facilita a locomoção dos alunos que têm dificuldade de mobilidade, e até mesmo contribui no deslocamento dos alunos que possuem deficiência visual, o que promove equidade. Outra maneira da escola se adaptar ao aluno seria estudar as deficiências de cada estudante de maneira a saber lidar melhor com cada universo de aluno e assim possibilitar para cada estudante um ensino de qualidade e proporcionar a ele uma esperança de um futuro profissional ideal.

3 INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA

De acordo com o RESNICK (1996), Óptica é o campo da ciência que investiga as características da luz e como ela se propaga por diferentes meios. Isso inclui também a classificação das superfícies de acordo com seu comportamento em relação à luz, e os fenômenos que ocorrem quando a luz incide sobre essas superfícies.

A luz é a entidade que possui a maior velocidade conhecida, cerca de 299.792.458 m/s. Para simplificar os cálculos, esse valor costuma ser arredondado para 300.000.000 m/s (3×10^8 m/s). A distância que a luz percorre em um ano é chamada de ano-luz, o que corresponde a aproximadamente 10^{13} km (MÁXIMO, 2016).

Em seu livro *Óptica*, publicado em 1704, Isaac Newton apresenta uma investigação profunda sobre a natureza da luz e seus fenômenos. Ao contrário de sua famosa obra *Principia*, que é matematicamente mais densa, *Óptica* adota uma abordagem mais experimental, descrevendo experimentos detalhados e teorias baseadas nas observações de Newton, assim descrevendo a luz como partículas, dando razão à Teoria corpuscular da luz (MOURA, 2016). Segundo ASSIS (1998):

[...] *Óptica* foi publicado originalmente em inglês, com quatro edições: 1704, 1717, 1721 e 1730 (Newton 1979). Esta última foi corrigida pelo próprio Newton, embora publicada após sua morte. As edições em latim foram publicadas em 1706 e 1719. Ele já encontra-se totalmente traduzido para o português (Newton 1996).

Nessa obra, Newton defende que a luz é composta por partículas, ou "corpúsculos", emitidas por fontes luminosas. Essa é a base de sua Teoria corpuscular, segundo a qual a luz se propaga em linha reta e pode ser refletida ou refratada dependendo das interações com diferentes superfícies.

Em um pensamento oposto ao de Newton sobre a natureza da luz, porém, na mesma época, foi escrito o *Tratado da luz* com autoria de Huygens, abordando a luz como pulsos irregulares propagados pelo éter, sendo entendida como sendo definições vibracionais e não ondulatórias, visto que não se apresentava conceitos como comprimento de onda e frequência (MOURA, 2016), que hoje é possível obter como características presentes de uma onda.

3.1 Decomposição da luz

Um dos experimentos mais famosos de Newton, é a decomposição da luz branca em suas cores usando um prisma. Ele demonstrou que a luz branca é uma mistura de várias cores (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta) e que essas cores podem ser separadas e depois recombinadas para formar a luz branca novamente.

Figura 2- Representação do experimento de Newton sobre a dispersão da luz



Fonte: <https://meu-cosmos.blogspot.com/2015/01/composicao-e-decomposicao-da-luz.html>

Através desse experimento, representado na Figura 2, foi comprovado que a luz branca, como a emitida pelo Sol e pelas lâmpadas de algumas casas e estabelecimentos, é formada por várias cores de diferentes frequências. Assim, utilizando um prisma, foi possível separar a luz nas cores do arco-íris. Newton explora como a luz é refletida em superfícies espelhadas e refratada ao passar por meios como água ou vidro (SILVA, 2014).

Para caracterizar o fenômeno da dispersão ALONSO & FINN (2012) explicou que, no momento em que uma onda é refratada para um meio dispersivo onde o índice de refração depende da frequência, o ângulo de refração também dependerá da frequência ou do comprimento de onda. Se a onda incidente não for monocromática, mas composta por várias frequências ou comprimentos de onda, cada componente será refratada com um ângulo distinto.

3.2 Princípio de propagação retilínea da luz

No livro intitulado “Tópicos de Física 2” de NEWTON, HELOU & GUALTER (2007), estão descritos, os principais conteúdos de Óptica geométrica, como sua definição, os tipos de fontes de luz, diferenciando a luz primária da secundária e a fonte pontual da fonte

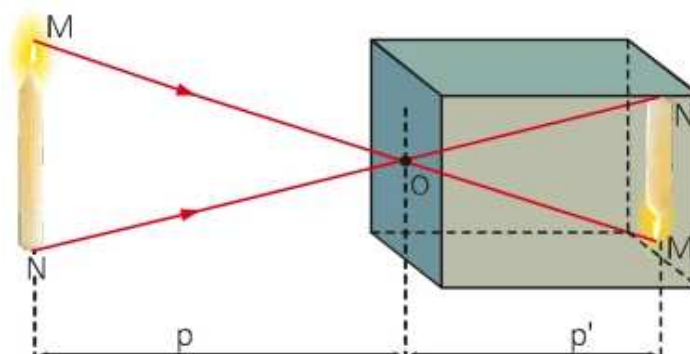
extensa. Define os meios de propagação da luz e suas principais características, além das fontes de luz e os tipos de feixes de luz.

Continuando o capítulo da óptica, são citados dois princípios da luz, sendo que foi necessário o Princípio de Propagação Retilínea para explicar a câmara escura de orifício, definida por Newton, Helou e Gualter (2007, p. 285):

Esse dispositivo nada mais é que uma caixa de paredes opacas, sendo uma delas dotada de um orifício O, diante do qual é colocado um corpo luminoso. Os raios emanados desse corpo, após atravessarem O, incidem na parede do fundo da caixa, lá projetando uma figura semelhante ao corpo considerado, em forma e em colorido. Tal figura, no entanto, apresenta-se invertida em relação ao corpo.

Para uma melhor explicação, a seguir temos a Figura 3 que representa visualmente câmara escura de orifício.

Figura 3- Representação da Câmara escura



Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/camara-escura>

Ao posicionar um objeto MN diante do orifício, é possível formar uma imagem M'N' no fundo da câmara escura. Neste caso, essa imagem será invertida, por conta do princípio de propagação retilínea da luz, e de tamanho reduzido em relação ao objeto MN. Devido à semelhança dos triângulos OMN e OM'N', podemos estabelecer a seguinte equação:

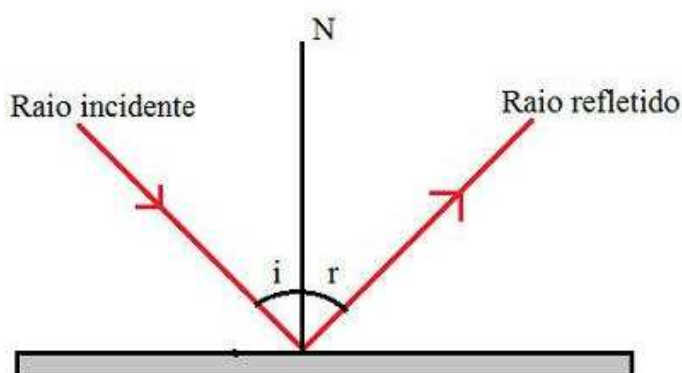
$$\frac{M'N'}{MN} = \frac{p'}{p} \quad (1)$$

Onde, MN é a altura do objeto, M'N' é a altura da imagem, p é a distância entre o objeto e o orifício da câmara, e p' é a distância do orifício até a imagem.

3.3 A reflexão da luz e o espelho plano

NEWTON (2007) descreve as leis da reflexão regular em um espelho plano, onde na primeira lei afirma que a reta normal (N), o raio incidente (RI) e o raio refletido (RR) são coplanares, ou seja, pertencem ao mesmo plano. Na segunda lei da reflexão, é consolidado que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. A Figura 4 retrata as duas leis da reflexão.

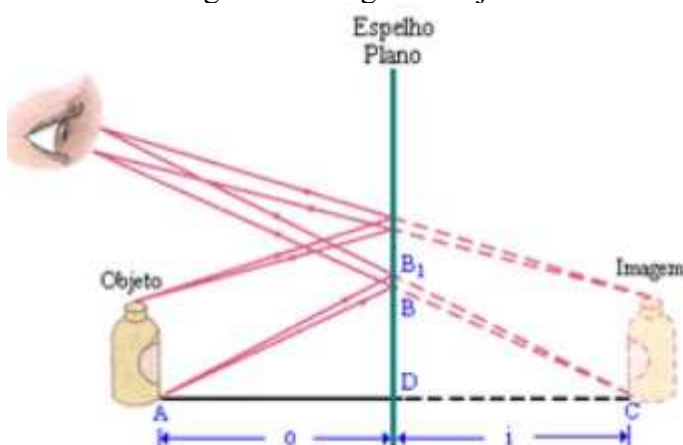
Figura 4 - Leis da reflexão



Fonte: <https://infoenem.com.br/reflexao-da-luz-conheca-todos-os-seus-tipos-e-leis/>

Através da reflexão da luz no espelho plano, temos a formação de imagens de objetos diversos, que quando se trata de um corpo extenso, conseguimos perceber a inversão de imagem na horizontal, como representada na Figura 5.

Figura 5 - Imagem e objeto



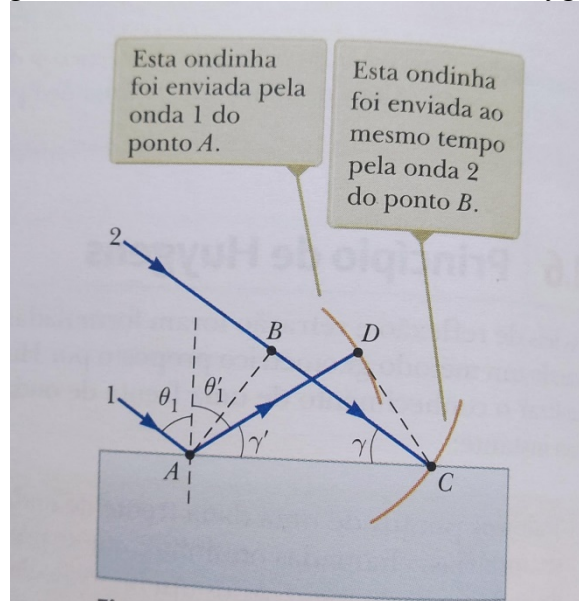
Fonte: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/optica6.php

A formação da imagem em um espelho plano se dá pelos prolongamentos dos raios refletidos dentro do espelho. Quando os raios de luz passam por uma reflexão regular em um

espelho plano e chegam aos nossos olhos, não somos capazes de perceber que eles foram refletidos na superfície. Temos a sensação de que esses raios se originam de dentro do espelho, precisamente no ponto onde enxergamos a imagem.

É possível obter uma explicação desse fenômeno baseado no Princípio de Huygens. Onde, na Figura 6 está sua representação.

Figura 6- Lei da reflexão de acordo com Huygens



Fonte: JEWETT & SERWAY, 2012.

Observando a Figura 6 teremos a linha AB que representa uma frente de onda plana da luz incidente à medida que o raio 1 incide sobre a superfície. Em continuação com a explicação JEWETT & SERWAY (2012, p. 14), mencionam que:

Nesse instante, a onda em A envia uma ondinha de Huygens (que aparece em um tempo posterior como o arco circular marrom-claro que passa por D); a luz refletida forma um ângulo γ' com a superfície. Ao mesmo tempo, a onda em B emite uma ondinha de Huygens (o arco circular marrom-claro que passa por C), com a luz incidente formando um ângulo γ com a superfície.

Como a velocidade dos dois raios é a mesma, podemos afirmar que $AD = BC = c\Delta t^2$. Pela geometria, temos que os triângulos ABC e ADC são correspondentes, pois possuem a mesma hipotenusa AC e também $AD = BC$.

Da Figura 6, podemos concluir que

² Onde c é a velocidade da luz e Δt é o tempo, que multiplicados encontramos o valor da distância.

$$\cos \gamma = \frac{BC}{AC} \quad \text{e} \quad \cos \gamma' = \frac{AD}{AC}$$

Sendo $\gamma = 90^\circ - \theta_1$ e $\gamma' = 90^\circ - \theta'_1$, concluindo assim que $\cos \gamma = \cos \gamma'$, pois, como já mencionado, $BC = AD$. Podendo afirmar assim que

$$\gamma = \gamma'$$

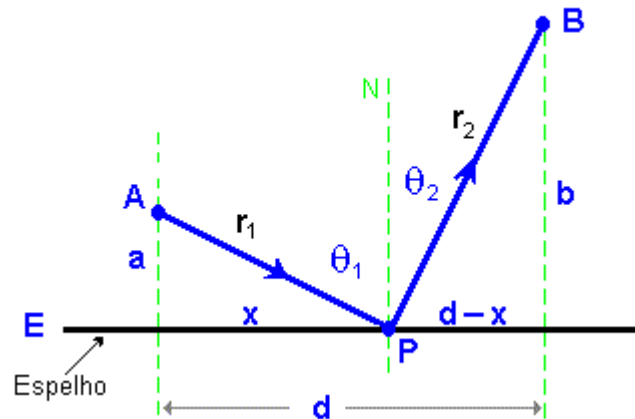
$$90^\circ - \theta_1 = 90^\circ - \theta'_1$$

$$\theta_1 = \theta'_1 \tag{2}$$

Provando, assim, geometricamente a primeira Lei da reflexão que diz que o raio de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

Outra maneira de conseguir deduzir a lei da reflexão é através do princípio de Fermat, que de acordo com RESNICK (1996, p. 20), afirma que “Um raio de luz que se propaga de um ponto fixo para outro ponto fixo segue um trajeto, tal que, comparado aos trajetos próximos, o tempo necessário é um mínimo, um máximo ou permanece inalterado (isto é, é estacionário)”.

Figura 7- Reflexão da luz de acordo com Fermat



Fonte: Mundim, K.C. (1997).

Na Figura 7, existe um raio APB que se reflete e supostamente está no mesmo plano, seu comprimento é L , onde

$$L = \sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d - x)^2}$$

Conforme o Princípio de Fermat, (RESNICK, 1996), o ponto P estará em uma posição onde o tempo de propagação $t = L/c$ da luz seja mínimo, máximo ou mantenha inalterado, o que acontece quando $\frac{dt}{dx} = 0$. Levando em consideração essa derivada,

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{c} \frac{dL}{dx}$$

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{2c} (a^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}} (2x) + \frac{1}{2c} [b^2 + (d - x)^2]^{-\frac{1}{2}} (2)(d - x)(-1) = 0$$

Sendo possível reescrever como,

$$\frac{1}{2c} (a^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}} (2x) = \frac{1}{2c} [b^2 + (d - x)^2]^{-\frac{1}{2}} (2)(d - x)$$

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{d - x}{\sqrt{[b^2 + (d - x)^2]}}$$

Observando a Figura 7, e fazendo algumas substituições, chegaremos na Lei da reflexão e teremos que

$$\text{sen}\theta_1 = \text{sen}\theta'_1$$

Encontrando mais uma vez a equação (2), comprovando assim, também pelo Princípio de Fermat, a segunda Lei da Reflexão que diz que o ângulo de incidência da luz é igual ao seu ângulo de reflexão.

3.4 Refração da luz

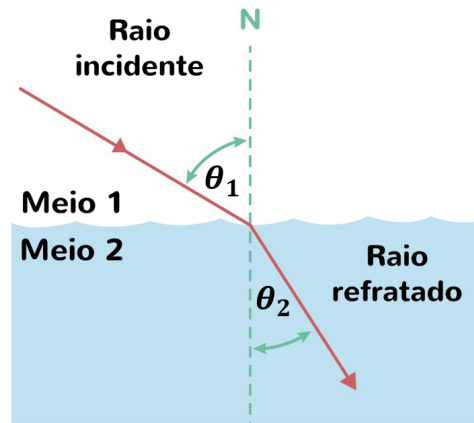
Um outro efeito é a Refração da luz, definido por NEWTON (2007, p. 343), como: “[...] o fenômeno que consiste no fato de a luz ser transmitida de um meio para outro opticamente diferente. Nessa passagem de um meio para outro, a velocidade (v) de propagação da luz necessariamente se altera”.

As leis da refração da luz descrevem o comportamento da luz ao passar de um meio para outro, como do ar para a água ou do vidro para o ar. Elas se baseiam em dois princípios fundamentais, a 1ª e a 2ª Lei da Refração.

A 1ª Lei da Refração (Lei de Snell-Descartes), estabelece que o raio de luz incidente, o raio de luz refratado e a normal (linha perpendicular à superfície no ponto de incidência) estão no mesmo plano. Isso significa que eles formam um plano único, não importando o ângulo de entrada da luz (CAVALCANTE, 2024).

A 2ª Lei da Refração (Lei de Snell), de acordo com NEWTON (2007), define a relação entre os ângulos de incidência (o ângulo do raio de luz em relação à normal) e de refração (o ângulo do raio refratado em relação à normal), como representado na Figura 8.

Figura 8 - Representação da refração da luz



Fonte: <https://aprovatotal.com.br/refracao/>

A fórmula que expressa essa relação é

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

Onde, n_1 e n_2 são os índices de refração dos meios 1 e 2, respectivamente; θ_1 é o ângulo de incidência; e θ_2 é o ângulo de refração.

Segundo NEWTON (2007), cada material tem um índice de refração que indica a velocidade da luz nele. Por exemplo, a luz viaja mais devagar na água (índice de refração maior) do que no ar (índice de refração menor). O cálculo para encontrar o índice de refração é dado por:

$$n = \frac{c}{v} \quad (4)$$

sendo, n o índice de refração, c a velocidade da luz no vácuo ($c \approx 3,0 \cdot 10^8$ m/s), e v a velocidade da luz no meio (m/s).

O índice de refração absoluto é uma grandeza sem unidade de medida, pois é adimensional. Ele é determinado pela razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio em questão. Se o meio considerado for o próprio vácuo, v será igual a c , assim, o índice de refração se tornará 1. Com isso, é possível observar, que o menor índice de refração possível é 1, para qualquer outro meio, que não seja o vácuo, $n > 1$ (MÁXIMO, 2016).

A Tabela 1 mostra os índices de refração de alguns meios,

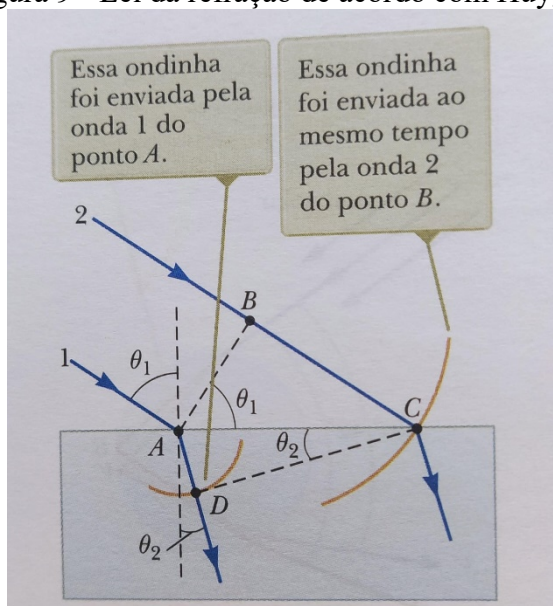
Tabela 1 - Índice de refração de alguns materiais

Material	Índice de refração
Ar	1,0003
Água	1,33
Gelo	1,31
Álcool	1,36
Óleo	1,46
Vidro crown	1,52
Diamante	2,42
Rubi	1,71

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/indice-de-refracao.htm>

Huygens também comprovou a Lei de refração de Snell, descrita na Equação (3), a Figura 9 auxilia visivelmente no entendimento desse princípio para essa comprovação.

Figura 9 - Lei da refração de acordo com Huygens



Fonte: JEWETT & SERWAY, 2012.

Segundo JEWETT & SERWAY (2012), Observando o momento em que o raio 1 atinge a superfície até o instante em que o raio 2 chega, percebe-se que, nesse intervalo, a onda em A emite uma ondinha de Huygens, resultando na refração da luz com ângulo θ_2 em relação

à normal da superfície. Simultaneamente, a onda em B também emite uma ondinha de Huygens, mas a luz segue na mesma direção. Como essas ondas atravessam meios diferentes, seus raios variam.

O raio da ondinha de A é $AD = v_2 \Delta t$, sendo v_2 a velocidade da luz no segundo meio, e o raio da ondinha de B é $BC = v_1 \Delta t$, onde v_1 é a velocidade da luz no primeiro meio. Com base nos triângulos ABC e ADC, temos que,

$$\text{sen } \theta_1 = \frac{BC}{AC} = \frac{v_1 \Delta t}{AC} \quad (5)$$

e

$$\text{sen } \theta_2 = \frac{AD}{AC} = \frac{v_2 \Delta t}{AC} \quad (6)$$

Dividindo as equações (5) e (6), teremos:

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

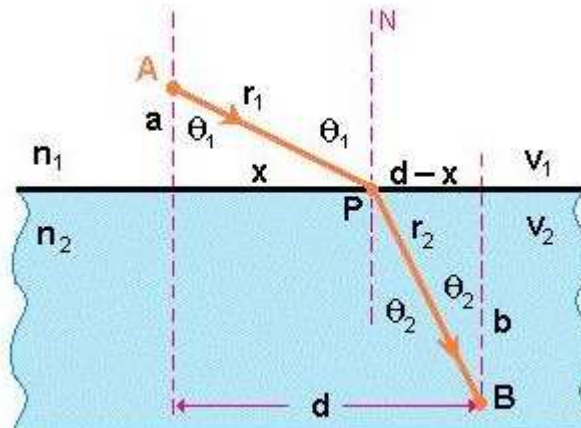
Levando em consideração a Equação (4), podemos concluir que,

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

E, obteremos a Equação (3): $n_1 \text{sen } \theta_1 = n_2 \text{sen } \theta_2$.

É possível se obter a Lei da refração considerando o Princípio de Fermat, que analisando a Figura 10 obteremos matematicamente uma resolução.

Figura 10 - Princípio de Fermat e a refração da luz



Fonte: Mundim, K.C. (1997).

Conforme RESNICK (1996), temos o raio APB, que sofre refração em P. Nesse caso, para encontrar o tempo que o raio sai de A e chega em B, levando em consideração meios diferentes, aplica-se:

$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2}$$

Usando a Equação (4): $n = \frac{c}{v}$,

$$t = \frac{n_1 L_1 + n_2 L_2}{c} = \frac{L}{c} \quad (7)$$

Sendo L o comprimento do caminho ótico³, assim

$$L = n_1 L_1 + n_2 L_2 = n_1 \sqrt{a^2 + x^2} + n_2 \sqrt{b^2 + (d-x)^2}$$

Substituindo na Equação (7) e derivando, teremos

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{c} \frac{dL}{dx}$$

³ Resnick (1996, p.24), define comprimento de caminho ótico como a distância que este mesmo número de ondas teria percorrido se o meio fosse o vácuo.

$$\frac{dt}{dx} = \frac{n_1}{2c} (a^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}}(2x) + \frac{n_2}{2c} [b^2 + (d - x)^2]^{-\frac{1}{2}}(2)(d - x)(-1) = 0$$

$$\frac{n_1}{2c} (a^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}}(2x) = \frac{n_2}{2c} [b^2 + (d - x)^2]^{-\frac{1}{2}}(2)(d - x)$$

$$n_1 \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = n_2 \frac{d - x}{\sqrt{[b^2 + (d - x)^2]}}$$

Observando a Figura 10, podemos concluir que poderá ser reescrito na Equação (3), onde $n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$.

3.5 Lentes esféricas

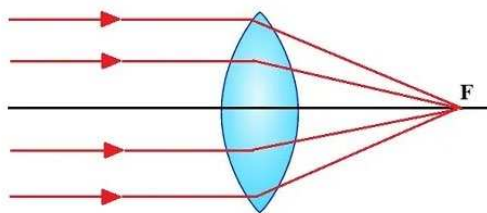
O estudo das lentes esféricas é um dos temas presentes no assunto de Óptica Geométrica. Elas são importantes pois contribuem para a compreensão da construção de óculos simples, até mesmo de equipamentos avançados de observação e projeção. Elas desempenham um papel essencial em dispositivos como telescópios, câmeras filmadoras, celulares, microscópios e projetores, seja de forma isolada ou em combinação com outras lentes.

De acordo com NEWTON (2007, p. 383):

As lentes esféricas podem apresentar dois comportamentos ópticos distintos: comportamento convergente e comportamento divergente. No primeiro caso, raios de luz que incidem na lente paralelamente entre si se refratam com direções que convergem para um mesmo ponto. No segundo caso, raios de luz que incidem na lente paralelamente entre si se refratam com direções que divergem de um mesmo ponto.

Para uma compreensão mais efetiva, um exemplo de lente convergente está representado na Figura 11.

Figura 11 - Comportamento dos raios de luz em uma lente convergente



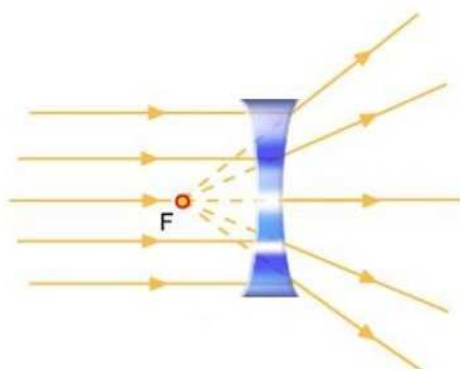
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lentes-1.htm>

Um exemplo desse tipo de lente, até mencionado em sala de aula, é a lupa, que ao receber os raios solares, converge não só sua luz como também a energia do Sol, podendo provocar até a formação de fogo, caso seus raios convergentes sejam concentrados em papel ou outro material inflamável.

O outro tipo de lente esférica, é a lente divergente. Ainda de acordo com TEIXEIRA (2024), em uma lente divergente, quando os raios de luz atingem a lente de forma paralela ao eixo principal, eles passam por duas refrações e se dispersam.

Conforme BATISTA (2024), as lentes divergentes são materiais transparentes com duas superfícies refratoras que compartilham um eixo central. Quando um feixe de luz paralelo incide sobre uma lente divergente, ele sofre refração, alterando sua trajetória. Essa refração faz com que os raios de luz se afastem do eixo central.

Figura 12 - Comportamento dos raios de luz em uma lente divergente



Fonte: <https://www.infoescola.com/optica/lentes-divergentes/>

É possível perceber na Figura 12, que o foco das lentes divergentes surge a partir do prolongamento dos raios refratados, por esse motivo o foco é chamado virtual. Essas lentes sempre formam uma imagem virtual, direita e reduzida em tamanho, sendo amplamente utilizadas no tratamento da miopia e em dispositivos como os olhinhos mágicos instalados em portas BATISTA (2024).

4 REVISÃO DE LITERATURA

O Ensino da Óptica para alunos com deficiência visual é um desafio, visto que se trata de um assunto que, a priori, necessita da visão para sua compreensão. Fazendo uma pesquisa no site do MNPEF, foram encontradas dissertações que relacionam a Óptica e a baixa visão. Como exemplos é correto citar “Material didático para o ensino de conceitos básicos da Óptica geométrica para inclusão de alunos com deficiência visual” de SILVA (2020), “O Ensino de Óptica geométrica por meio dos problemas de visão e as lentes corretoras: uma unidade de ensino no contexto da educação inclusiva para surdos” de PIKANÇO (2015), e “Métodos para o ensino de Óptica para alunos portadores de deficiência visual” de OLIVEIRA (2018), sendo essas duas últimas dissertações sem links disponíveis para acessá-las.

Sobre a primeira dissertação supracitada:

A pesquisa foi realizada com foco na confecção de maquetes táteis-visuais, além de um experimento didático, pois a elaboração e a aplicação desses materiais têm por objetivo auxiliar o processo ensino-aprendizagem de alunos com e sem deficiência visual, visto que pessoas com deficiências visuais possuem maior desenvoltura quando seus outros sentidos são estimulados. Alunos do 3º ano do Ensino Médio regular, utilizaram o material didático criado, no ensino da Óptica Geométrica, cujos assuntos abordados foram a introdução à Óptica, espelho plano, espelho esférico e lentes (SILVA, 2020, p. 57).

Pesquisando no Google acadêmico em um filtro de período entre 2000 e 2024, foram encontrados 16.400 resultados de trabalhos em português, envolvendo artigos, dissertações e monografias sobre esse tema. O autor que mais se destacou nessa pesquisa feita, foi o professor de física Eder Pires de Camargo, que é um professor com deficiência visual, possui livre-docência⁴ e escreveu inúmeros livros e artigos voltados para Educação em Ciências, Física e Educação inclusiva, direcionado a alunos com ou sem deficiência, especialmente à deficiência visual.

Camargo publicou um livro em 2011 com o título: “Ensino de óptica para alunos cegos: Possibilidades”, que foi de grande auxílio para o desenvolvimento deste trabalho. O livro descreve atividades realizadas com alunos cegos em um curso de extensão nomeado como “O Outro Lado da Física”. Foi elaborado pelo próprio autor e aplicado por alguns de seus alunos de licenciatura em Física da USP, que receberam a missão de criar um minicurso de 16 horas sobre um tema de Óptica que possuam atividades compatíveis a alunos com ou sem deficiência visual (CAMARGO, 2011). Os materiais deveriam ser ordenados por instrumentos que

⁴ É o mais alto grau de titulação que um acadêmico pode chegar.

possibilitassem o entendimento dos alunos com deficiência visual através do tato. No minicurso foram trabalhados temas como reflexão e refração da luz, dispersão da luz com o fenômeno do arco-íris e câmara escura, que também estão presentes neste trabalho.

Eder Pires de Camargo é um educador brasileiro conhecido por seu trabalho inovador na área da educação para pessoas com deficiência visual. De acordo com MORENO (2019), que teve acesso a uma entrevista do professor Camargo com o G1, disse que,

Segundo ele, uma das formas pelas quais é possível driblar os hábitos de comunicação excludente na sala de aula é ensinando por meio de maquetes táteis. Ao transferir o conteúdo dos gráficos e esquemas da lousa para um modelo 3D, não só é possível incluir os alunos cegos, mas a ferramenta também pode facilitar o processo de aprendizado dos colegas videntes, além de incentivar a interação entre os alunos. Outros materiais que podem ser usados são barbante, arame, massa de modelar, isopor e pregos, entre outros.

Essas possibilidades de materiais são mais simples de organizar e aplicar em sala de aula, Camargo incorporou recursos multissensoriais nas suas aulas, envolvendo maquetes e até mesmo o som para explicar fenômenos ópticos (CAMARGO, 2012). Ele também sugere fornecer descrições detalhadas e precisas dos fenômenos ópticos, adaptadas ao contexto da deficiência visual dos alunos. Essas descrições ajudam a construir uma imagem mental dos conceitos que estão sendo estudados. Essas abordagens permitem que alunos cegos pudessem entender e explorar conceitos de óptica de maneira significativa, superando barreiras que muitas vezes limitam a compreensão de Física para pessoas com deficiência visual.

Na escola onde o trabalho aqui descrito foi realizado também tiveram outras duas dissertações desempenhadas sobre Física para alunos com ou sem deficiência visual. Em um estudo teve Física Moderna como tema, intitulado “Uma proposta de Ensino de Física Moderna e Contemporânea para alunos com e sem deficiência visual” e foi escrito por SOUZA (2016). No outro estudo foi desenvolvido o tema de Eletromagnetismo, tendo como título da dissertação a “Produção e utilização de material tátil no Ensino de Eletromagnetismo para alunos com e sem deficiência visual” e teve como autor o professor ANDRADE (2019). Em ambos foram desenvolvidos materiais didáticos táteis para possibilitar uma aprendizagem significativa aos alunos com deficiência visual, e de preferência foram trabalhados os temas em pequenos grupos de alunos para facilitar a explicação dos conteúdos ministrados. Conteúdos esses que podem estar dentro do próprio planejamento da aula de Física, ou ser ministrado em um momento paralelo a outras aulas do ensino regular.

Ainda sobre o ensino de Física para pessoas com deficiência visual, é possível citar uma dissertação que tem como título “Ensino-Aprendizagem de eletricidade para alunos com

deficiência visual” de PAULA (2020), da MNPEF do polo da Universidade Estadual do Ceará – Quixadá. A problemática desse trabalho está relacionada com a dificuldade que os professores possuem ao ministrarem aulas de eletricidade para alunos com deficiência visual, onde o autor aborda metodologias que minimizam esse problema. O autor ainda propõe materiais que facilitam a aprendizagem do aluno com a deficiência, afirmando, na página 27 do seu trabalho que “Faz-se necessário que se trabalhe com alunos deficientes visuais através de diversas metodologias que sejam estimuladas a partir de todos os outros sentidos.”. Seu trabalho foi concluído e avaliado pelo próprio autor como tendo resultados positivos tanto para o ensinar dos professores, quanto para o aprendizado dos alunos com DV e alunos sem a deficiência.

A dissertação intitulada "Ensino de Física: Uma Abordagem da Óptica Geométrica para Estudantes com Deficiência Visual", que tem como autor COSTA (2017), aborda como adaptar o ensino da óptica geométrica para estudantes com deficiência visual, uma área que, como já mencionado, por ser tradicionalmente visual, apresenta grandes desafios para a inclusão desses alunos. A dissertação sugere métodos de adaptação do conteúdo de óptica geométrica, utilizando recursos táteis, sonoros e descrições detalhadas para substituir as representações visuais típicas, como espelhos e lentes. Foram desenvolvidos materiais didáticos em relevo e maquetes para que os estudantes com deficiência visual pudessem entender os fenômenos de reflexão e refração da luz através do tato. Esses materiais foram fundamentais para a construção de um aprendizado mais positivo dos alunos. O autor também cita a importância do professor ser capacitado para elaborar os materiais didáticos.

O artigo "O Ensino de Óptica Geométrica para Pessoas Cegas ou com Deficiência Visual: Uma Revisão Bibliográfica" de SILVA, et al., publicado em 2022, apresenta uma análise das dificuldades e soluções propostas para o ensino de Óptica geométrica a estudantes que possuem deficiência visual. A revisão tem como objetivo investigar e selecionar práticas pedagógicas e recursos didáticos adaptados que podem ajudar esses alunos a entenderem conceitos de óptica, que tradicionalmente dependem de representações visuais. O artigo destaca que a óptica geométrica pode ser ensinada através de diagramas e imagens para explicar conceitos como reflexão, refração e propagação da luz. São discutidos materiais como modelos táteis, gráficos em relevo, além do uso de descrições auditivas, que servem como auxiliar no ensino. Esses materiais possibilitam que alunos cegos entendam o fenômeno físico de forma tátil. O artigo também enfatiza a necessidade de capacitar professores para lidar com as necessidades específicas de alunos com deficiência visual, especialmente em disciplinas que envolvem conceitos visuais abstratos.

Em geral, os estudos sobre o Ensino de Física desenvolvidos ao longo dos anos, foram inspirados nas combinações de métodos e ferramentas adaptadas às necessidades de alunos com deficiência visual utilizadas e compartilhadas pelo professor Eder Camargo, onde se é utilizado os outros sentidos para ensinar e aprender o conteúdo de Física que mais necessita da visão para ser compreendida e analisada. Rompendo assim as possíveis barreiras da aprendizagem.

5 METODOLOGIA

O trabalho teve as premissas da teoria de Vygotsky, quando ele menciona sobre a educação das crianças cegas, que pode se estender para uma educação de pessoas em qualquer idade. Segundo VYGOTSKY (2011, p. 867),

[...] a criança surda-muda nunca aprenderá a falar, a cega nunca dominará a escrita. Aqui a educação surge em auxílio, criando técnicas artificiais, culturais, um sistema especial de signos ou símbolos culturais adaptados às peculiaridades da organização psicofisiológica da criança anormal.

Assim, no caso dos cegos, a escrita visual é substituída pela tátil – o sistema Braille permite compor todo o alfabeto por meio de diferentes combinações de pontos em relevo, permite ler tocando esses pontos na página, e escrever perfurando o papel e marcando nele pontos em relevo.

Com isso, surge a necessidade de adaptar a maneira de ensinar pessoas com algum tipo de deficiência psicológica ou física. Neste trabalho, a adaptação é feita para alunos com deficiência visual, onde a sugestão foi instruir através de materiais táteis.

O presente estudo foi realizado em uma turma de terceiro ano, na Escola de Ensino Médio Governador Aduato Bezerra, localizada em Fortaleza- CE. Uma turma contendo em média 40 alunos, dentre eles uma aluna com baixa visão acentuada em ambos os olhos que tem sua leitura e escrita no sistema Braille. Foram construídos materiais que possibilitaram a inclusão da aluna nas aulas ministradas de Física.

O método de pesquisa que mais se assemelha ao trabalho é o qualitativo, que segundo CRESWELL *apud* MACHADO (2023), se caracteriza como sendo um agrupamento de práticas que transformam o observável em dados significativos, como exemplos notas, fotografias, entrevistas, registros e lembretes.

Os conteúdos abordados seguiram uma ordem de assuntos de Física relacionados à Ondulatória presente em uma apostila adaptada por um professor da disciplina de Física da Escola. Para o projeto ser concluído foram aproximadamente três meses de aula, considerando uma aula de 50 minutos e de forma semanal, totalizando 11 (onze) aulas.

Com o intuito de que houvesse uma melhor compreensão dos alunos, as aulas eram alternadas entre teóricas e demonstrativas/práticas às vezes de forma individual e outras englobando todos os alunos da sala, havendo sempre participação de quase 100% dos alunos presentes na turma. Após todas as aulas serem ministradas, alguns alunos sem deficiência visual responderam um questionário online envolvendo perguntas sobre os conteúdos passados em sala de aula. Para a aluna com deficiência visual foi realizada uma entrevista durante a explicação, havendo anotações no momento da troca de perguntas e respostas.

Em um primeiro momento, antes de iniciar a sequência didática, foi indagado a respeito dos conhecimentos pré existentes sobre o assunto e foram obtidas respostas como: “Faz muito tempo, não lembro.”, “Tem a ver com a visão.”, “Envolve lentes.”, “Está relacionado com a luz.”. Através dessas respostas foi possível notar que pelo menos alguns alunos tinham ideia do que se trata a Óptica antes de começarmos as aulas.

Abaixo está a tabela com os assuntos das aulas expositivas ministradas.

Tabela 2 - Temas das aulas ministradas

Aula ministrada	Desenvolvimento da aula	Duração da aula
Conceito de óptica geométrica e fontes de luz	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
Tipos de meios de propagação	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
Princípios de propagação da luz	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
Câmara escura	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Alguns fenômenos ópticos	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
As radiações do espectro visível (Prisma 3D)	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Reflexão e espelho plano	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Formação de imagens no espelho plano	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Refração da luz	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Lentes convergentes	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Lentes divergentes	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min

Fonte: Elaborada pela autora.

5.1 Câmara escura

Para a preparação dessa aula expositiva foi utilizada uma lata de leite de 380g vazia, lixa, uma folha de papel vegetal, papel cartão preto, prego pequeno, martelo, fita crepe, régua, canetinhas hidrográficas, tesoura ou estilete e tinta spray preta fosca.

Para iniciar a construção do objeto pedagógico, primeiro faz-se a retirada do rótulo da lata de leite, com a régua identifica-se o centro da base da lata e marca-se com canetinha hidrográfica, com um prego faz-se um furo na marcação com o auxílio do martelo, em seguida

é recomendado lixar a lata para uma melhor fixação da tinta e pinta-se a lata por dentro e por fora com a tinta preta fosca para evitar reflexões indesejadas. Com o estilete ou com a tesoura corta-se o meio da tampa da lata, permanecendo apenas suas bordas, depois da lata já seca, coloca-se o papel vegetal na parte de cima da lata e fixa-se com as extremidades da tampa. Por fim, enrola-se o papel cartão com a parte preta para dentro e em uma das extremidades coloca-se a lata com a base para o lado de fora e prende-se o papel cartão com pedaços de fita crepe.

Figura 13 - Partes da montagem da câmara escura: na primeira figura temos a lata de leite pintada e com o papel vegetal fixado nela; na segunda figura está o orifício no fundo da lata; a terceira figura mostra o início do processo de enrolar a lata na cartolina; e na quarta figura aponta a cartolina dupla face e a lata.



Fonte: Elaborado pela autora.

A montagem desse material não foi feita em sala de aula na intenção de otimizar o tempo para a observação dos alunos e explicação do que será observado. Antes da vistoria dos alunos, foi explicado sobre o Princípio de propagação retilínea da luz e o que eles veriam ao terem acesso à câmara escura. A reação de alguns alunos foi de espanto e admiração, houveram comentários como “Parece imagem de câmera fotográfica antiga!”, “É o mundo invertido!”, dentre outros que demonstraram surpresa quando feita a observação.

A câmara escura projeta no papel vegetal a inversão da imagem tanto na direção vertical, quanto na horizontal, o que torna mais atraente aos alunos que ficam se questionando como isso é possível e o quanto é diferente essa visualização. Escutar a explicação e vivenciar é dessemelhante entre si, onde juntas se completam para um melhor entendimento desse Princípio de Propagação da luz.

Figura 14 - Observação da câmara escura pelos alunos videntes: na primeira figura possui uma aluna vendo seu colega na câmara escura; na segunda figura, mostra como a aluna vê (a imagem do aluno em um tamanho reduzido e invertido verticalmente).



Fonte: Elaborado pela autora.


Para finalizar a aula foi solucionada uma questão sobre o tema, onde se fez necessária a utilização de semelhança de triângulos para resolvê-la. Isso mostra a importância da câmara escura para solucionar até mesmo questões envolvendo cálculos de distância ou alturas de objetos quando não se tem instrumentos ideais para a medição. A Figura 15 mostra a questão com sua resolução:

Figura 15 - Exercício sobre câmara escura

Exercício resolvido

1. Uma árvore, em determinado horário, projeta no chão uma sombra de 3,0 m de comprimento. Você, que tem 1,8 m de altura, mede a sua sombra, no mesmo instante, e encontra 0,60 m. Determinar a altura da árvore.

Resolução:
A solução do exercício usa o princípio da propagação retilínea da luz. Veja a figura a seguir.



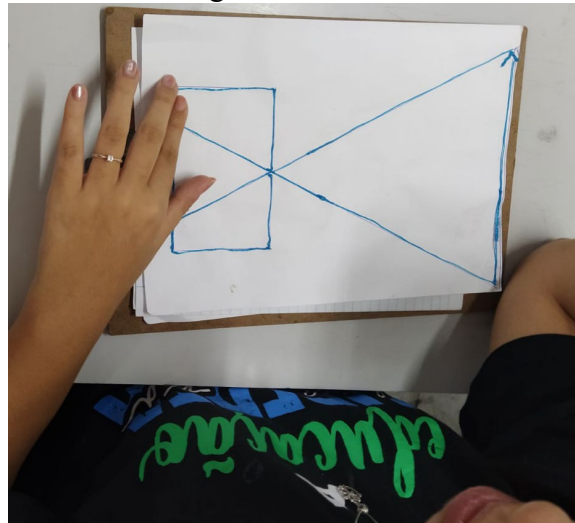
Usando semelhança nos triângulos destacados, temos:

$$\frac{H}{h} = \frac{Y}{x} \therefore \frac{H}{1,8} = \frac{3,0}{0,60} \therefore H = 9,0 \text{ m}$$

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a aluna com deficiência visual foi levado um material, com a utilização apenas da caneta 3D e de um papel sulfite A4, para facilitar a compreensão da mesma nesse conteúdo. A Figura 16 é o registro do momento em que a aluna teve contato com o material.

Figura 16 – Estudante interagindo com a câmara escura em alto relevo



Fonte: Elaborado pela autora.

Do lado esquerdo da Figura 16, temos uma seta feita com a caneta 3D de aproximadamente 5 cm e sentido para baixo e na direita uma seta de aproximadamente 20 cm e sentido para cima. O intuito maior foi mostrar a diferença de tamanho do objeto real e a

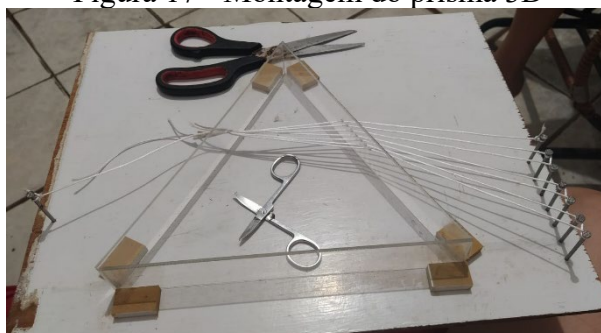
imagem que aparece dentro da câmara, além da inversão de imagem, sem considerar o cálculo com exatidão de tamanho e distâncias envolvendo a semelhança de triângulos.

Algumas perguntas feitas à aluna foram: “O que acontece com a imagem da seta depois que ela passa pelo orifício da câmara escura?”, “Por que a imagem se forma dessa maneira?”. As respostas da aluna estão registradas na Tabela 4.

5.2 As radiações do espectro visível (PRISMA 3D)

Para esse objeto pedagógico foi necessário placas de acrílico, furadeira elétrica, placas de madeira, podendo ser MDF também, cola super bonder, fita adesiva transparente, oito pregos grandes, martelo, cordão rabo de rato, tesoura e canetinhas nas cores vermelho, laranja, amarelo, verde, azul claro, azul escuro e violeta.

Figura 17 - Montagem do prisma 3D



Fonte: Elaborado pelo autora

A Figura 17 mostra como fica o prisma após parte da montagem, faltando apenas cortar o excesso de cordão em alguns pontos e pintar com as canetinhas hidrográficas de acordo com cada frequência, começando em cima com a cor vermelha e seguindo a ordem até chegar no violeta. Para prender uma placa de acrílico na outra foi utilizado fita adesiva, e houve o reforço dos pedaços de madeira colados com super bonder na placa que está sendo a base do prisma.

Na placa de acrílico do lado esquerdo foi feito apenas um furo centralizado para passar o cordão, e no acrílico da direita foram feitos sete furos para assim poder passar uma cor em cada um dos orifícios. Todos os pedaços de cordão passaram pelo orifício único de uma das placas e foi amarrado em um prego.

Figura 18 - Alguns alunos com o Prisma 3D

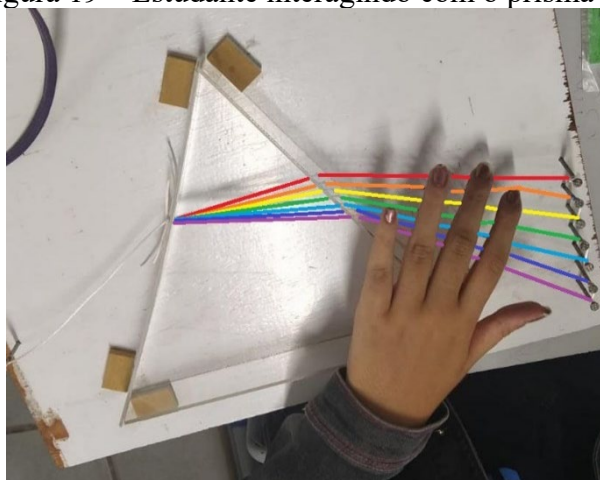


Fonte: Elaborado pela autora.

O material foi apresentado na aula, como demonstrado na Figura 18, onde foi falado sobre as radiações do espectro visível e sobre a luz branca ser a soma de todas as cores e ser dispersada cada cor de forma individual baseada na frequência de cada individualidade de cor. Para a aluna com deficiência visual, o material foi apresentado de forma que ela pudesse sentir cada parte dele, desde um único feixe de luz, até o momento inicial de repartição e separação total dos feixes representados pelo cordão rabo de rato.

A Figura 19, mostra a aluna com deficiência visual estudando o objeto de aprendizagem. Na imagem é possível verificar de forma mais aproximada como ficou o material apresentado aos alunos.

Figura 19 – Estudante interagindo com o prisma 3D



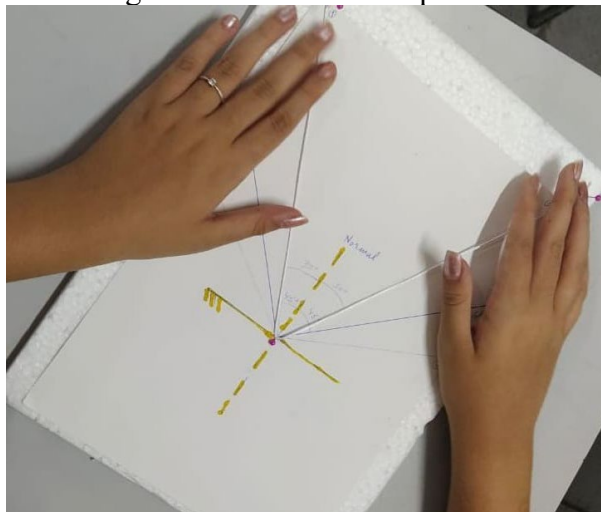
Fonte: Elaborado pela autora.

A explicação para a aluna com deficiência visual foi feita de forma individual em sua carteira com a colaboração do silêncio da turma, a avaliação da aprendizagem também foi no momento da explicação, que tiveram perguntas posteriores como: “O que acontece com o feixe de luz branco ao passar pelo prisma?”, “O que classifica uma cor?”, “Qual a cor de maior frequência?”. Foi possível a explicação para a turma completa em apenas uma aula de 50 minutos. As respostas da aluna para essas perguntas estão contidas na Tabela 6.

5.3 Reflexão e espelho plano

Essa aula expositiva foi realizada em duas partes. A primeira com o conceito de reflexão e explicação na lousa para os estudantes videntes e um material feito com placa de isopor, caneta 3D, caneta esferográfica, transferidor 180° ou 360°, três alfinetes e cordão rabo de rato para a aluna com deficiência visual. No material foi possível a mudança dos ângulos incidentes e refletidos, o que facilitou ainda mais a compreensão da aluna nesse conteúdo. Na Figura 20 é possível a visualização do material no momento que a aluna teve acesso a ele.

Figura 20 – Estudante interagindo com material disponibilizado sobre reflexão da luz



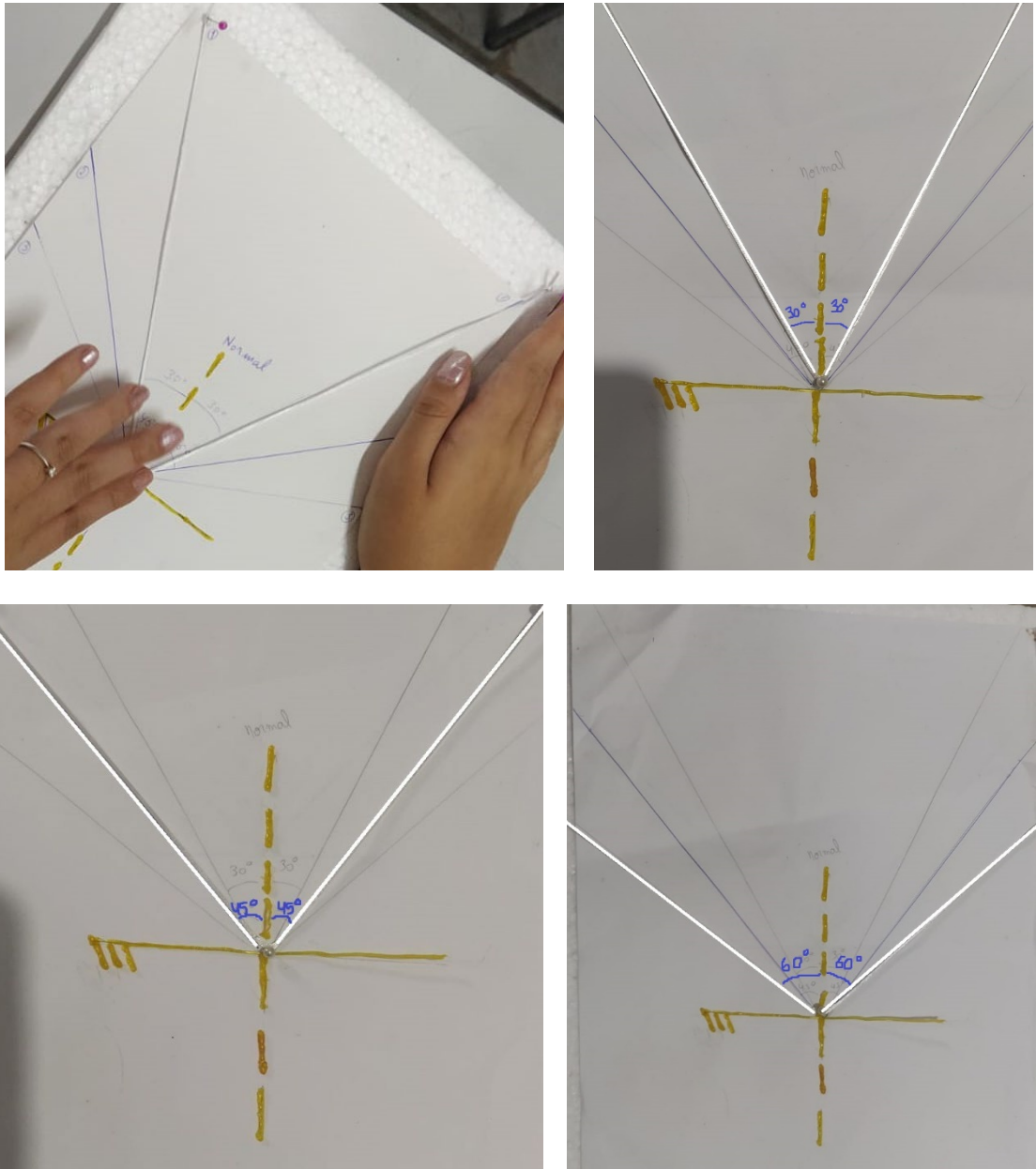
Fonte: Elaborado pela autora.

As perguntas relacionadas a esse conteúdo, depois de conceituar cada ponto do material foram: “O ângulo entre o raio incidente e a reta normal e entre o raio refletido e a reta normal são iguais?”, “Se o ângulo incidente for 45°, quanto será o ângulo refletido?”. As respostas da aluna para essas perguntas se encontram na Tabela 7.

No papel sulfite haviam marcados três pontos do lado esquerdo, que indicavam os ângulos de incidência, para assim ser possível fixar o alfinete que prendia o cordão

correspondente ao raio incidente, existia também outro alfinete abaixo da representação do espelho plano caracterizado por ser feito com a caneta 3D. Três outros pontos, marcados do lado direito, indicavam onde o alfinete deveria fixar o cordão que representava o raio refletido. As posições escolhidas, foram pré-determinadas para ângulos de incidência e de reflexão de 30° , 45° e 60° , como registrado na Figura 21.

Figura 21 - Ângulos de incidência e reflexão: a primeira figura aponta a aluna com DV tendo acesso ao material; a segunda figura evidencia os ângulos de incidência e de reflexão são 30° ; na terceira figura os ângulos revelados são 45° ; a terceira figura mostra os ângulos de incidência e de reflexão são 60° .

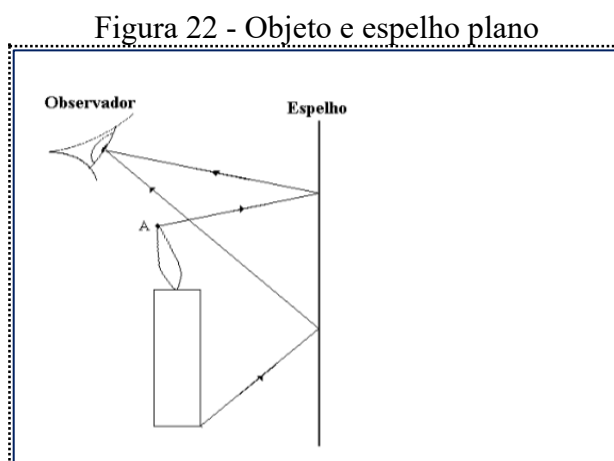


Fonte: Elaborado pela autora.

Para um melhor aprendizado em grupo, alguns alunos videntes ajudavam na fixação dos alfinetes nas diversas posições e a aluna com deficiência visual poderia verificar pelo tato cada configuração.

5.4 Formação de imagens no espelho plano

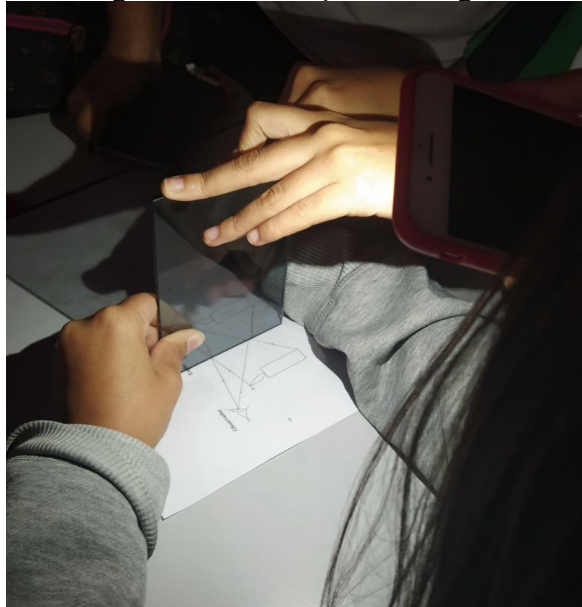
Na aula seguinte, foi a vez de trabalharmos com a questão das imagens formadas através do espelho plano. Para isso foi realizada uma aula com apoio de materiais como papel A4 com uma imagem, uma placa translúcida e as lanternas de celulares dos próprios alunos. A atividade foi feita em grupo e foi utilizada apenas metade da folha para cada grupo. Na Figura 22 é mostrada a imagem do papel que foi entregue aos grupos de alunos formados para essa atividade.



Fonte: Elaborado pelo orientador.

A ideia central foi a percepção dos alunos que a formação de imagens nada mais é do que raios prolongados que ficam por trás do espelho plano. Com a colocação da placa translúcida no local indicado, foi possível refazer um desenho correspondente, visto que o material translúcido deixa passar parte da luz, a outra parte retorna e com isso fica possível a visualização dos raios prolongados. Na Figura 23, encontra-se o registro de alguns alunos de um determinado grupo.

Figura 23 - Formação de imagem

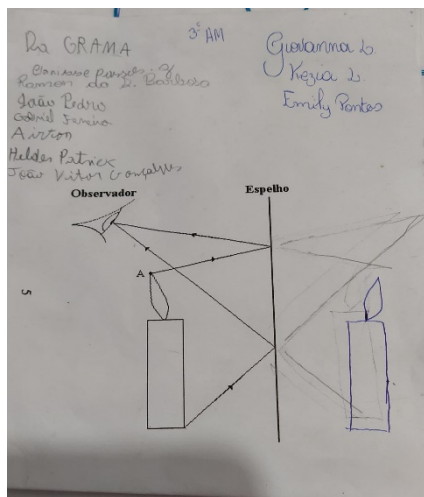
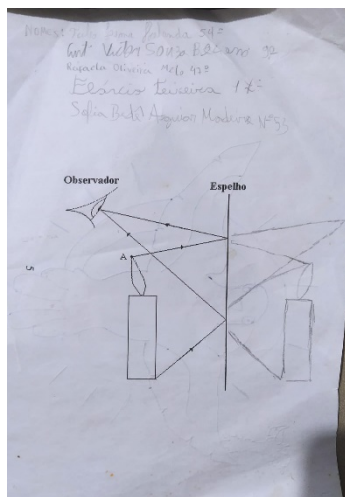
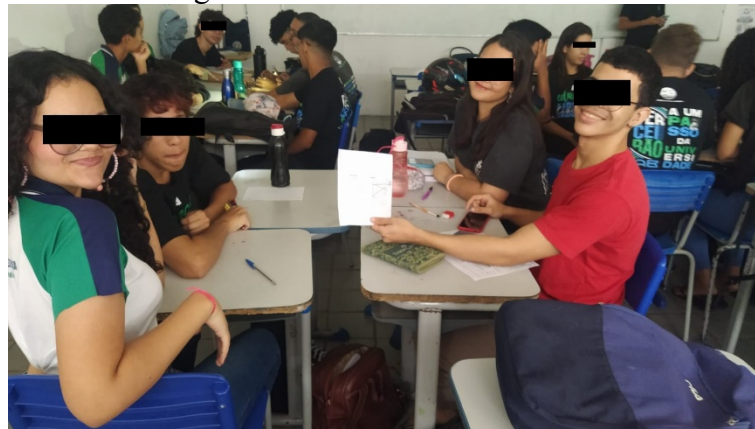


Fonte: Elaborado pela autora.

Nessa aula, houveram as participações apenas de alunos videntes, a aluna com deficiência recebeu explicações orais da dinâmica dessa aula para que entendesse sobre como se forma uma imagem através do espelho. Para uma explicação mais completa, foi imprescindível a aula anterior com o material da reflexão da luz.

Na Figura 24 está mostrando alguns resultados dessa atividade em sala de aula com alunos que não apresentam deficiência visual.

Figura 24 - Alguns resultados da prática “formação de imagens”: na primeira figura tem alguns estudantes com sua atividade concluída; nas figuras dois e três contém o registro de alguns resultados dessa atividade.



Fonte: Elaborado pela autora.

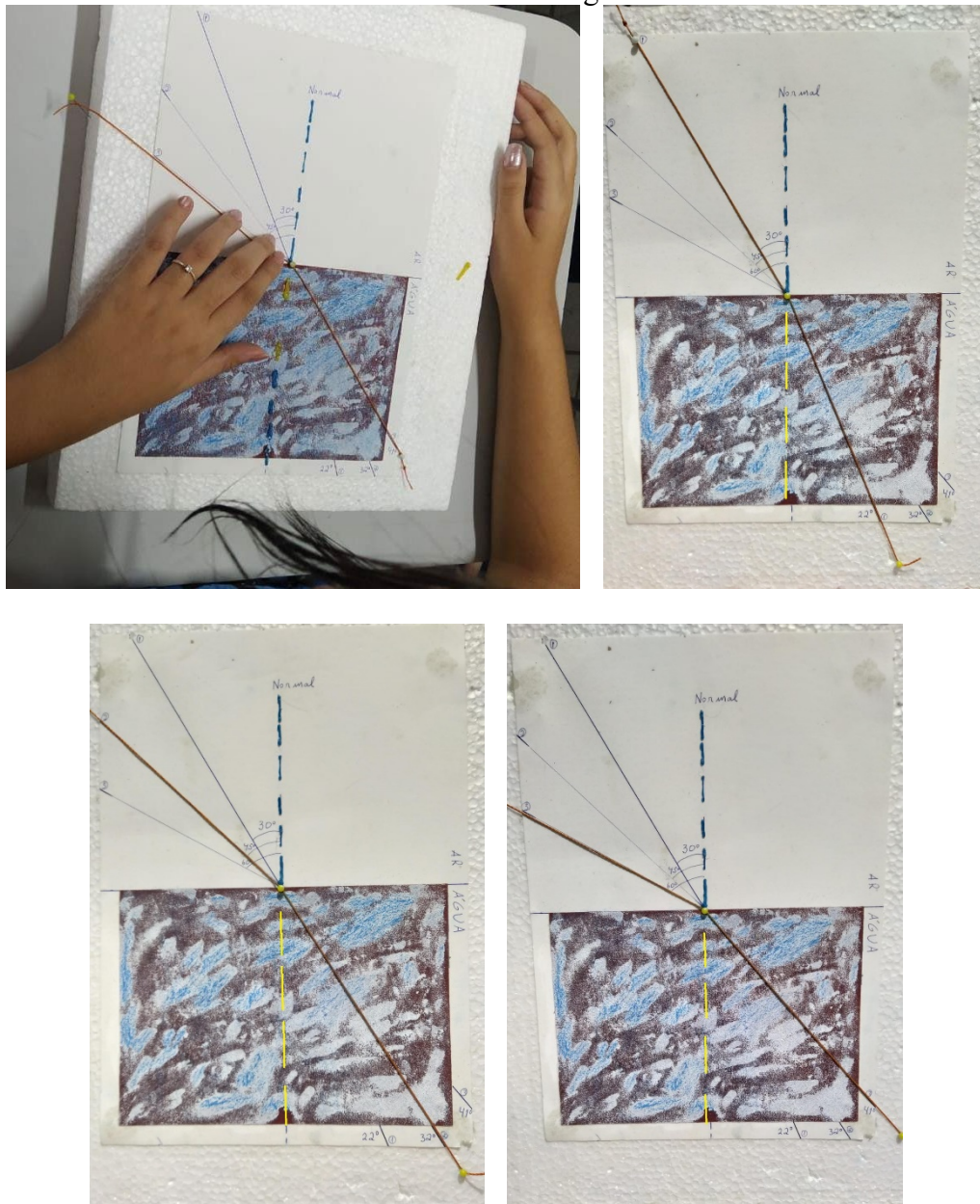
Após a prática, os materiais foram recebidos para constar como atividade concluída, e para um incentivo maior aos alunos, foi ofertado pontos pela atividade realizada em sala de aula e em grupo.

5.5 Refração da luz

Na aula que levou “Refração da luz” como tema, foram utilizados materiais como placa de isopor, lixa, três alfinetes, cordão rabo de rato branco, folha de papel sulfite, caneta 3D, caneta esferográfica, transferidor 360°, tesoura, estilete, lixa, tinta guache branca e azul. O estilete foi o primeiro material a ser utilizado para fazer o corte da placa de isopor, placa essa que para facilitar a montagem é necessário que seja de maior espessura, até mesmo para colocar os alfinetes. Na Figura 25 encontra-se o registro do material pedagógico que foi usado em sala

de aula, juntamente com as mudanças dos ângulos de refração na medida que havia mudança do ângulo de incidência.

Figura 25 - Refração da luz e as mudanças dos ângulos: a primeira figura retrata a aluna com deficiência analisando o fenômeno da refração; a segunda figura mostra o ângulo incidente de 30° ; na terceira imagem representa o ângulo incidente de 45° ; a quarta figura observa-se a reta incidente formando um ângulo de 60° .



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 25 mostra a aluna com deficiência visual explorando o objeto de estudo depois da explicação sobre o tema. A lixa possibilitou a percepção de mudança de meio, já que sua textura diferencia do papel sulfite. Foi usada por cima da lixa as tintas branca em seguida a azul para ser possível essa diferenciação também para os videntes, representando assim o ar no

papel sulfite e a água na parte da lixa. A caneta 3D foi usada para indicar a normal, a caneta esferográfica para indicar o local onde deverá ficar a reta incidente e refratada depois de definir os ângulos de incidência que foram 30°, 45° e 60°.

Usando a lei de Snell-Descartes que é a Equação (3) e está na página 30 deste trabalho, foi descoberto os ângulos refratados para cada ângulo incidente supracitado.

Considerando o meio 1 o ar e o meio 2 a água, temos $n_1 = 1$ e $n_2 = 1,33$. A Tabela 3 mostra valores aproximados dos ângulos de refração em relação aos diferentes valores de ângulos de incidência determinados.

Tabela 3 - Ângulos de incidência e de refração

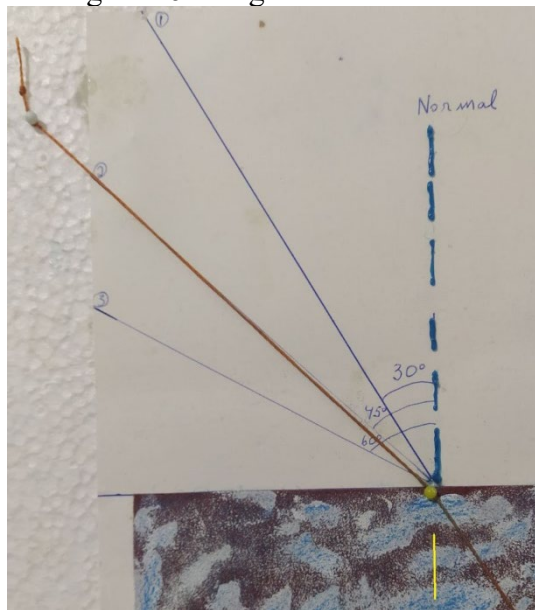
Ângulo de incidência (θ_1)	Ângulo de refração (θ_2)
30°	22°
45°	32°
60°	41°

Fonte: Elaborada pela autora.

Os valores dos ângulos de incidência foram escolhidos de forma espontânea e os ângulos de refração foram calculados e definidos no momento de planejamento da aula para ser possível um maior tempo de execução e explicação no momento em sala, especialmente para a aluna com deficiência visual, visto que se faz necessário o uso da calculadora científica para calcular o seno e o arccosseno de ângulos surgidos através da resolução da fórmula supracitada da lei de Snell-Descartes.

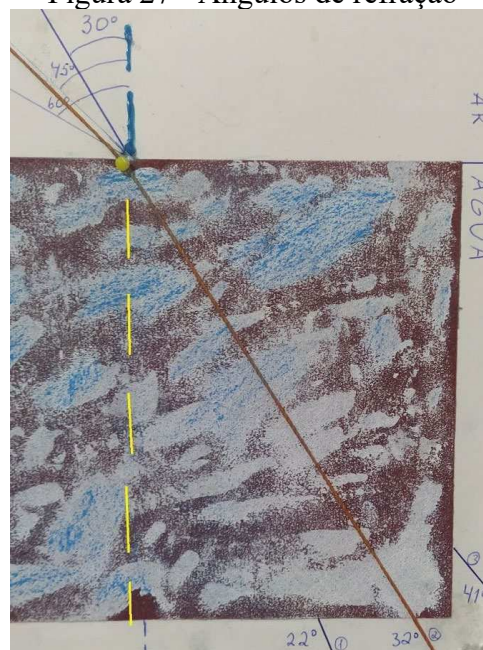
Novamente foram utilizadas as marcações dos ângulos de incidência 30°, 45° e 60°, sendo fixados com alfinetes enrolados no cordão que representava o raio incidente e o raio de refração, e sempre que havia mudança do lado esquerdo nos ângulos de incidência, modificava no lado direito os ângulos de refração correspondentes.

Figura 26 - Ângulos de incidência



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 27 - Ângulos de refração



Fonte: Elaborada pela autora.

Mais uma vez houve a participação de alguns alunos videntes no momento de fazer a mudança de direção dos raios incidente e de refração representados pelo cordão rabo de rato, no que foi possível uma melhor interação entre os alunos, onde foi visível o aprendizado de ambos os alunos.

5.6 Lentes convergentes

Para essa aula foram montados dois materiais, um em formato 2D e o outro em formato 3D. O segundo mencionado foi mostrado para toda a turma logo quando finalizou a parte de explicação, para sua montagem foi necessário isopor, cordão rabo de rato, duas placas de madeira ou MDF, quatro tubos barra de alumínio e furadeira elétrica.

Na parte de cima foram feitos sete furos, seis formando um círculo e um no centro. Embaixo foi feito apenas um furo no centro para passar todos os pedaços de cordão rabo de rato. Para um cálculo mais certo e ficar semelhante entre as duas placas de madeira, também é necessário régua ou trena. Foi colocada quatro pedaços de madeira abaixo de onde ficam os tubos de barra para poder fixar melhor e assim não saírem do local planejado. Para passar o cordão pelo isopor, pode utilizar prego grande.

Na Figura 28, encontra-se uma imagem do material assim que foi finalizada sua produção.

Figura 28 - Lente convergente 3D



Fonte: Elaborada pela autora.

Sua produção também foi feita fora do horário da aula no intuito de dedicar mais tempo na explicação do material 3D. Para que todos os alunos pudessem ter acesso de maneira mais precisa, depois da explicação do assunto, foi passado de mão em mão para os mesmos

verem de perto o que acontece com um raio de luz ao passar por uma lente convergente. Enquanto não chegava o material 3D na aluna com deficiência visual, foi apresentada a versão 2D da lente convergente para a mesma já conseguir compreender um pouco mais a explicação oral realizada anteriormente. Ao chegar o modelo 3D na aluna com deficiência visual houve um acompanhamento para uma explicação mais detalhada, como registrado na Figura 29.

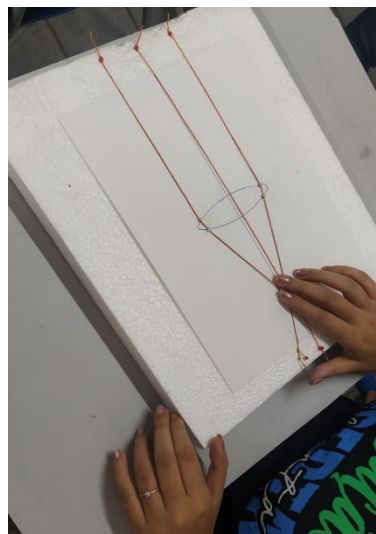
Figura 29 - Aluna com deficiência visual e o modelo 3D da lente convergente



Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir, a Figura 30, está mostrando o modelo 2D usado para uma explicação inicial sobre lentes à aluna com deficiência visual.

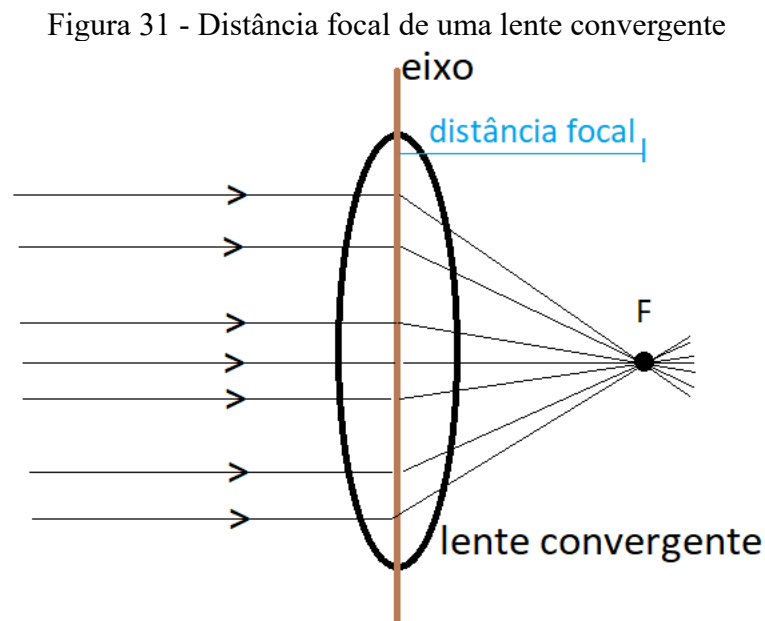
Figura 30 – Estudante interagindo com material disponibilizado sobre lente convergente em alto relevo



Fonte: Elaborada pela autora.

Para o modelo mostrado na Figura 30, foi necessário placa de isopor, cordão rabo de rato, dez alfinetes, caneta esferográfica e papel sulfite. É importante dizer que o papel sulfite está preso ao isopor apenas pelos alfinetes e para o desenho da lente ficar de uma forma diferenciada, foi colado outro papel com o desenho da mesma por cima, até para ter uma elevação e, assim, uma percepção tátil.

Para a aluna também foi explicado sobre a distância focal da lente convergente, que segundo Toginho Filho, 2009, é “...a distância do vértice da lente ao ponto de convergência de um feixe de luz paralelo que incida paralelamente ao eixo da mesma...”. Para uma melhor demonstração, tem-se a Figura 31.



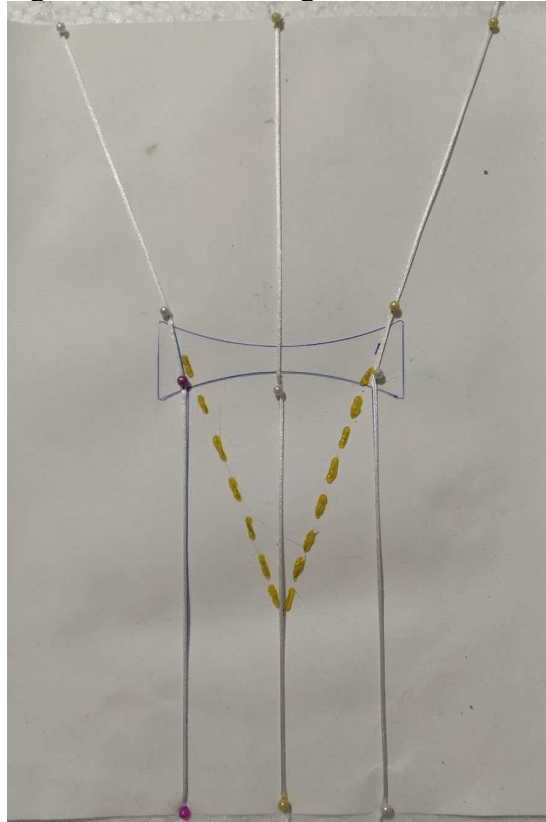
Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 31 é possível identificar também o foco que está representado pela letra f na interseção dos feixes convergidos depois de ultrapassados pela lente convergente.

5.7 Lentes divergentes

Nessa última aula da sequência didática, foi apresentada no formato 2D a lente divergente e o que acontecia com a luz depois que passava por esse tipo de lente. Para o material foi preciso uma placa de isopor, cordão rabo de rato, papel sulfite, caneta 3D, caneta esferográfica e onze alfinetes, representado na Figura 32.

Figura 32 - Lente divergente em alto relevo



Fonte: Elaborado pela autora.

Da mesma forma realizada na lente convergente, foi feita em outro papel a representação da lente divergente e foi colada por cima do papel sulfite para a aluna com deficiência conseguir diferenciar a lente. A caneta 3D foi usada para indicar o prolongamento dos raios após ultrapassar a lente, formando assim o foco e sendo possível identificar a distância focal da lente divergente.

A comparação entre essa lente atual e a anterior houve e foi percebida nitidamente a diferença entre ambas pela aluna com deficiência visual, desde o formato da lente até a maneira com que os raios de luz, antes paralelos, prosseguem após passarem pela lente divergente.

6 ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a aplicação da sequência didática, foi enviado a alguns estudantes via link no Google Forms, quatro meses depois, um questionário contendo doze perguntas relacionadas à sequência apresentada anteriormente aos alunos videntes⁵, onde não era necessário se identificar. O questionário online foi respondido por dezesseis estudantes videntes. Neste capítulo também estarão contidas as respostas das perguntas feitas à aluna com deficiência visual presentes no capítulo anterior. As perguntas e respostas do questionário online estão a seguir.

1 - Antes das aulas de Óptica, você lembrava algo sobre o assunto?

Para essa pergunta, houve as alternativas SIM ou NÃO, onde os estudantes que participaram da análise optaram por uma das alternativas. O resultado apontou que apenas nove dos dezesseis alunos responderam que se lembravam de algo sobre esse tema, o que é inquietante, visto que é assunto do ano letivo anterior, baseando-se em livros didáticos, incluindo o livro Física - Volume 2 de Beatriz Alvarenga, 2016, utilizado pela Escola.

Em geral, a quantidade de alunos que responderam sim (56,3%) e os que responderam negativamente (43,8%) em relação à pergunta foi próxima da outra. Houve respostas em sala como “Lembro que estuda sobre lentes.”, “É o estudo da luz.”, “Tem a ver com visão.”, “Fala sobre os raios de luz.”. De fato, as respostas dos alunos foram descrevendo alguns assuntos ou características da Óptica. É importante lembrar que esse conteúdo é recomendado ao segundo ano do Ensino Médio, onde no terceiro ano, atualmente, a Escola Aduino Bezerra repete o tema como uma espécie de revisão para o ENEM.

2- Você já tinha visto o experimento da câmara escura?

Para os estudantes relembrem do experimento, a Figura 33 estava presente no questionário online enviado aos mesmos, mostrando o dia que eles fizeram a observação com a câmara escura na parte externa da sala de aula.

⁵ Refere-se aos alunos que não possuem deficiência visual.

Figura 33 - Observação através da câmara escura



Fonte: Elaborado pela autora.

As opções de respostas para essa pergunta são, de forma direta, SIM ou NÃO. Onde a maioria dos alunos, até o momento da aula, ainda não tinham conhecimento sobre a câmara escura, apenas 12,5% dos entrevistados já a conheciam, e, os mesmos mencionaram em sala que viram a câmara escura formada com outros tipos de materiais, como exemplos foi citado a caixa de papelão, ou também a caixa de leite como o objeto principal do material didático.

Na Tabela 4, encontra-se as respostas da aluna com deficiência visual para as perguntas sobre a câmara escura.

Tabela 4 - Respostas da aluna com DV sobre Câmara escura

Pergunta feita à aluna com deficiência visual	Resposta da aluna
O que acontece com a imagem da seta depois que ela passa pelo orifício da câmara escura?	“Ela fica invertida.”
Por que a imagem se forma dessa maneira?	“Porque a luz que sai da parte de cima da seta passa pelo buraco e continua em linha reta.”

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a aluna com baixa visão houve aprendizado depois da explicação individual e, segundo a mesma, o material construído com a caneta 3D no papel sulfite foi muito essencial

para um melhor entendimento do assunto de Princípio de propagação retilínea da luz e do funcionamento de uma câmara escura.

3- O que você aprendeu sobre câmara escura?

As respostas para essa pergunta puderam ser digitadas livremente de maneira individual e pessoal. Abaixo encontra-se a Tabela 5 que contém algumas conclusões de alunos registradas e para serem analisadas posteriormente.

Tabela 5 - Respostas da questão 3

<i>“Faz tanto tempo que nem lembro.”</i>
<i>“Diferente das câmeras que são utilizadas para fotografia a câmara escura inverte a imagem”</i>
<i>“Nós vemos o objeto invertido”</i>
<i>“caixa com um pequeno furo que nos faz ver a imagem”</i>
<i>“Q vê ao contrário, bem interessante”</i>
<i>“Que a luz é retilínea”</i>
<i>“A propagação retilínea da luz”</i>
<i>“Que o mecanismo da Câmara escura é semelhante ao da nossa visão, pois há uma inversão da imagem observada.”</i>
<i>“propagação retilínea de luz e da independência de raios de luz e que foi base da invenção da fotografia”</i>
<i>“Que a luz externa entra e transferê ao contrário a imagem”</i>
<i>“Ela é a base do que temos hoje”</i>
<i>“Mt massa. A luz entra e bota a reflexão dela pra parede oposta soq invertido”</i>
<i>“A partir do experimento da câmara escura, conseguimos ver as imagens invertidas por meio de uma caixa que apresentava apenas uma saída de luz.”</i>
<i>“a luz refletida por um objeto, reproduz a imagem dentro de uma câmara escura, se tiver so um lugar pra entrada dos raios luminosos”</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

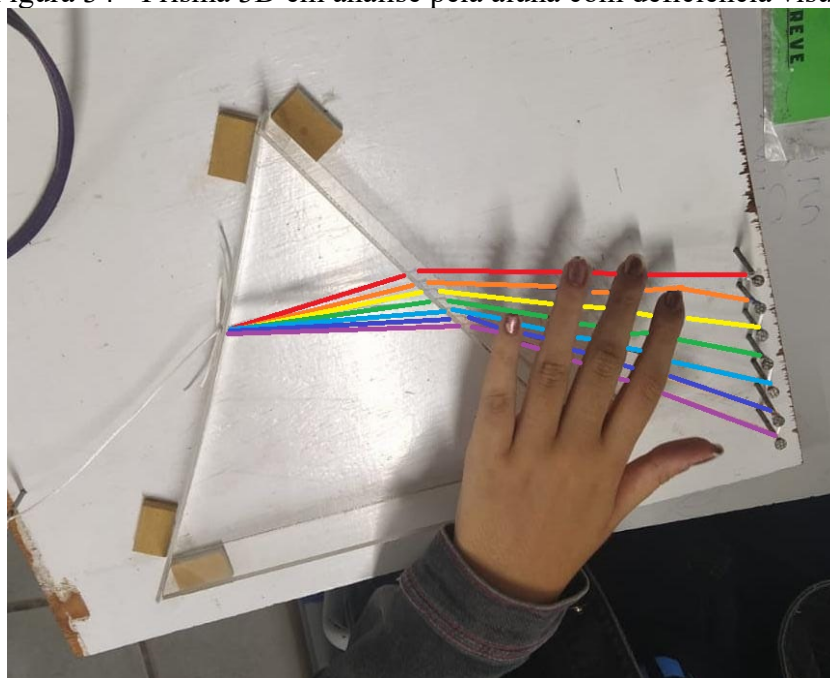
Em relação às respostas dos alunos supracitadas, é possível observar que cada um teve um entendimento específico, alguns com respostas incompletas, mas, é perceptível que algum aprendizado foi obtido, mesmo depois de quatro meses. O que sugere que algo sobre o

conteúdo e sobre o experimento da câmara escura foi de fato absorvido por determinados alunos.

4- Você já sabia que a decomposição da luz branca forma as mesmas cores do arco-íris?

A Figura 34 foi colocada no questionário online para ajudar os alunos na recordação do material didático e do conteúdo apresentado em sala de aula.

Figura 34 - Prisma 3D em análise pela aluna com deficiência visual



Fonte: Elaborado pela autora.

Para essa pergunta, as opções de resposta são SIM ou NÃO. Porém, esse questionamento também havia sido feito no momento da aula, onde as respostas foram anotadas para serem registradas neste trabalho.

Em sala alguns alunos mencionaram até mesmo sobre o fenômeno do arco íris, que, por sinal, é o mais comum a ser reparado, outros estudantes tinham visto até mesmo o material didático denominado “Disco de Newton”, que parado contém algumas cores e ao ser girado a uma velocidade, o disco fica com uma cor resultante branca.

Figura 35 - Disco de Newton



Fonte: Extraído de Disco de Newton DIY – Educação Maker (2023, 15s.).

Dos 16 (dezesseis) alunos que responderam ao questionário, 56,3% já sabiam sobre a decomposição da luz branca, e 43,8% desconheciam. Nessa escola, é estudado sobre ondas no primeiro ano do Ensino Médio e revisto no terceiro ano como uma espécie de revisão para as provas de vestibular da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Com o resultado, podemos afirmar que dos alunos videntes que responderam ao questionário, ficou quase empatado a quantidade de estudantes que sabiam ou não sobre esse assunto.

Na Tabela 6, foi registrado algumas respostas da aluna com baixa visão sobre o que a mesma aprendeu relacionado a decomposição da luz.

Tabela 6 - Respostas da aluna com DV sobre Decomposição da luz

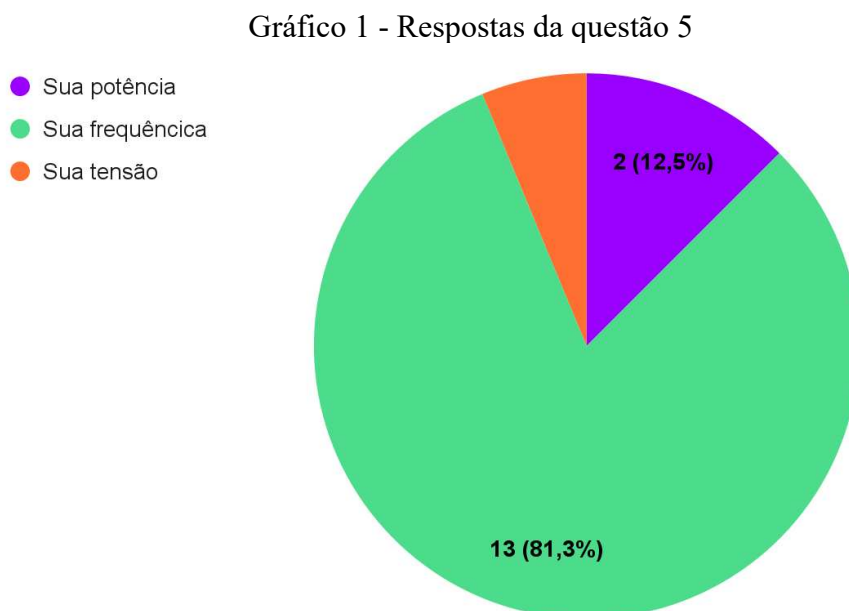
Pergunta feita à aluna com DV	Resposta da aluna
O que acontece com o feixe de luz branco ao passar pelo prisma?	Se separa em cores diferentes
O que classifica uma cor?	Sua frequência
Qual a cor de maior frequência?	O violeta

Fonte: Elaborado pela autora.

Quando feita essa pergunta a aluna com deficiência visual, a resposta obtida foi que ela já ouviu falar sobre a decomposição da luz branca, mas, que com o material do prisma 3D auxiliou melhor na compreensão sobre o tema.

5- O que caracteriza e individualiza uma cor?

Com o conteúdo ministrado em sala, era esperado que a maioria ou até mesmo todos os estudantes respondessem corretamente essa pergunta. O Gráfico 1 mostra as respostas dos alunos.



Fonte: Elaborado pela autora.

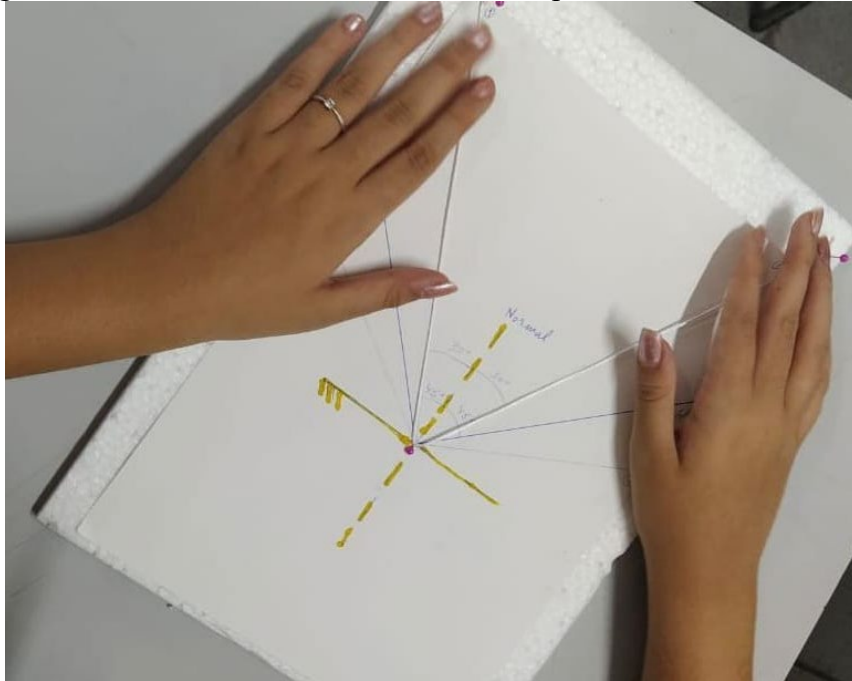
Teve um acerto de 81,3% dos alunos que responderam ao questionário, o que mostra que por mais que tenha havido estudantes que marcaram itens errados, a maioria dos alunos acertaram essa questão. O que também mostra uma possível falta de atenção dos mesmos no momento da explicação.

Em um primeiro momento foi explicado sobre as cores de maneira individualizada à aluna com deficiência, e em seguida foi feita a pergunta: “O que diferencia uma cor da outra?”, onde a resposta se encontra na Tabela 6. Mesmo sem saber diferenciar as cores, é possível afirmar que a aluna conseguiu entender sobre os nomes de algumas cores e que tem diferença em relação a sua frequência, para haver um melhor entendimento sobre frequência foi explicado as ondas com a mão em movimento de ondulação, quanto mais movimentos, maior é a frequência, que é definida como variação por segundo.

6- Qual item melhor define a reflexão da luz?

Para relembrar do conteúdo sobre reflexão da luz, a Figura 36 foi colocada no questionário online.

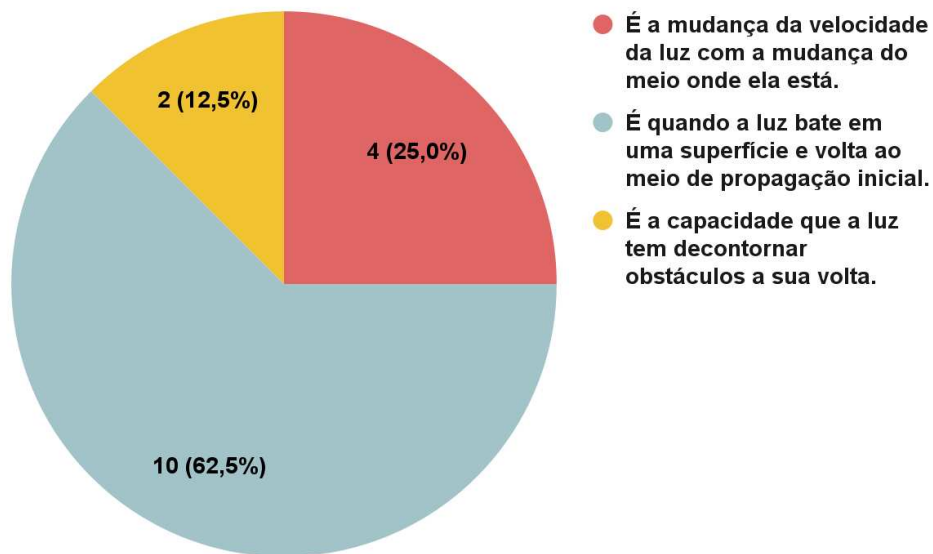
Figura 36 - Análise do fenômeno de reflexão pela aluna com deficiência



Fonte: Elaborado pela autora.

Para essa pergunta, foram elaboradas três alternativas, onde os alunos poderiam escolher apenas uma delas e definir como a correta. No Gráfico 2 está a porcentagem de alunos que selecionou cada afirmação.

Gráfico 2 - Respostas da questão 6



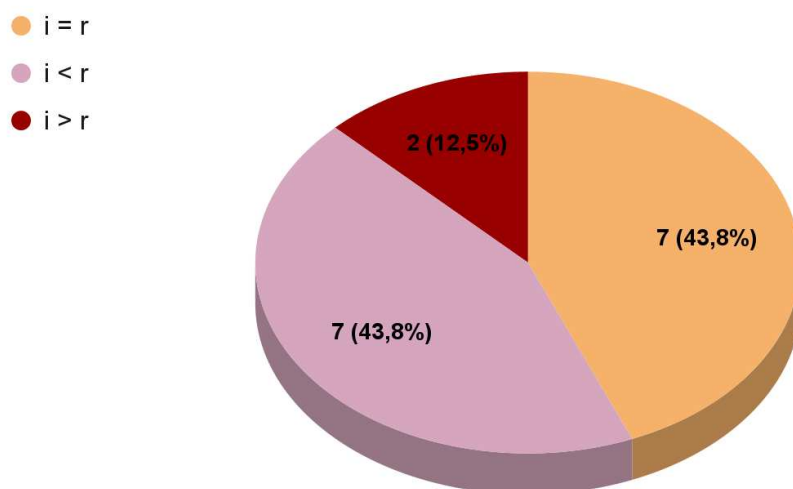
Fonte: Elaborado pela autora.

Exatamente 62,5% dos alunos que responderam ao questionário acertaram a pergunta selecionando a afirmação que diz que a reflexão é quando a luz bate em uma superfície e retorna para o meio incidente. Sendo selecionada por 25% dos alunos a resposta que define a refração e por 12,5% dos alunos a alternativa que define o fenômeno ondulatório denominado de difração.

7- Lembrando que o ângulo de incidência (i) é o ângulo entre o raio incidente (RI) e a normal (N), e o ângulo refletido (r) é o ângulo entre o raio refletido (RR) e a normal, em uma superfície plana, qual a relação entre eles?

Como a questão anterior apresentou a imagem de reflexão, para essa questão não foi colocada uma nova imagem nessa pergunta. Com o registro das respostas, temos o Gráfico 3.

Gráfico 3 - Respostas da questão 7



Fonte: Elaborado pela autora.

Mesmo com a imagem na questão anterior, a porcentagem de alunos que marcaram que o ângulo de incidência (i) e o ângulo de reflexão (r) são iguais e a porcentagem que marcaram que o ângulo de incidência é menor que o ângulo de reflexão foi a mesma. Um possível motivo pode ter sido por conta da falta de imagem na pergunta e a indicação de cada componente da reflexão, ou até mesmo os alunos podem ter se confundido com o fenômeno de refração. Porém, a aluna com deficiência visual teve as respostas registradas no mesmo dia da aula e a Tabela 7 contém essas respostas.

Tabela 7 – Respostas da aluna com DV sobre Reflexão da luz

Pergunta feita à aluna com DV	Resposta da aluna
O ângulo entre o raio incidente e a reta normal e entre o raio refletido e a reta normal são iguais?	São sim
Se o ângulo incidente for 45° , quanto será o ângulo refletido?	45° também

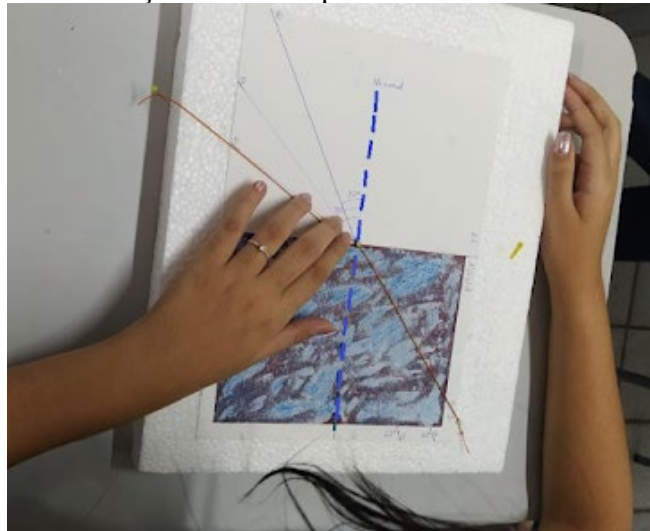
Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com a Tabela 7, a aluna com deficiência visual teve a percepção sobre a igualdade entre os ângulos de incidência e de reflexão no momento que a mesma estava com o material didático em suas mãos.

8- A imagem abaixo mostra um feixe de luz em dois meios diferentes, o que é perceptível que o ângulo entre o raio no meio branco (representando o ar) e a normal, representada pela linha tracejada vertical azul, é diferente do ângulo entre o raio no meio debaixo, de tonalidade azul (representando a água) e a normal. Qual o nome desse fenômeno? Por que a direção dos raios muda quando muda o meio?

A imagem mencionada nessa pergunta é a Figura 37. Ela foi fotografada no momento em que a aluna com deficiência visual estava examinando o material didático em sala de aula e no momento da explicação individual para a aluna.

Figura 37 - Refração analisada pela aluna com deficiência visual



Fonte: Elaborado pela autora.

Para essa pergunta as respostas foram subjetivas, onde cada aluno conseguiu construir seu próprio raciocínio, baseado na aula, e responder com palavras próprias. Na Tabela 8, podemos examinar melhor as respostas de alguns alunos.

Tabela 8 - Algumas respostas da pergunta 8

<i>“Refração, porque a luz se propaga mais rápido ou mais lentamente”</i>
<i>“Refração; Pois a velocidade da Luz muda no meio aquoso”</i>
<i>“Refração, pois a velocidade se altera.”</i>
<i>“Refração da luz, por causa da velocidade da propagação”</i>
<i>“A velocidade de propagação e o comprimento das ondas são modificados”</i>
<i>“Refração?? Quando um feixe de luz atravessa entre dois meios ópticos (?)”</i>

<i>“Refração, porque a luz se propaga mais rápido ou mais lentamente”</i>
<i>“Refração; Pois a velocidade da Luz muda no meio aquoso”</i>
<i>“Refração, pois a velocidade se altera.”</i>
<i>“Refração da luz, por causa da velocidade da propagação”</i>
<i>“O nome do fenômeno é refração, é possível notar que além de mudar de direção o raio mudou também a sua velocidade, pois se inseriu em um novo meio, no caso a água.”</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

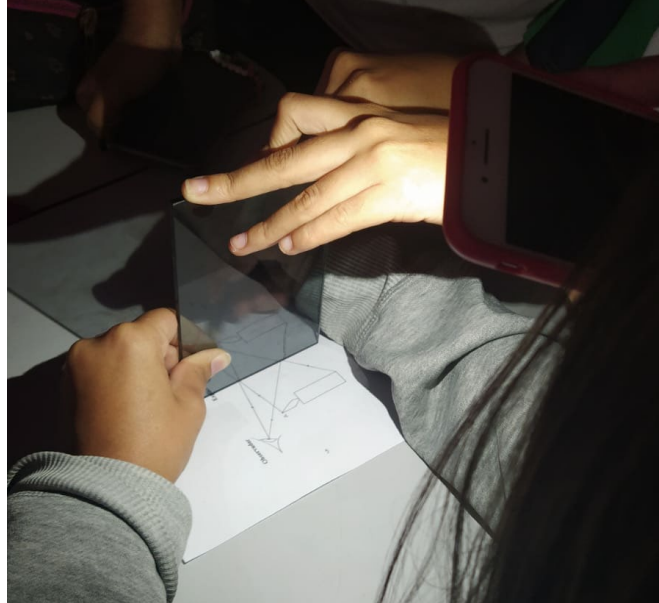
Dentre as conclusões registradas de alguns alunos, é perceptível que houve um aprendizado efetivo da maioria desses estudantes, visto que suas respostas tiveram explicações corretas.

Sobre o entendimento da aluna com deficiência visual, segundo a mesma, as texturas diferentes dos meios simbolizando ar e água facilitou a compreensão da aluna com deficiência visual. Para explicação, foi necessário que a aluna tivesse um conhecimento prévio sobre direção, para ser perceptível a diferença entre a inclinação das retas que simbolizam o raio de incidência e o raio de refração.

9- Na aula sobre formação de imagens, o que você aprendeu? A distância entre a imagem e o espelho plano é a mesma entre o objeto e o espelho?

Essa pergunta no questionário online foi seguida da Figura 38 que mostra uma das equipes no momento em que estudantes videntes reproduzem o que estão vendo do desenho através do espelho semitransparente.

Figura 38 - Reproduzindo o desenho do objeto através do espelho semitransparente



Fonte: Elaborado pela autora.

As respostas para essa pergunta foram registradas de forma subjetiva, onde podemos observar na Tabela 9 que alguns estudantes responderam de forma mais direta e rápida e outros quiseram comentar mais detalhadamente.

Tabela 9 - Algumas respostas da questão 9

<i>“Sim”</i>
<i>“A partir do experimento com o espelho plano conseguimos notar o inverso da figura a uma pequena distância, a distância entre a imagem formada é igual a distância entre o objeto e o espelho.”</i>
<i>“A distância do objeto do do objeto que está sendo refletido pelo espelho é igual a imagem”</i>
<i>“Que as imagens formadas possuem o mesmo tamanho do objeto e que a distância formada atrás do espelho é igual a distância entre o objeto e o espelho”</i>
<i>“Não, é o dobro”</i>
<i>“Que a imagem formada a partir da reflexão é igual a do objeto que está tendo a sua imagem refletida. Sim.”</i>
<i>“Sim a distância é a mesma”</i>
<i>“A distância é a mesma, mas ela é o dobro em relação a você”</i>
<i>“Não lembro muitas coisas”</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

As respostas que não estão presentes na Tabela 9, foram as respostas que estavam repetidas e simples como “Sim” ou “Não lembro.”, ou as que haviam apenas um ponto final no local onde deveria ser a resposta. Pelo menos cinco estudantes tiveram conclusões que colaboraram positivamente para o trabalho já realizado e agora descrito.

10- Como se chama essa lente representada nessa imagem?

A imagem citada na pergunta é a Figura 39, que é uma foto tirada na sala de aula, no momento que foi apresentada individualmente a lente convergente à aluna com deficiência visual.

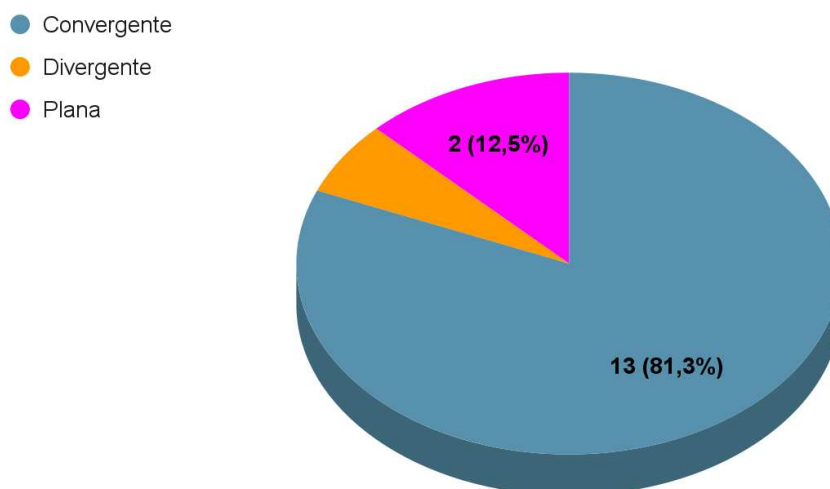
Figura 39 - Lente convergente para ser analisada pela aluna com DV



Fonte: Elaborado pela autora.

Para responder essa pergunta, os alunos contaram com três alternativas, dentre elas, as lentes convergente e divergente, que foram estudadas em sala de aula, juntamente com suas principais características e a trajetória dos feixes de luz em cada uma delas. O Gráfico 4 - Respostas da pergunta 10Gráfico 4 apresenta as respostas para essa pergunta.

Gráfico 4 - Respostas da pergunta 10



Fonte: Elaborado pela autora.

Como é possível analisar, três alunos ainda marcaram respostas erradas, mas a maioria, sendo 81,3% dos estudantes que responderam essa questão, marcaram a resposta correta.

11- O modelo 3D levado para sala de aula lhe ajudou a entender melhor a diferença entre as lentes?

Essa pergunta teve as alternativas SIM ou Não como opções de resposta e no **Erro! Fonte de referência não encontrada.** se encontra o resultado com quase totalidade para opção sim, sendo 93,8%.

Nessa questão há um pouco de coerência, já que tiveram respostas erradas na questão anterior. Apenas um aluno/uma aluna marcou que o modelo 3D não o/a ajudou a diferenciar os tipos de lentes. Por outro lado, a aluna com deficiência visual alegou e mostrou entendimento após ser apresentado as lentes convergente e divergente à mesma, e com isso saber diferenciá-las quando houve um segundo contato tátil.

12- No seu ponto de vista, os materiais levados para as aulas possibilitaram uma melhor aprendizagem? Comente um pouco sobre.

Na Tabela 10, é possível encontrar todas as respostas dos alunos que comentaram nessa pergunta, com palavras mais diretas e curtas e outros comentários com palavras mais completas e extensas.

Tabela 10 - Algumas respostas da questão 12

<i>“Sim”</i>
<i>“Sim, deixa a aula mais interessante, além de ser uma representação bem criativa e dinâmica”</i>
<i>“Sim, com toda a certeza. As aulas se tornam mais dinâmicas e ajudam muito mais no processo de aprendizagem.”</i>
<i>“Sim, a física é algo prático, tudo o que a física diz exigiu uma série de experimentos e comprovações, então, acho que sim, os materiais físicos e práticas possibilitam uma aprendizagem mil vezes melhor. Não tem nada melhor do que ver a física funcionar com seus próprios olhos.”</i>
<i>“sim, pois aulas práticas nos fazem ter melhor noção do que estamos aprendendo e podemos tirar nossas dúvidas até fazendo a atividade”</i>
<i>“Simmm, divou muito e saudades!”</i>
<i>“Tenho uma imensa dificuldade de aprendizagem apenas com falas, eu senti que com exemplos físicos, eu consegui entender bastante”</i>
<i>“Sim, com certeza”</i>
<i>“simm!!”</i>
<i>“Sim, ajudaram a entender os fenômenos físicos de uma forma prática.”</i>
<i>“Sim, muito mais prático e mais legal de aprender”</i>
<i>“sim. Aula mais dinamica”</i>
<i>“Sim, tornam as aulas mais interessantes e interativas, fazendo com que todos tenham interesse”</i>
<i>“Sim”</i>

Fonte: Elaborada pela autora.

Não houve nem um aluno que foi contra o fato de que há uma melhor aprendizagem dos temas das aulas quando se tem uma aula demonstrativa ou prática, para até poder tirar da mente de muitos que a Física é uma matéria que fala coisas muito abstratas, mas, que na verdade é mais palpável do que podemos perceber.

7 CONCLUSÃO

O objetivo maior deste trabalho foi possibilitar a uma aluna com deficiência visual, matriculada no terceiro ano do Ensino Médio, uma aprendizagem efetiva da óptica geométrica e fazer com que a mesma obtivesse um desenvolvimento em sua autonomia e no seu pensamento crítico, aumentando assim a habilidade com o conteúdo ministrado, visando expandir o conhecimento da aluna para ser utilizado até mesmo nos problemas do dia a dia, com o buscar de soluções, além de auxiliar também a mesma no seu preparo para o mercado de trabalho ou vida acadêmica.

A aluna com baixa visão que teve o apoio deste trabalho de sequência didática aqui detalhado, atualmente cursa Ciências Sociais na Universidade Federal do Ceará, o que é de grande alegria e motivação para dar continuidade a essas alternativas de ensino para alunos com deficiência visual, e certifica ainda mais sua magnitude. Há percepção que as aulas expositivas desempenharam um papel secundário em pelo menos parte dessa conquista.

É importante ressaltar ainda, que a sequência didática também auxiliou no aprendizado dos estudantes classificados como videntes, os alunos que não possuem baixa visão ou cegueira. Analisando as respostas em geral do questionário online aplicado alguns meses depois das aulas para esses alunos, é possível concluir ainda, um pouco mais de 50% de satisfação no aprendizado dos mesmos.

Uma das competências previstas para os professores manejarem suas classes é considerar as diferenças individuais dos alunos e suas implicações pedagógicas como condição indispensável para a elaboração do planejamento e para a implantação de propostas de ensino e de avaliação da aprendizagem, condizentes e responsivas às suas características. (MANTOAN e PRIETO, 2006, p. 60)

É possível afirmar que as aulas expositivas tendem a aumentar o interesse dos alunos em determinadas matérias, principalmente as que são classificadas pelos mesmos como mais complexas. Quando há alunos com deficiência visual, a adaptação das aulas e das avaliações deverá se tornar relevante.

REFERÊNCIAS

ALONSO, Marcelo; FINN, Eduard, J. **Física**. [S.l.: s.n.], 2012.

ANDRADE, Rogério dos Santos. **Produção e utilização de material tátil no ensino de Eletromagnetismo para alunos com e sem deficiência visual**. 2019. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

BATISTA, Carlos Eduardo Ramos. **Lentes divergentes**. Info Escola. S.d. Disponível em: <https://www.infoescola.com/optica/lentes-divergentes/>. Acesso em: 18 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 jul. 2015. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/lei_brasileira_inclusao_pessoa_deficiencia.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 22 jul. 2024.

BRASIL. Plano Nacional de Educação – Lei 10.172, de 09 de janeiro de 2001. Brasília: Senado Federal, UNESCO, 2001. (apresentado por Ricardo Santos).

BRASIL/MEC/SEESP. **A escola: Programa Educação Inclusiva: direito à diversidade / Organizadora, Maria Salete Fábio Aranha**. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aescola.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2024.

CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. São Paulo: Editora UNESP, 2012. 274 p. ISBN 978-85-3930-353-3. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/zq8t6/pdf/camargo-9788539303533.pdf>. Acesso em: 01 out. 2024.

COSTA, Raynel Antônio da. **Ensino de Física: uma abordagem da ótica geométrica para estudantes com deficiência visual**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/12657?mode=full>. Acesso em: 04 set. 2024.

COSTA, Vanderlei Balbino da. **Inclusão Escolar do Deficiente Visual no Ensino Regular**. Jundá: Paco Editorial, 2012.

FREIRE, S. **Um olhar de inclusão**. Revista da Educação, v. 16, n. 1, 2008. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/12424785.pdf>. Acesso: 31 out. 2024
<https://www.academica.com.br/post/m%C3%A9todo-qualitativo-como-fazer>. Acesso em: 01 fev. 2024.

GUEDES, Ivan Claudio. **O que é sequência didática**. 20, fevereiro. 2019. Disponível em: <https://www.icguedes.pro.br/sequencia-didatica-passo-a-passo/>. Acesso em: 13 nov. 2024.

JEWETT, John W.; SERWAY, Raymond A. **Física para cientistas e engenheiros: luz, óptica e física moderna**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. v. 4.

MACHADO, Amália. **Método qualitativo: o que é e como fazer uma pesquisa qualitativa? Acadêmica**. 2023. Disponível em: <https://www.academica.com.br/post/m%C3%A9todo-qualitativo-como-fazer>. Acesso em: 03 nov. 2024.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér; PRIETO, Rosângela Gavioli. **Inclusão escolar: pontos e contrapontos**. Valéria Amorim Arantes, organizadora. São Paulo: Summus, 2006.

MÁRCIO KOBÁ. **Como fazer uma câmara escura de orifício**. YouTube, 11 Nov. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FvCZ5TkCXxw&t=139s>. Acesso em: 08 abr. 2024.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz; GUIMARÃES, Carla. **Física: contexto e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias da Aprendizagem**. 2. ed. ampl. São Paulo: EPU, 2019.

MORENO, Ana Carolina. **Professor cego mostra em livro como ensinar física para quem não enxerga**. NEDESP – Núcleo de Educação Especial. São Paulo. 2019. Disponível em: <http://www.ce.ufpb.br/nedesp/contents/noticias/professor-cego-mostra-em-livro-como-ensinar-fisica-para-quem-nao-enxerga>. Acesso em: 01 out. 2024.

MOURA, Breno Arsioli. **Newton versus Huygens: como (não) ocorreu a disputa entre suas teorias para a luz**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 111-141, abr. 2016.

MUNDIM, K.C. **A Luz como um Fenômeno Eletromagnético**. 2000. Disponível em: <https://lilith.fisica.ufmg.br/~wag/TRANSF/TEACHING/FERMAT/aula-3.htm>. Acesso em: 05 nov. 2024

NEWTON, V. B; HELOU, D; GUALTER, J. B. **Tópicos de Física 2: óptica, ondas e termodinâmica**. São Paulo: Saraiva, 2007.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física 4**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996. v. 4.

PAULA, Pedro Arly De Abreu. **Ensino-Aprendizagem de eletricidade para alunos com deficiência visual**. 2020. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Estadual do Ceará, Quixadá, 2020. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=97586>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SANTOS, L. R; FERNANDES, J. C. C; ANDRADE, E. L. M; LIMA, E. F. As contribuições da Teoria da Aprendizagem de Lev Vygotsky para o desenvolvimento da competência em informação. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, São Paulo, v. 17, p. 1-15, 2021. Disponível em: <https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/1489/1334>. Acesso em: 17 set. 2024.

SILVA, Giovana Xavier da; OLIVEIRA, Yuri; BUFFON, Alessandra Daniela. **O ensino de óptica geométrica para pessoas cegas ou com deficiência visual: uma revisão bibliográfica.** Revista Valore, Volta Redonda, 7, 2022. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/745/935>. Acesso em: 04 set. 2024.

SILVA, Rômulo Monteiro da. **Material didático para o Ensino de conceitos básicos da Óptica geométrica para inclusão de alunos com deficiência visual.** 2020. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

SILVA, Ruam Adelmo Macedo da; NETO, Luis Gomes de Negreiros; FONSECA, Reinaldo Freire da; NASCIMENTO, Ketly dos Santos. **Lei de Snell-Descartes – Índice de refração do acrílico com variação dos ângulos de incidência.** CONAPESC. 2019. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA7_ID412_28062019180821.pdf. Acesso em: 07 ago. 2024.

SILVA, W. R. F. **Decomposição (Dispersão) e composição da luz.** Meu cosmos, 2014. Disponível em: <https://meu-cosmos.blogspot.com/2015/01/composicao-e-decomposicao-da-luz.html>. Acesso em: 01 out. 2024.

SOUZA, Bruno Eron Magalhães de. **Uma proposta de ensino de Física Moderna e Contemporânea para alunos com e sem deficiência visual.** 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. **Lentes.** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/lentes-1.htm>. Acesso em: 16 set. 2024.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3317710/mod_resource/content/2/A%20formacao%20social%20da%20mente.pdf. Acesso em: 05 set. 2024.

VYGOTSKY, L.S. **A defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal.** Educação e Pesquisa, v.37, n. 4, São Paulo, dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/x987G8H9nDCcvTYQWfsn4kN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 set. 2024.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ONLINE

1. Antes das aulas de Óptica, você lembrava algo sobre o assunto?

Sim

Não

2. Você já tinha visto o experimento da câmara escura?



Sim

Não

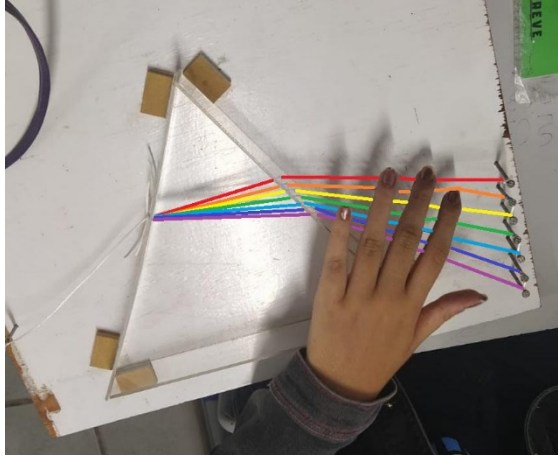
3. O que você aprendeu sobre câmara escura?

4. Você já sabia que a decomposição da luz branca forma as mesmas cores do arco-íris?

Sim

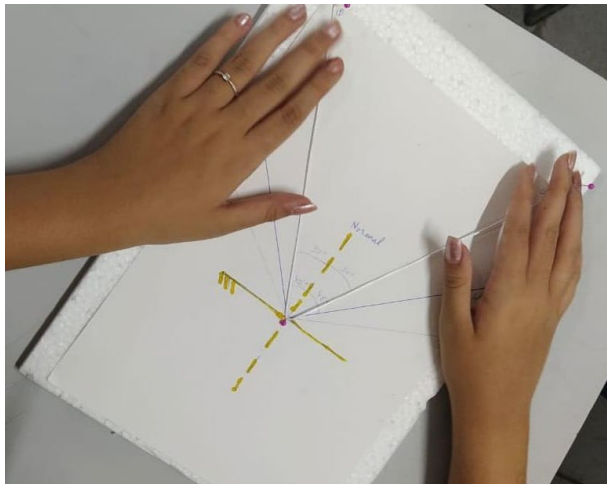
Não

5. O que caracteriza e individualiza uma cor?



- Sua potência
- Sua frequência
- Sua tensão

6. Qual item melhor define a reflexão da luz?



- É a mudança da velocidade da luz com a mudança do meio onde ela está.
- É quando a luz bate em uma superfície e volta ao meio de propagação inicial.
- É a capacidade que a luz tem de contornar obstáculos a sua volta.

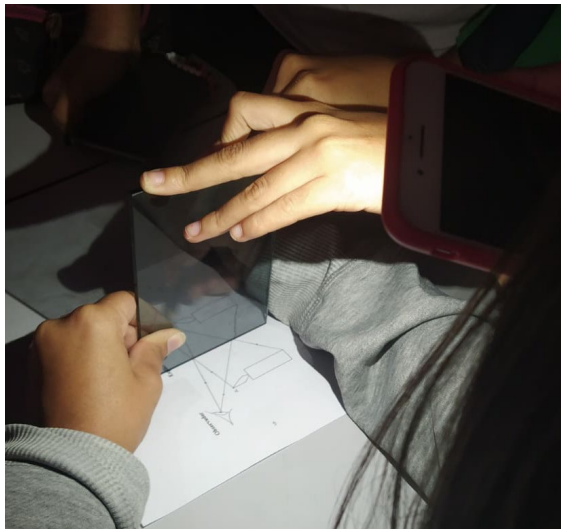
7. Lembrando que o ângulo de incidência (i) é a distância entre o raio incidente (RI) e a normal (N), e o ângulo refletido (r) é a distância entre o raio refletido (RR) e a normal, em uma superfície plana, qual a relação entre eles?

- $i = r$
- $i < r$
- $i > r$

8. A imagem abaixo mostra um feixe de luz em dois meios diferentes, o que é perceptível que o ângulo entre o raio no meio branco (representando o ar) e a normal, representada pela linha tracejada vertical azul, é diferente do ângulo entre o raio no meio debaixo de tonalidade azul (representando a água) e a normal. Qual o nome desse fenômeno? Por que a direção dos raios mudam quando muda o meio?



9. Na aula sobre formação de imagens, o que você aprendeu? A distância entre a imagem e o espelho plano é a mesma entre o objeto e o espelho?



10. Como se chama essa lente representada nessa imagem?



- Convergente
- Divergente
- Plana

11. O modelo 3D levado para sala de aula lhe ajudou a entender melhor a diferença entre as lentes?

- Sim
- Não

12. No seu ponto de vista, os materiais levados para as aulas possibilitaram uma melhor aprendizagem? Comente um pouco sobre.

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

METODOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE ÓPTICA PARA ALUNOS COM OU SEM DEFICIÊNCIA VISUAL
PRODUTO EDUCACIONAL PARA O MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

YNAIAH ROCHA MENEZES

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

FORTALEZA – CE

2024

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	3
2 INTRODUÇÃO	4
3 INTRODUÇÃO À ÓPTICA.....	5
3.1 Câmara escura	6
3.1.1 Materiais utilizados.....	6
3.1.2 Montagem do objeto	6
3.1.3 Aplicação.....	7
3.2 Prisma 3D	9
3.2.1 Materiais utilizados.....	9
3.2.2 Aplicação.....	9
3.3 Reflexão da luz.....	10
3.3.1 Materiais utilizados.....	10
3.3.2 Aplicação.....	11
3.4 Refração da luz	12
3.4.1 Materiais utilizados.....	12
3.4.2 Aplicação.....	13
3.5 Formação de imagens no espelho plano	15
3.5.1 Materiais utilizados.....	15
3.5.2 Aplicação.....	15
4 LENTES ESFÉRICAS	18
4.1 Lente convergente.....	18
4.1.1. Materiais utilizados.....	18
4.1.2 Aplicação.....	18
4.2 Lente divergente	20
4.2.1 Materiais utilizados.....	20
4.2.2 Aplicação.....	20
REFERÊNCIAS	21

1 APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a),

Este produto educacional foi elaborado para professores que tenham alunos deficientes visuais no intuito de proporcionar para esses alunos e aos alunos videntes a compreensão mais facilitada de alguns assuntos de Óptica. Aborda aulas práticas e inclusivas para proporcionar um maior aprendizado ao aluno, contando com alguns experimentos de baixo custo e outros com investimentos necessários para uma aprendizagem de qualidade.

É importante ressaltar que uma vez feito os materiais, podem ser aplicados novamente para outras turmas ou até mesmo em anos posteriores.

Espera-se que esse material possa contribuir positivamente em vossas aulas de Óptica, formando aulas com aprendizados eficazes para alunos com ou sem deficiência visual.

A autora.

2 INTRODUÇÃO

Querido(a) professor(a), os materiais aplicados em aulas que encontrarão a seguir vem de uma sequência didática como o Produto Educacional originado de uma aplicação da Dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física: “Metodologias aplicadas ao ensino de Óptica para alunos com ou sem deficiência visual”.

O desafio maior foi analisar e elaborar como ensinar Óptica para alunos com perda de visão parcial ou total, onde através de materiais produzidos foi possível alcançar mais o entendimento de uma aluna com problema visual presente em uma sala com aproximadamente mais outros 39 alunos.

Independentemente da quantidade de alunos com deficiência visual em uma sala, é esperado que o ensinamento chegue a todos de maneira mais completa possível, sendo essencial o professor investir o tempo de planejamento em fazer materiais que leve os alunos, em sua totalidade, a um alcance maior da aprendizagem.

Alguns dos materiais a seguir foram produzidos com produtos de baixo custo e outros desenvolvidos de forma mais elaborada para o objetivo de ensino e aprendizagem serem alcançados.

3 INTRODUÇÃO À ÓPTICA

As aulas desse conteúdo se iniciaram no começo do segundo semestre do ano letivo de 2023 em uma turma do terceiro ano do ensino médio, se estendendo até o final de outubro. Nesse tema de Óptica foram desenvolvidos alguns assuntos que serviram como pré-requisitos para a compreensão da temática, nos quais foram aplicados os materiais aqui mencionados. Abaixo encontra-se a Tabela 1, contendo os conteúdos ministrados em sequência.

Tabela 1 – Temas das aulas ministradas

Aula ministrada	Desenvolvimento da aula	Duração da aula
Conceito de óptica geométrica e fontes de luz	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
Tipos de meios de propagação	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
Princípios de propagação da luz	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
Câmara escura	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Alguns fenômenos ópticos	Aula explicativa com informações registradas no quadro branco.	50 min
As radiações do espectro visível (Prisma 3D)	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Reflexão e espelho plano	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Formação de imagens no espelho plano	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Refração da luz	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Lentes convergentes	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min
Lentes divergentes	Aula expositiva, usando materiais preparados sobre o conteúdo da aula.	50 min

Fonte: Elaborada pela autora.

Foi ministrada uma aula por semana sobre os conteúdos, cada aula teve duração de 50 minutos. A aplicação completa do produto teve um total aproximado de três meses entre assuntos de teoria e aulas expositivas de Óptica geométrica para alunos com e sem deficiência visual.

3.1 Câmara escura

Esse experimento feito com os materiais listados abaixo foi aplicado apenas com os alunos que não possuem baixa visão. Porém, posteriormente será apresentada como foi possível apresentar esse conteúdo para a aluna com deficiência visual.

3.1.1 Materiais utilizados

- 1 lata de leite em pó vazia (380g)
- 1 lixa
- Tinta em spray (cor: preto fosco)
- 1 papel cartão de cor preta
- Fita crepe
- Papel vegetal
- 1 prego tamanho médio
- Martelo
- Tesoura

3.1.2 Montagem do objeto

Com um prego e martelo fura-se o fundo da lata de leite, tira-se a tampa, lixa-se a lata e em seguida borrifa-se a tinta spray preta, para evitar reflexões, por dentro e por fora da lata. Em seguida, corta-se toda a superfície central da tampa, deixando apenas as bordas e pinta-a com a tinta spray preta também.

Figura 1 - Partes da montagem da Câmara escura: na primeira figura tem a lata de leite pintada e com o papel vegetal fixado nela; na segunda figura está o orifício no fundo da lata; a terceira figura mostra o início do processo de enrolar a lata na cartolina; e na quarta figura aponta a cartolina dupla face e a lata.



Fonte: Elaborado pela autora.

Após a tinta na lata secar, corta-se o papel vegetal no tamanho que caiba em cima da lata e fixa o papel com a tampa na lata já cortada em seu interior. Por fim, pega-se a cartolina dupla face e enrola com a parte preta para dentro e fixa a lata em uma das extremidades da cartolina, deixando o furo do fundo da lata para a parte de fora da cartolina, depois da cartolina enrolada, coloca-se fita adesiva para fixação. A observação dos alunos é feita pela extremidade da cartolina em que não está a lata.

3.1.3 Aplicação

Antes da observação, foi feita uma breve explicação sobre o Princípio de propagação retilínea da luz e sobre como acontece a inversão de imagem. Em seguida, foi feita a observação individual de cada estudante.

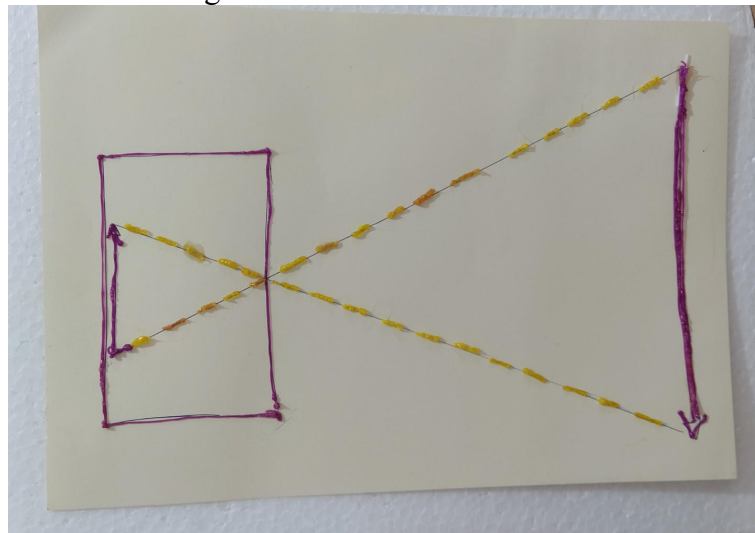
Figura 2 - Observação com a câmara escura



Fonte: Elaborado pela autora.

Foi explicado à aluna com deficiência visual em uma folha de papel sulfite desenhado com caneta 3D como funcionava a câmara escura. Tornando possível à aluna com deficiência visual acompanhar a figura por meio tátil e descritível.

Figura 3 - Câmara escura em 2D



Fonte: Elaborado pela autora.

Findadas as observações realizadas pelos alunos sem deficiência visual e dada a explicação para a aluna que possui baixa visão, foi resolvida uma questão em lousa relacionada a câmara escura e, assim, semelhança de triângulo.

3.2 Prisma 3D

3.2.1 Materiais utilizados

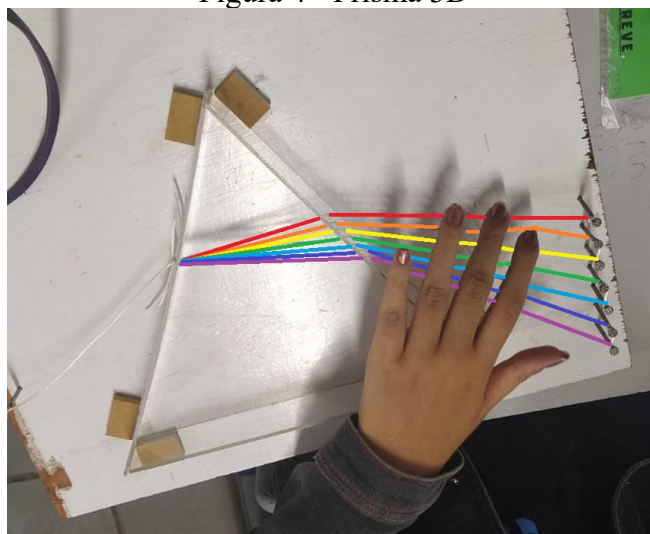
- Oito pregos grandes
- Martelo
- Placa em MDF ou similar
- Fita adesiva
- Placa de acrílico
- Furadeira elétrica
- Super bonder
- Cordão rabo de rato branco
- Canetinhas hidrográficas

3.2.2 Aplicação

O assunto da aula foi “As radiações do espectro visível”. Onde foi falado sobre a dispersão da luz ao passar por um prisma, levando à dispersão da luz branca em diversas cores e ordenadas de acordo com sua frequência, ao começar pelo vermelho e finalizar com o violeta. Esse fenômeno foi comparado ao fenômeno do arco-íris.

Para a aluna com deficiência visual, além da explicação ouvida, a mesma também teve acesso ao Prisma 3D, onde pôde perceber o início do feixe de luz no ar, seu momento de separação inicial dentro do prisma e como finaliza depois que sai do mesmo e volta para o ar.

Figura 4 - Prisma 3D



Fonte: Elaborado pela autora.

A aplicação do material denominado Prisma 3D para a aluna com baixa visão foi feita com a ajuda e explicações de alguns colegas videntes, formando assim uma interação inclusiva na sala de aula.

3.3 Reflexão da luz

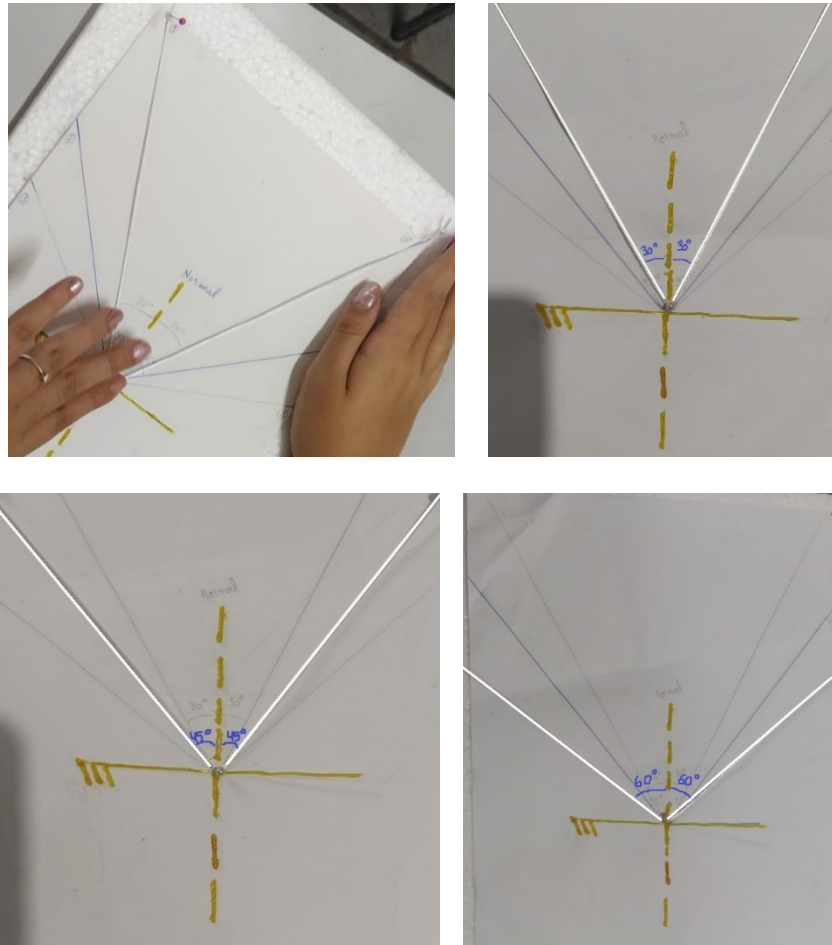
3.3.1 Materiais utilizados

- Placa de isopor de espessura 5cm
- 3 alfinetes de cabeça
- Cordão rabo de rato branco
- Folha de papel sulfite
- Caneta 3D
- Caneta
- Transferidor 180° ou 360°
- Tesoura
- Estilete

3.3.2 Aplicação

Logo após a explicação sobre reflexão da luz, conceituando o raio incidente, raio refletido, reta normal, ângulo de incidência e ângulo de reflexão, foi mostrado à aluna com deficiência visual o painel com o exemplo de reflexão da luz. O painel consiste de uma placa de isopor sobre a qual foi colocada uma folha de papel sulfite A4. Na folha de papel foi desenhada, com uma caneta 3D, uma linha contínua representando o espelho e uma linha tracejada, perpendicular à linha do espelho, para representar a normal. Os raios de luz foram representados por cordões, para facilitar na hora do tato. Os cordões foram fixados no conjunto papel-isopor por meio de alfinetes. Vários pontos marcados na folha de papel indicavam onde os alfinetes deveriam ser fixados. Os pontos, à esquerda e à direita foram escolhidos de modo que os ângulos de incidências e os ângulos de reflexão fossem iguais. A movimentação dos alfinetes com os cordões era feita pelos alunos videntes e após a fixação, a aluna com deficiência visual era convidada a tocar o painel com as mãos.

Figura 5 - Ângulos de incidência e reflexão: a primeira figura aponta a aluna com DV tendo acesso ao material; a segunda figura evidencia os ângulos de incidência e de reflexão são 30° ; na terceira figura os ângulos revelados são 45° ; a terceira figura mostra os ângulos de incidência e de reflexão são 60° .



Fonte: Elaborado pela autora.

Foram feitas algumas perguntas para a aluna com baixa visão, como “Os ângulos de incidência e de reflexão são os mesmos?”. Essa pergunta foi feita a cada mudança de ângulo incidente e ângulo refletido. Outra pergunta foi “se o ângulo incidente é 45° , quanto vale o ângulo refletido?”.

3.4 Refração da luz

3.4.1 Materiais utilizados

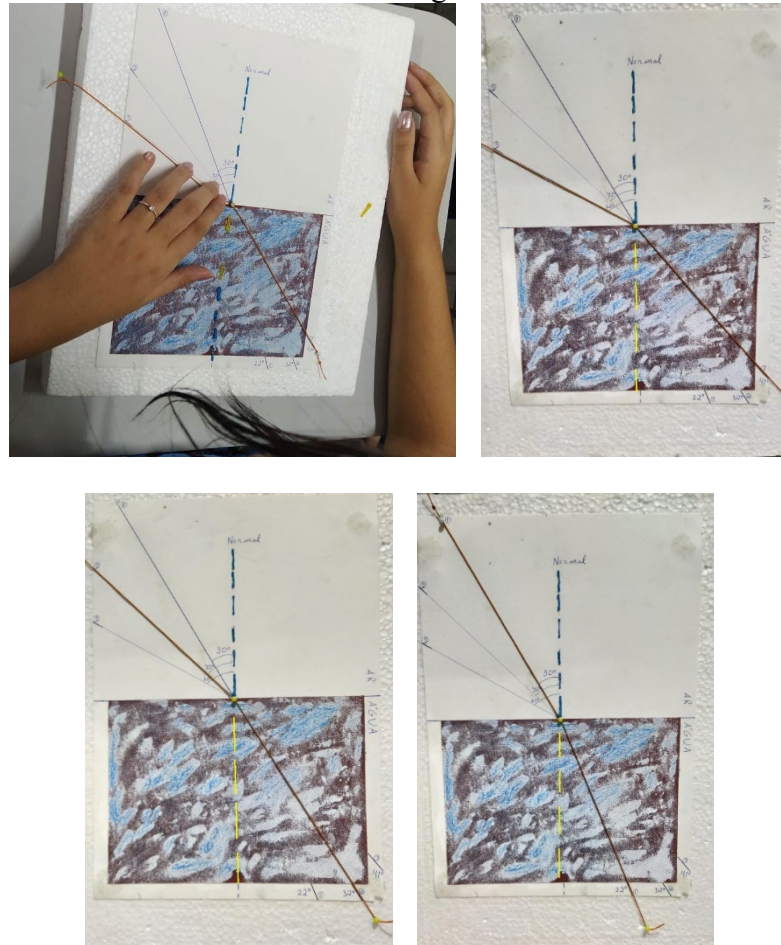
- Placa de isopor de espessura de 5 cm
- 3 alfinetes de cabeça
- Cordão rabo de rato branco

- Folha de papel sulfite
- Caneta 3D
- Caneta
- Transferidor 360°
- Calculadora científica
- Tesoura
- Estilete
- Lixa
- Tinta guache branca e azul
- Fita adesiva

3.4.2 Aplicação

Em uma aula de 50 minutos foi conceituado e explicado para toda turma a refração da luz. Após isso, foi mostrado para a aluna com deficiência visual a placa de isopor com um exemplo tátil de refração. Para diferenciar a representação dos meios foi utilizado uma lixa, já que a mesma tem uma superfície bem característica. A caneta 3D teve a função de indicar a reta normal, e o cordão mostrou o Raio incidente e o Raio refratado. A diferença entre os ângulos incidente e refratado foram mencionados pela aluna com DV quando indagado a ela.

Figura 6 – Refração da luz e as mudanças dos ângulos: a 1ª figura retrata a aluna com deficiência analisando o fenômeno da refração; a 2ª figura mostra o ângulo incidente de 30° ; na 3ª imagem representa o ângulo incidente de 45° ; a 4ª figura observa-se a reta incidente formando um ângulo de 60°



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim como na reflexão, o painel mostrado é formado por uma placa de isopor e acima dele possui um papel sulfite A4, onde em sua parte inferior foi colada com fita adesiva uma lixa pintada com tinta guache branca em seguida da tinta azul. A reta normal, que está perpendicular à superfície no ponto de incidência da luz no segundo meio, foi indicada pela caneta 3D tanto por cima da lixa (dentro do segundo meio), quanto na parte do papel sulfite (meio 1). Para a maior percepção da aluna com baixa visão, foi usado o cordão rabo de rato para indicar os raios de incidência e de refração que, preso a alfinetes, foi possível mudar a direção para os ângulos de incidência escolhidos de 30° , 45° e 60° , formando os ângulos de refração 22° , 32° e 41° respectivamente, marcados com a ajuda de um transferidor 360° .

Para calcular os ângulos de refração para cada ângulo de incidência, foi utilizada a Lei de Snell NEWTON (2007) que diz que:

$$n_1 \text{ sen } \theta_i = n_2 \text{ sen } \theta_r$$

Onde, o (n_1) é o índice de refração no ar, (θ_i) é o ângulo de incidência, (n_2) é o índice de refração na água e (θ_r) é o ângulo de refração. A Tabela 2 informa os índices de refração dos materiais supracitados.

Tabela 2 – Índice de refração do ar e da água

Material	Índice de refração
Ar	1,0003
Água	1,33

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/indice-de-refracao.htm>.

Substituindo os valores na lei de Snell, encontramos para cada ângulo de incidência 30° , 45° e 60° , identificados com os números 1, 2 e 3, respectivamente, onde foram descobertos, através de cálculo, os ângulos de refração contendo valores aproximados 22° , 32° e 41° , seguindo a ordem de acordo com os ângulos de incidência.

3.5 Formação de imagens no espelho plano

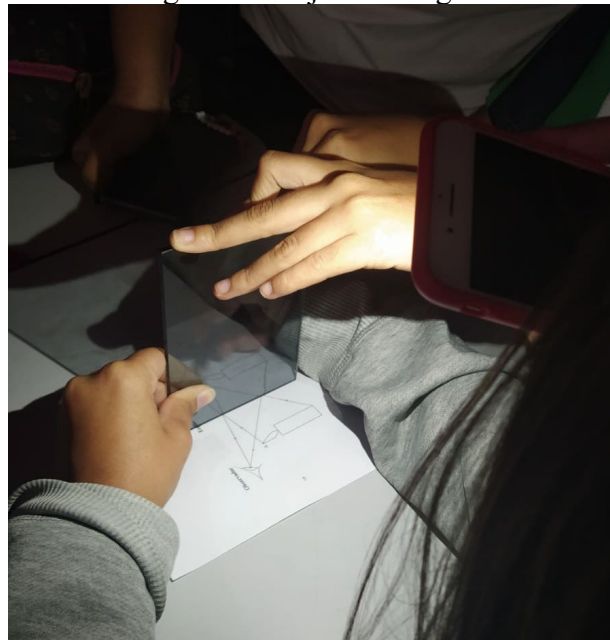
3.5.1 Materiais utilizados

- Placa translúcida de acrílico
- Figura 7 em metade do papel ofício
- Lápis ou caneta.

3.5.2 Aplicação

Esse experimento foi realizado apenas com os alunos videntes. A aluna com deficiência visual acompanhou de forma sonora cada passo. O tema “Espelho plano” possui um tópico denominado “Imagem de um corpo extenso”, nele explica sobre objeto e imagem enantiomorfa. O desenho de vela em metade do papel ofício individualiza o lado direito e o lado esquerdo. Quando os alunos colocam a placa translúcida no local indicado na imagem, eles conseguem perceber o prolongamento dos raios por trás da placa e fazer o desenho.

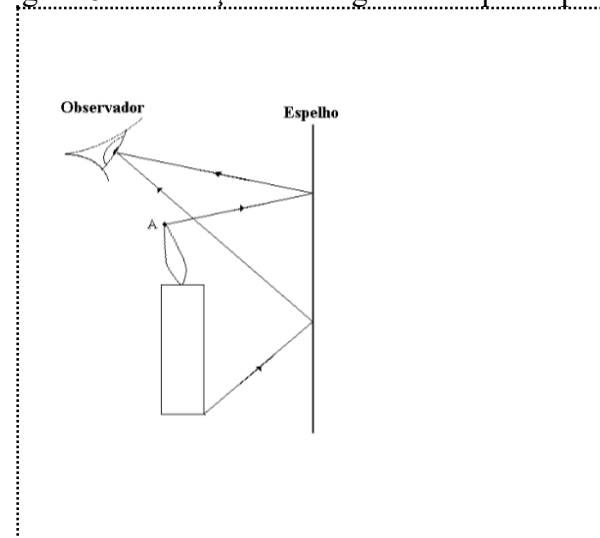
Figura 7 - Objeto e imagem



Fonte: Elaborado pela autora.

O desenho utilizado em sala de aula está mostrado na Figura 8. Os alunos foram divididos em grupos para a realização da prática. Cada aluno se posicionou do lado onde possui a identificação do observador, a placa translúcida ficou posicionado em cima da linha onde está indicado o espelho, e, direcionando o feixe de luz da lanterna do celular para o outro lado do espelho, como mostra na Figura 7, foi que possibilitou a visualização do prolongamento dos raios e capacitou os alunos a desenharem a vela antes vista apenas em um dos lados do espelho.

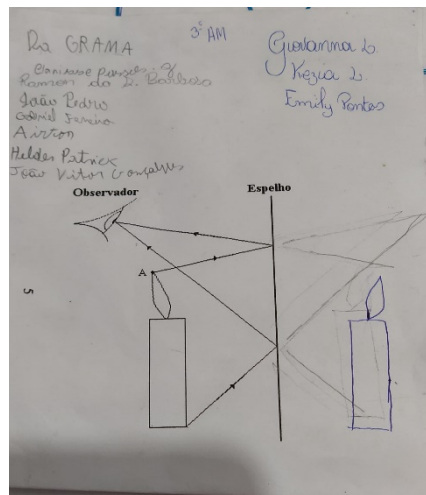
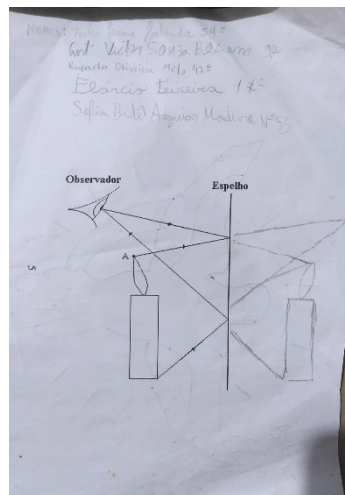
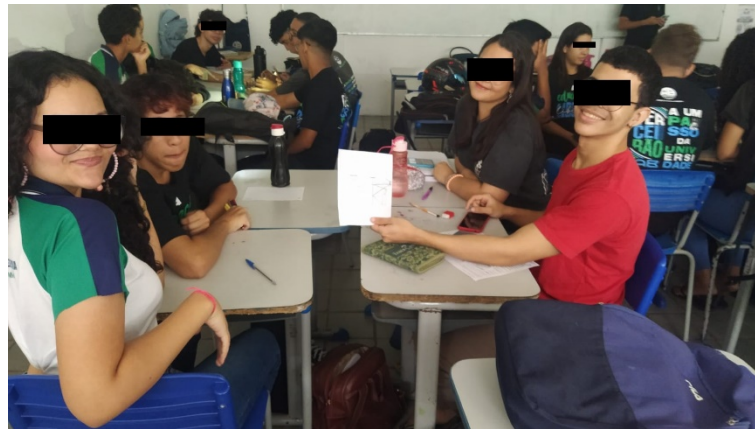
Figura 8 - Formação de imagem no espelho plano



Fonte: Elaborado pelo orientador.

Nessa prática os alunos obtiveram o resultado da reflexão, observando até mesmo a mudança da direção da chama da vela quando desenhada conforme o desenho mostrado na Figura 9, que foi apresentado, em um momento de aula prática do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pelo professor Dr. Nildo Loiola, que é também orientador deste trabalho.

Figura 9 – Alguns resultados da prática “formação de imagens”: na primeira figura tem alguns estudantes com sua atividade concluída; na segunda e terceira figura está registrado alguns resultados da atividade.



Fonte: Elaborado pela autora.

A atividade foi realizada em grupo com o objetivo de haverem discussões entre os alunos sobre as observações e diferenças entre a imagem e o objeto e assim, possibilitar um aprendizado com um maior protagonismo.

4 LENTES ESFÉRICAS

Para esse tema foram necessárias duas aulas, sendo abordado na primeira aula a Lente convergente e na segunda aula sobre Lente divergente, ambas com demonstrações para ser possível um melhor entendimento para aluna com deficiência visual.

4.1 Lente convergente

4.1.1. Materiais utilizados

Modelo 3D

- Placa de MDF
- Quatro tubos barra de alumínio
- Placa de isopor
- Cordão rabo de rato
- Furadeira elétrica
- Régua ou trena

Modelo 2D

- Placa de isopor
- Caneta esferográfica
- Dez alfinetes
- Cordão rabo de rato
- Papel sulfite

4.1.2 Aplicação

Depois da explicação sobre lentes convergentes, a forma como a luz se propaga após sua passagem por essa lente, foi apresentado para toda a sala o modelo 3D da lente convergente e em seguida apresentado à aluna com deficiência visual de forma individual para que ela pudesse ter clareza de como é esse tipo de lente e como seus raios se comportam ao passar pela lente convergente.

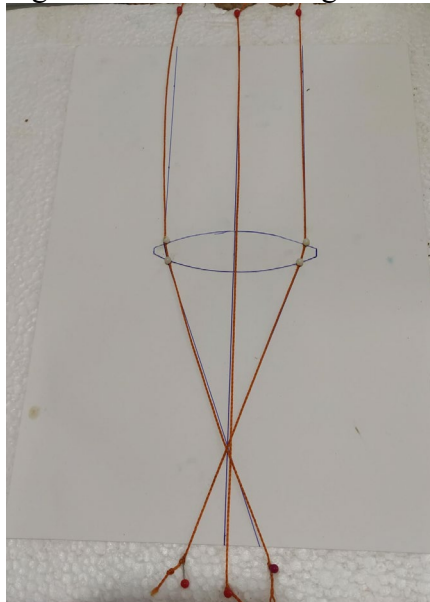
Figura 10 - Lente convergente 3D



Fonte: Elaborado pela autora.

Também foi feita a representação da lente convergente de forma 2D, construída com materiais em alto relevo para uma melhor percepção da aluna com deficiência. Para a representação da lente, é viável a utilização da caneta 3D.

Figura 11 - Lente convergente 2D



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dois modelos diferentes da lente convergente serviram de forma a se completarem e, assim, fortalecer o entendimento dos alunos em geral, em especial da aluna com baixa visão que mostrou compreensão no momento da aplicação do produto.

4.2 Lente divergente

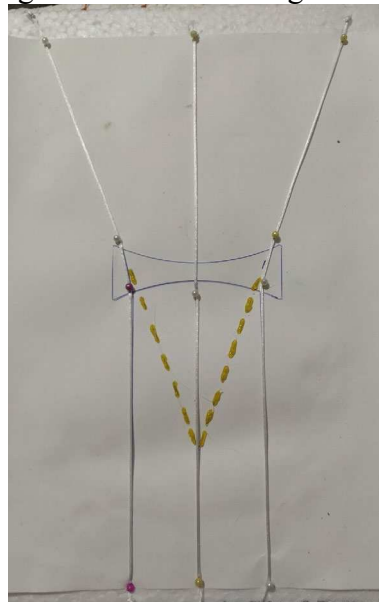
4.2.1 Materiais utilizados

- Placa de isopor
- Cordão rabo de rato
- Papel sulfite
- Caneta 3D
- Caneta esferográfica
- Onze alfinetes

4.2.2 Aplicação

Quando finalizada a explicação sobre lentes divergentes e onde podemos encontrá-las, é aplicado o modelo 2D da lente à aluna com deficiência visual para uma melhor compreensão da mesma.

Figura 12 - Lente divergente 2D



Fonte: Elaborado pela autora.

Diferente da lente convergente, na lente divergente os raios de luz depois de ultrapassados pela lente se espalham de tal modo que seus prolongamentos de raios formam o foco representado no produto sua formação nas linhas tracejadas amarelas.

REFERÊNCIAS

HELERBROCK, Rafael. **Índice de refração**. Brasil Escola. S.d. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/indice-de-refracao.htm>. Acesso em: 05 ago. 2024.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz; GUIMARÃES, Carla. **Física: Contexto e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

NEWTON, V. B; HELOU, D.; GUALTER, J. B. **Tópicos de Física 2 – Óptica, Ondas e Termodinâmica**. São Paulo: Saraiva, 2007.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física 4**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996. v. 4.