

Ensino de Óptica para Pessoas com Deficiências Visuais

Teaching Optics for People with Visual Impairments

Enseñanza de la Óptica para Personas con Discapacidad Visual

Recebido: 27/06/2022 | Revisado: 24/07/2022 | Aceito: 16/08/2022 | Publicado: 18/08/2022

Telma Cordeiro Lopes Esser

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9688-7096>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: telmacordeiroesser@hotmail.com

Roseli Constantino Schwerz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5507-3117>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: rconstantino@utfpr.edu.br

Michel Corci Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7328-2721>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: michel@utfpr.edu.br

Resumo

A legislação brasileira busca garantir a inclusão escolar de crianças com necessidades especiais. No entanto, uma inclusão efetiva necessita que haja modificações dentro do ensino tradicional de forma a permitir o desenvolvimento da autonomia dos alunos nas atividades em sala de aula, a socialização e condições de aprendizagem. Diante disto, este trabalho tem como objetivo propor e avaliar um material destinado ao ensino de óptica a pessoas com deficiência visual. Para tanto, foram construídas maquetes multissensoriais para facilitar o ensino da propagação da luz, incluindo os processos de reflexão, refração e, por fim, a dispersão da luz branca. A aplicação em contexto escolar foi desenvolvida com um aluno com deficiência visual em horário extraclasse. Concluímos que os materiais desenvolvidos foram muito bem recebidos pelo aluno que apresentou facilidade em explorá-los de modo autônomo e que foram de grande importância para a compreensão dos conceitos trabalhados. Sendo um material de baixo custo, de simples confecção e que pode ser utilizado por alunos com ou sem deficiência visual, esperamos que este trabalho possa contribuir para o ensino da óptica de forma a favorecer a inclusão do aluno com deficiência visual no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Inclusão; Deficiência visual; Propagação da luz; Ensino.

Abstract

Brazilian legislation seeks to guarantee the school inclusion of children with special needs. However, effective inclusion requires modifications within traditional education in order to allow the development of students' autonomy in classroom activities, as well as their socialization and enabling learning conditions. Given this, this dissertation aims to develop, apply and evaluate a material for teaching optics to people with visual impairments. Therefore, multisensory models were built to facilitate the teaching of light propagation, including the processes of reflection, refraction and, finally, the dispersion of white light. The application in a school context was developed with a visually impaired student during extra-class hours. We concluded that the developed materials were very well received by the student, who was able to explore them autonomously and that they were of great importance for understanding the concepts worked on. As a low-cost material, simple to manufacture and that can be used by students with or without visual impairment, we hope that this work can be used in the teaching of optics as well as a resource that allows the inclusion of the visually impaired in school.

Keywords: Inclusion; Visual impairment; Propagation of light; Teaching.

Resumen

La legislación brasileña busca garantizar la inclusión escolar de niños con necesidades especiales. Sin embargo, la inclusión efectiva requiere modificaciones dentro de la enseñanza tradicional para permitir el desarrollo de la autonomía de los estudiantes en las actividades del aula, la socialización y las condiciones de aprendizaje. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo presentar y evaluar un material destinado a la enseñanza de la óptica a personas con discapacidad visual. Para ello, se construyeron modelos multisensoriales para facilitar la enseñanza de la propagación de la luz, incluyendo los procesos de reflexión, refracción y, finalmente, la dispersión de la luz blanca. La aplicación en un contexto escolar se desarrolló con un estudiante con discapacidad visual durante las horas extracurriculares. Concluimos que los materiales desarrollados fueron muy bien recibidos por el estudiante quien mostró facilidad para explorarlos de forma autónoma y que fueron de gran importancia para la comprensión de los conceptos trabajados. Al ser un material de bajo costo, simple de fabricar y que puede ser utilizado por estudiantes con o sin discapacidad visual, esperamos que

este trabalho pueda contribuir a la enseñanza de la óptica para favorecer la inclusión de los estudiantes con discapacidad visual en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Palabras clave: Inclusión; Discapacidad visual; Propagación de la luz; Enseñanza.

1. Introdução

No Brasil há diversos dispositivos legais visando garantir a inclusão da pessoa com deficiência na sociedade, como a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Brasil, 2015). Apesar disto, ainda é frequente a exclusão do aluno com deficiência visual no processo de ensino e aprendizagem, assim como é pequeno o número de trabalhos sobre este tema (Andrade, & Schwerz, 2018, Santos, & Faria, 2020, Santos et al., 2021, Silva, & Lopes, 2020).

De acordo com Rodrigues (2003), um dos maiores desafios impostos aos professores é o atendimento das diferentes necessidades educacionais dos alunos. Neste cenário, Camargo (2012, p.15) ressalta que “o professor deveria estar preparado para planejar e conduzir atividades de ensino que atendam as especificidades educacionais dos alunos com e sem deficiência”.

No ensino inclusivo, Mantoan (2004) enfatiza que existem diferenças e igualdades e que ambas devem ser consideradas com muito cuidado. “Nem tudo deve ser igual e nem tudo deve ser diferente, [...] é preciso que tenhamos direito de ser diferentes quando a igualdade nos descaracteriza e o direito de sermos iguais quando a diferença nos inferioriza” (Mantoan, 2004, p. 7).

Segundo Camargo (2012), é necessário que haja um planejamento das atividades de modo a atender às especificidades de todos os alunos em sala de aula para que realmente seja possível a inclusão. Neste sentido, a utilização de materiais que possam ser utilizados por alunos com ou sem deficiências permite que todos tenham a possibilidade de participar juntos das atividades, favorecendo a troca de experiências, discussões e, deste modo, a efetiva inclusão. Diante desta necessidade, podemos nos utilizar do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). Caso haja a necessidade de adaptação de um material para permitir a utilização por alunos com deficiência visual, por exemplo, “na perspectiva do DUA, o mesmo material pode ser utilizado por todos da sala de aula” (Zerbato & Mendes, 2018, p.150).

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Brasil, 1996), a educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores. Diante disto, temos como objetivo em nosso trabalho desenvolver e avaliar um material destinado ao ensino da propagação da luz (reflexão, refração e dispersão da luz) para alunos com deficiência visual. Além dos materiais físicos, propomos uma metodologia para utilização em sala de aula, priorizando a participação de todos os alunos.

2. O Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual

De acordo com o Decreto 5.296, são consideradas pessoas com deficiência visual duas categorias de pessoas: as cegas e as que possuem baixa visão (Brasil, 2004). A cegueira consiste na falta total de visão por parte dos indivíduos, já a baixa visão está relacionada a uma visão parcial. Neste contexto, Camargo (2016, pp. 27-28) diz que “o ensino de Física para alunos com deficiência visual nos impôs uma questão: quais devem ser as características das atividades de ensino de Física comuns a todos os discentes e as de um determinado aluno específico”. Neste sentido, temos que:

As pessoas com deficiência visual, devido à inexistência de facilitadores que possibilitem sua interação com o meio onde estão inseridas e as barreiras encontradas no processo de escolarização, deparam-se com grandes dificuldades de acesso às informações. Esses entraves, muitas vezes, impedem as pessoas com deficiência visual de unir suas experiências cotidianas com o saber apreendido em sala de aula, resultando na formação de conceitos totalmente desvinculados da realidade (Custódio, Nogueira, & Chaves, 2011, p. 580).

Nessa perspectiva de inclusão, temos que o ensino de Física para pessoas com deficiência visual ainda se encontra no âmbito da pesquisa, ocorrendo de forma rara e limitando-se muito a atividades elaboradas por pesquisadores para o contexto da sala de aula (Souza & Palma, 2017).

Camargo (2016) considera a necessidade de se buscar metodologias que atendam às diferentes necessidades dos alunos, sempre levando-se em consideração os princípios da inclusão. Para isso, apresenta para a comunidade acadêmica o referencial da multissensorialidade desenvolvido em 1999 por Soler. Este por sua vez inicia seu trabalho questionando o fato do ensino de Ciências Naturais possuir um enfoque apenas em elementos visuais. Para Soler (1999) os encaminhamentos metodológicos utilizados nas disciplinas de Física, Química e Biologia possuem forte apelo visual, não explorando os demais sentidos do corpo, podendo ocasionar na exclusão de um aluno com uma necessidade educacional especial, como por exemplo a deficiência visual.

Camargo (2016) propõe que métodos especiais, técnicas, demonstrações táteis devem ser utilizadas para ensinar os princípios da Física para alunos que possuem deficiência visual, ou seja, explorar nas atividades outros sentidos que não a visão para permitir a observação do aluno. Souza e Palma (2017), vão além, e afirmam ser necessária a adaptação do livro didático de Física para o braile.

Nessa perspectiva, quando se faz adaptação do livro didático e o uso de materiais adaptados especificamente para pessoas com deficiência, influencia e otimiza o mesmo, oportunizando aos alunos o desenvolvimento de suas habilidades na disciplina de Física. Assim os alunos que possuem deficiência visual podem estudar disciplinas como a Física, se houver assistência individual e, se o material disponível estiver adaptado para o ensino (Camargo *et al.*, 2008).

Um encaminhamento que vem apresentando resultados positivos no ensino de Física para pessoas com deficiência visual de acordo com Silva (2013), Camargo (2016) e Martins (2017) é a utilização de maquetes táteis. A partir delas podemos representar uma situação ou um conceito em relevo, de modo que o aluno com deficiência visual consiga observar a situação através do tato. Segundo Martins (2017) uma maquete tátil pode ser confeccionada de várias formas, desde as mais simples, com materiais de baixo custo, até as mais tecnológicas, produzidas em impressoras 3D. Estas opções podem se constituir ferramentas importantes para a promoção do ensino de forma tátil para os alunos com deficiência visual, mas que devem ser acompanhados por material curricular que incorpore seu uso. Esses modelos se constituem em exemplos de ensino baseado em um planejamento de aula que seja acessível (Sanches *et al.*, 2017).

Entendemos que a utilização de maquetes táteis no ensino de Física constitui-se numa importante ferramenta de ensino e aprendizagem, pois de acordo com Silva (2013), a utilização adequada das maquetes pode promover um ambiente de aprendizagem diferente, estabelecendo comunicações adequadas e a utilização de bases sensoriais que ilustrem os fenômenos físicos, corroborando assim para o sucesso do ensino de Física para alunos com deficiência visual.

3. A Luz

No passado acreditava-se que a luz era emitida por feixes de partículas ou corpúsculos. Por volta de 1665 os cientistas começaram a encontrar as primeiras evidências de que a luz se comportava como uma onda (Forato, 2009). O modelo ondulatório é o mais adequado para explicar a propagação da luz. Entretanto, somente essa característica não explicava os outros efeitos relacionados à emissão e à absorção de luz. Para isto, foi necessário considerar também a natureza corpuscular, na qual a energia transportada pela onda luminosa é contida em pacotes de energia (era fótons ou quanta).

As ondas transversais podem ser classificadas em ondas mecânicas e eletromagnéticas. As ondas mecânicas precisam de um meio (ar, água, corda etc.) para se propagar. Já as ondas eletromagnéticas, como a luz, não necessitam de um meio. Ou seja, propagam-se também no vácuo (como a luz, um tipo de eletromagnética).

Ondas eletromagnéticas podem ser produzidas por cargas elétricas aceleradas que emitem uma radiação em diversos comprimentos de ondas. Independentemente do tipo de fonte, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo na mesma velocidade c ($c = 299.792,458$ km/s). A luz visível é apenas uma pequena parte deste espectro, da mesma forma que as ondas de rádio e TV, raio-x, infravermelho e micro-ondas (Young, Freedman, Sears & Zemansky, 2016). Para cada cor temos uma frequência específica (ou comprimento de onda) e a luz branca é quando essas cores chegam juntas aos nossos olhos.

A luz visível é a única e pequena parte do espectro eletromagnético que os humanos podem enxergar a olho nu e varia de aproximadamente 380 nm a 740 nm. Essa parte do espectro é constituída por uma gama de cores diferentes que representam um comprimento de onda específico (Quadro 1).

Quadro 1: Comprimento de onda das cores do espectro visível.

	Violeta	Azul	Ciano	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
λ (nm)	380 – 440	440 – 485	485 – 500	500 – 565	565 – 590	590 – 625	625 – 740

A luz ao se propagar, pode incidir sobre diferentes objetos/materiais que podem ser opacos ou transparentes. Nesta incidência, a luz pode passar por fenômenos ópticos, como reflexão e refração, como veremos a seguir.

3.1 Reflexão e Refração da luz

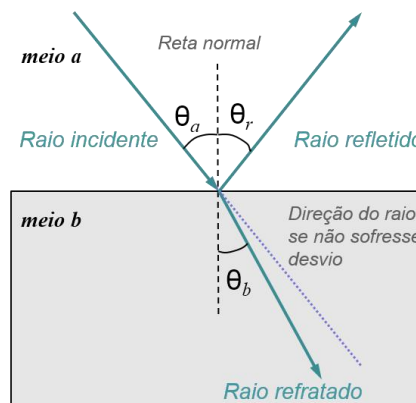
A luz pode viajar em distintas velocidades em diferentes materiais. A partir disto, temos a definição do índice de refração n para um determinado material dado pela Equação 1, onde c é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade da luz do material:

$$n = c/v \quad \text{Equação 1}$$

Como a luz sempre se propaga mais lentamente nos meios materiais que no vácuo, o valor de n nesses meios sempre será maior que 1 ($v < c$), enquanto no vácuo é 1 ($v = c$). No ar é 1,0003, mas utilizamos $n_{ar} = 1$ para simplificar os cálculos.

Considere a Figura 1 na qual um raio se propaga inicialmente no meio a e incide sobre a interface do segundo meio (meio b). Temos o raio incidente (ângulo θ_a com a reta normal à interface), o raio refratado no meio b (ângulo θ_b com a reta normal) e o raio refletido (ângulo θ_r com a reta normal).

Figura 1: Fenômenos de reflexão e refração. Os ângulos formados entre a normal da superfície e os raios incidente, refletido e refratado são θ_a , θ_r e θ_b , respectivamente.



Fonte: Autores (2022).

Por meio de análises experimentais sobre os processos de reflexão e refração, pode-se resumir as características destes fenômenos em três pontos importantes, denominados como “leis da reflexão e da refração” (Young et al., 2016):

1. Os raios incidente, refletido e refratado e a reta normal à superfície de incidência estão sobre um mesmo plano.
2. O ângulo de reflexão θ_r é igual ao ângulo de incidência θ_a para quaisquer comprimentos de onda e materiais ($\theta_r = \theta_a$).

3. Para a luz monocromática, a razão entre o seno dos ângulos de incidência e refração, θ_a e θ_b , medidos a partir da normal à superfície, é igual ao inverso da razão entre os dois índices de refração. Considerando n_a e n_b os índices de refração dos meios 1 e 2, respectivamente, temos a Equação 2.

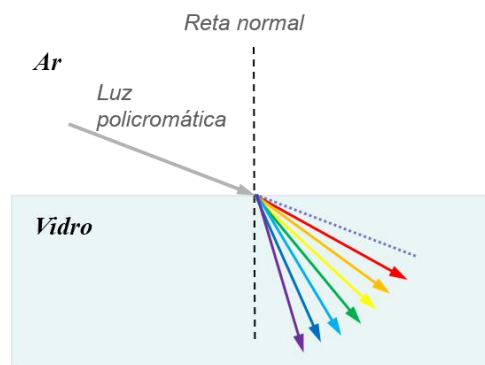
$$n_a \cdot \text{sen}\theta_r = n_b \cdot \text{sen}\theta_b \quad \text{Equação 2}$$

Essas equações mostram que quando um raio passa de um material a para o outro b com um índice de refração maior, o raio irá se desviar aproximando-se da normal, enquanto um raio que passa de um material a para outro b com um índice de refração menor irá se desviar afastando-se da normal. E, por fim, quando um raio passa com a mesma orientação da normal ele não irá sofrer desvio independentemente dos materiais.

Existem algumas situações nas quais mesmo que o segundo material seja transparente a luz é totalmente refletida. Ou seja, ocorre a reflexão total. O ângulo máximo para qual ainda ocorre a refração da luz é denominado de ângulo crítico (θ_{crit}), e ele assume diferentes valores para diferentes interfaces. Se o raio incidente forma um ângulo com a normal igual ao ângulo crítico ($\theta_a = \theta_{crit}$), o raio é refratado de forma tangencial à superfície ($\theta_b = 90^\circ$). Para valores acima de θ_{crit} , o raio incidente é completamente refletido.

Relacionado à refração da luz, temos o fenômeno de dispersão. Podemos em nosso cotidiano observar este acontecimento quando há a formação do arco-íris. Na dispersão, a luz policromática ao incidir sobre um meio transparente é decomposta em diferentes cores (com diferentes frequências f ou comprimentos de onda λ), como representamos na Figura 2.

Figura 2: Representação da dispersão da luz policromática ao incidir sobre um meio transparente.



Fonte: Autores (2022).

A velocidade v com que a luz de uma determinada cor se desloca em um determinado meio depende do comprimento de onda desta luz e, além disso, λ varia quando passa de um meio para o outro. Temos a relação $v = \lambda f$. Como f é constante, independente do meio, se a velocidade inicial da luz diminuir ao se deslocar no meio 2, com maior índice de refração, o comprimento de onda também será menor.

Consideramos λ_0 o comprimento de onda da luz no vácuo e λ o comprimento de onda da mesma luz em um outro meio com índice de refração n . Utilizando a relação entre frequência e comprimento de onda ($f = c/\lambda = c/\lambda_0$) e a Equação 2, temos a seguinte relação (Equação 3):

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \quad \text{Equação 3}$$

É importante lembrar que ao sofrer o processo de dispersão, as cores surgem de modo contínuo do vermelho ao violeta. Há infinitas cores de infinitos comprimentos de onda, pois cada cor pode ter diversas tonalidades. No entanto, como forma de demonstração, escolhemos estas sete cores para representar o espectro da luz visível.

4. Metodologia

No presente trabalho foram desenvolvidos materiais físicos e instrucionais a serem utilizados no ensino de reflexão, refração e dispersão da luz. Para possibilitar a utilização destes materiais por pessoas com ou sem deficiência visual, buscamos construir materiais multissensoriais, concordando com Camargo (2016):

Segundo a didática multissensorial, o tato, a audição, a visão, o paladar e o olfato podem atuar como canais de entrada de informações importantes. Nessa perspectiva, a observação deixa de ser um elemento estritamente visual. Observar requer a captação do maior número de informações por meio de todos os sentidos que um indivíduo possa pôr em funcionamento (Camargo, 2016, p. 31).

Desta forma, priorizamos o desenvolvimento de maquetes táteis utilizando materiais de baixo custo, como papel, E.V.A, lixa de diferentes granulações, fios, esferas e madeira. Buscamos reproduzir as imagens clássicas utilizadas nos livros didáticos em alto relevo.

Em nosso trabalho também levamos em consideração o conceito do DUA, “que se trata de um conjunto de perspectivas, materiais, estratégias e técnicas flexíveis que, buscam amplificar a aprendizagem de alunos com ou sem deficiência” (Barcelos, Machado & Martins, 2021). Desta forma, o planejamento das atividades deve ser realizado de modo a permitir o acesso ao conhecimento por meio de todos os alunos, considerando as especificidades individuais (Zerbato & Mendes, 2021).

Ao elaborar materiais para o aprendizado de conteúdos curriculares tendo em vista os estudantes público-alvo da Educação Especial, por exemplo, tal recurso normalmente é pensado como de uso exclusivo de um estudante específico. Na perspectiva do DUA, a proposta é a construção de práticas universais, disponibilizando o mesmo material para todos os alunos, como forma de contribuir para o aprendizado de outros estudantes (Zerbato & Mendes, 2021, p.4).

Nesta perspectiva, os recursos foram desenvolvidos visando a usabilidade para alunos com deficiência visual. No entanto, a informação visual se mantém nestes materiais e por isso podem ser utilizados também pelos demais estudantes.

Após o desenvolvimento do recurso didático, objetivamos analisar o seu potencial para alunos com deficiência visual. Para isto, nos alicerçamos nos pressupostos da pesquisa qualitativa, do tipo descritiva, visto que a partir do uso de técnicas padronizadas de constituição dos dados como observação sistemática, recolha dos documentos produzidos e gravação das ações de pesquisa, visa descrever as características de determinada situação ou fenômeno (Batista & Gomes, 2021).

O estudo de caso para avaliação do material desenvolvido ocorreu a partir da implementação do mesmo com um aluno com baixa visão (que possui apenas 5% de visão) do 9º ano de uma escola pública do interior do Paraná, em horário contra turno. É importante frisar que o aluno nunca havia estudado sobre ótica geométrica e seu conhecimento sobre o tema era praticamente inexistente. Apenas alguns conhecimentos de senso comum, como será discutido no próximo tópico.

Para a análise e interpretação dos dados utilizamos também a abordagem qualitativa, em que o ponto principal implica em dar ênfase nas qualidades sobre o objeto de estudo. Como destaca Richardson (1999) o objetivo está no aprofundamento da compreensão de um fenômeno social com base nos instrumentos de coleta de dados e não no tamanho da amostra (Nesi, & Batista, 2018). A investigação de natureza qualitativa defende uma interpretação holística dos fenômenos, e não uma compreensão somente a partir dos aspectos quantitativos, priorizando o modo como acontece dada situação em determinado contexto. Tem como característica principal o envolvimento do pesquisador, como um observador, em forma de intervenção, pois ele interage com os sujeitos da pesquisa, utilizando procedimentos teórico-metodológicos para compreender como eles

organizam e atribuem sentido a fatos socialmente construídos, porém mantendo a consciência de que há uma distância entre a interpretação desses dados e a realidade (Marconi & Lakatos, 2017).

A seguir, serão apresentados os materiais desenvolvidos e propostos neste trabalho, as formas de construção, a proposta de utilização e, por fim, as percepções da utilização dele pelo aluno com deficiência visual.

4.1 Proposta didática

A organização das atividades propostas e o desenvolvimento das aulas são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Proposta didática.

Momento	Tema	Atividades
Momento 1	Raios luminosos e introdução à reflexão e refração	<ul style="list-style-type: none">• Questão inicial: O que é luz?• Introdução aos fenômenos de reflexão e refração.• Maquete 1 – Raios refletidos e refratados• Propagação e sentido dos raios luminosos refletidos.• Exploração da Maquete 2 – Reflexão da luz
Momento 2	Teoria e aplicação da refração	<ul style="list-style-type: none">• Exploração das maquetes de refração número 3 (ar - água), 4 (ar - vidro) e 5 (ar - diamante).• Questão: semelhanças e diferenças entre as maquetes• Abordagem teórica das Leis da reflexão e refração
Momento 3	Dispersão da luz	<ul style="list-style-type: none">• Questão: O que é o arco-íris• Decomposição da luz branca• Exploração da Maquete 6 – dispersão da luz• Abordagem teórica da Dispersão da luz.

Fonte: Autores (2022).

Antes de falarmos sobre a natureza da luz, como onda eletromagnética, optamos por iniciar a proposta didática trabalhando os conceitos de onda. É sabido que as ondas eletromagnéticas são tridimensionais e transversais. No entanto, sendo nosso foco trabalhar o conceito de comprimento de onda e frequência da luz, necessários para entendimento dos fenômenos estudados posteriormente, optamos por abordar de modo prático apenas a onda transversal bidimensional. Sabemos que para uma abordagem mais completa das ondas eletromagnéticas seria necessário trabalhar vários outros conceitos, no entanto, para este recorte escolhido, não foi realizado.

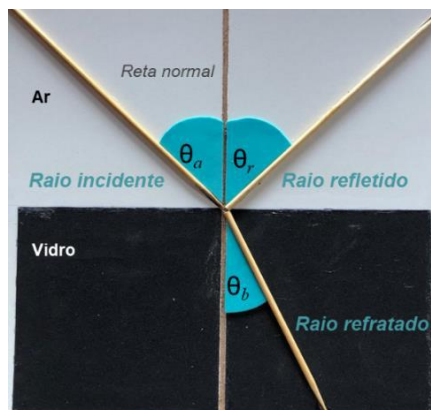
Momento 1

Para iniciar, propomos que o professor discuta em sala de aula situações cotidianas que os alunos videntes possivelmente já vivenciaram envolvendo alguns fenômenos da luz. Como, por exemplo, o que ocorre em janelas e vitrines de vidro. Muitas vezes, ao olharmos pelo lado de fora, conseguimos enxergar tudo o que está do lado oposto do vidro facilmente. No entanto, em outros momentos, podemos visualizar com mais facilidade a nossa imagem refletida no vidro enquanto a visão do lado interno se mostra menos nítida que antes. Essas situações envolvem os processos de reflexão e refração da luz.

Para representar estas definições, tradicionalmente os professores recorrem às imagens apresentadas nos livros didáticos ou às reproduzem em quadro negro. No entanto, quando há um aluno com deficiência visual em sala de aula, precisamos abandonar a exposição tradicional e buscar meios de demonstrar estas relações utilizando-se de outros sentidos, como, por exemplo, o tato.

Buscando contornar este obstáculo, propomos a construção do aparato exibido na Figura 3, que denominamos de Maquete 1.

Figura 3: Maquete 1 construída utilizando materiais de alto relevo para representar os fenômenos de reflexão e refração. Os ângulos formados entre a normal da superfície e os raios incidente, refletido e refratado são θ_a , θ_r e θ_b , respectivamente.



Fonte: Autores (2022).

O professor pode utilizar a Maquete 1 sem nenhum prejuízo aos alunos sem deficiências visuais. Ela mantém as informações de modo visual, possibilitando a inclusão de alunos com deficiência visual.

Quando o professor utiliza este material com um aluno com deficiência visual, ele pode explicar os conceitos da mesma forma que ocorreria explorando um material puramente visual. No entanto, neste caso, é importante apresentar cada elemento da figura e seus significados.

- *Diferentes meios com diferentes índices de refração (n):* visualmente as duas cores podem representar os dois meios de propagação (meio 1 – branco e meio 2 - preto). No entanto, neste caso, utilizamos materiais de diferentes asperezas. O material mais liso representa um meio com índice de refração menor, mais próximo de $n = 1$, como o ar. O material mais áspero representa o meio 2, com maior índice de refração, como o vidro. Desta forma, podemos utilizar qualquer material liso para representar o ar, como a própria base da maquete (que neste caso foi uma placa de MDF) ou uma folha de papel, e um material mais áspero, como uma folha de lixa, para representar o vidro.
- *Direção e sentido do raio de luz:* Os palitos de madeira trazem duas informações – direção e sentido. O sentido é representado por sua extremidade mais obtusa.
- *Reta normal à superfície:* Poderíamos utilizar materiais como barbante, linha ou arame. Eles se diferenciam de forma tátil dos palitos utilizados nas representações dos raios. No entanto, ao invés de usar mais um relevo sobre a placa, escolhemos neste caso fazer um recorte (ranhura).
- *Ângulos entre os raios de luz e a normal:* utilizamos um recorte de E.V.A e colamos sobre as duas superfícies. Desta forma, quando os ângulos possuem significantes variações, isso pode ser notado pelas dimensões distintas dos arcos de circunferência de E.V.A. utilizados.

É importante explicitar aos alunos que os distintos índices de refração na maquete são evidenciados pelas diferentes texturas dos dois meios. No entanto, isto é uma representação apenas, assim como os demais materiais utilizados na maquete.

Para continuarmos a explorar o índice de refração, o professor pode junto com os alunos calcular o valor desta constante em diferentes materiais, como nos dados exibidos no Quadro 3, a partir da velocidade da luz nestes meios.

Quadro 3: Velocidade da luz (aproximada) em materiais e o índice de refração correspondente.

Material	v (10^3 km/s)	n
Água	225.000	1,33
Glicerina	204.000	1,47
Vidro	200.000	1,50
Diamante	124.000	2,42

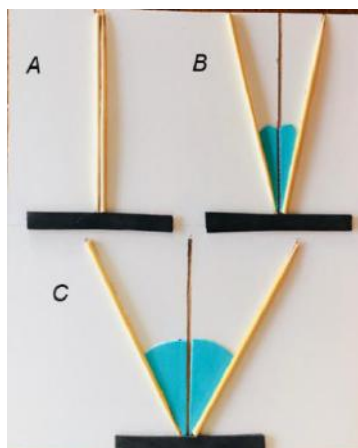
Fonte: Adaptado de Máximo e Alvarenga (2011).

Ao finalizar esta seção, o professor teria apresentado as definições básicas de reflexão e refração da luz, assim como explorado o significado do índice de refração. Desta forma, nas próximas duas seções, abordaremos estes dois fenômenos de modo individual mais detalhadamente.

Considerando que a interface é a superfície que separa os dois meios, a primeira lei nos diz que os raios estão em um plano perpendicular ao plano da interface. Se, por exemplo, os raios luminosos estão no plano xy , a interface pode estar no plano xz .

A segunda lei nos traz uma informação sobre a direção e sentido dos raios luminosos. No processo de reflexão, quando um raio de luz é refletido ele incide sobre a interface e retorna, continuando a se propagar no meio 1, mudando o sentido e com a mesma inclinação em relação à normal. Para este tema, propomos a utilização da Maquete 2, mostrada na Figura 4.

Figura 4: Representação da reflexão da luz com três ângulos de incidência distintos (A, B e C). O meio 1 é área na cor branca e o meio 2 a área na cor preta.



Fonte: Autores (2022).

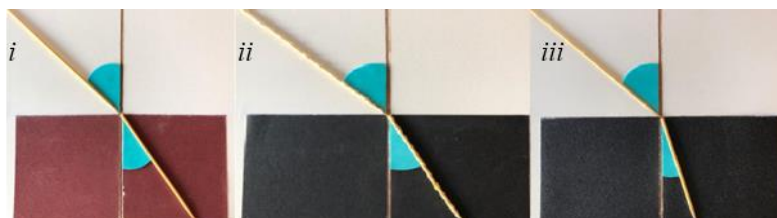
Na Figura 4 temos a representação da luz com três ângulos de incidência distintos na qual $\theta_A < \theta_B < \theta_C$. A proposta é permitir aos alunos analisarem o material e questioná-los sobre suas observações quanto ao comportamento dos raios de luz em processos de reflexão representados na maquete. O objetivo é que eles consigam identificar que quanto maior o ângulo de incidência maior o ângulo de reflexão. Além disso, almejamos que identifiquem que os ângulos são idênticos ($\theta_r = \theta_a$).

A partir da discussão utilizando a Maquete 2, a segunda lei da reflexão pode ser formalizada e apresentada aos alunos pelo professor, finalizando o Momento 1.

Momento 2

O Momento 2 trabalha mais detalhadamente o fenômeno de refração da luz com as maquetes 3, 4 e 5, mostradas na Figura 5.

Figura 5: A relação dos desvios da luz (refração) com o índice de refração dos meios. Representação das interfaces ar-água (i), ar-vidro (ii) e ar-diamante (iii), respectivamente.



Fonte: Autores (2022).

Considere a interface entre dois meios com valores de índice de refração n_a e n_b . Pela terceira lei da reflexão e refração, temos que a relação entre n_a e n_b determinará o quanto o raio de luz incidente desviará sua direção original após ser refratado. Quanto mais distintos n_a e n_b , maior será o desvio (se aproximando ou se distanciando ainda mais da normal). Para esta discussão, a nossa proposta é a utilização das maquetes exibidas na Figura 5.

Para representação em maquetes, consideramos o meio 1 como sendo o ar (branco). Para o meio 2 escolhemos representar a água (i), o vidro (ii) e o diamante (iii). Como visto no Quadro 3, os índices de refração destes três materiais são bem distintos ($n_i < n_{ii} < n_{iii}$). Se considerarmos $\theta_a = 45^\circ$, pela Equação 2 o ângulo de refração θ_b para estes casos são decrescentes, nos quais $\theta_{b(i)} = 0,53^\circ$, $\theta_{b(ii)} = 0,47^\circ$ e $\theta_{b(iii)} = 0,29^\circ$.

Nestas maquetes continuamos a fazer a analogia da aspereza da superfície com o índice de refração do material que ela representa. Portanto, é importante utilizar lixas de diferentes granulações. Quanto maior o índice de refração representado, maior a granulação da lixa utilizada.

Indicamos que a teoria não deva ser apresentada aos alunos antecipadamente. Sugerimos que os alunos possam analisar previamente as maquetes. É importante o professor apresentar quais materiais estão representados em cada caso e indicar seus respectivos índices de refração. Pode-se iniciar uma discussão ao questioná-los quais as diferenças entre os casos, quais sofrem maior desvio (menor ângulo θ_b). Esperamos que eles notem a relação entre θ_b e n_b . Quanto maior o valor de n do meio b, maior o desvio do raio de luz em relação à direção original. Ou seja, menor θ_b . Após esta discussão, o professor pode apresentar aos alunos a relação matemática que rege o comportamento que observaram (Equação 2) e calcular os valores de θ_b para as três situações.

Nos três casos representados na Figura 3, o índice de refração do segundo meio é sempre maior que o do primeiro meio. Desta forma, sempre $\theta_b < \theta_a$. No entanto, é importante lembrar que podemos ter situações nas quais n é maior no primeiro meio. Um exemplo seria o raio incidente se propagando no vidro e refratando no ar (invertendo os meios).

Momento 3

Por fim, após abordarmos os conceitos de reflexão e refração da luz, chegamos à nossa última atividade: explorar a dispersão da luz.

Um instrumento conhecido e muito utilizado nas aulas tradicionais de Física para estudo da dispersão da luz é o prisma. No entanto, buscando transpor o fenômeno de forma alternativa, dando ênfase a utilização do tato, propomos a utilização da maquete 6, exposta na Figura 6.

Figura 6: Maquete 6 representando a dispersão da luz branca após atravessar um prisma.



Fonte: Autores (2022).

Para esta maquete, construída sobre um quadro em MDF (45 x 60 cm), são utilizados nas representações: “prisma” em madeira (triângulo equilátero de 15cm de lados), fios coloridos de distintas espessuras e esferas de diferentes tamanhos.

A luz incidente (branca) é representada por um fio espesso e branco. Do outro lado do prisma, há sete fios com as respectivas cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul claro, azul escuro e violeta. Esta é a mesma ordem das cores que veríamos em uma dispersão de luz real.

Almejando transpor informações de modo tátil, utilizamos os espaçamentos das esferas como forma de representar o comprimento de onda λ característico de cada cor. A cor vermelha tem o maior comprimento de onda (700 nm em média) e a cor violeta possui o menor comprimento de onda (400 nm em média). Por isto, vemos as esferas do fio vermelho mais distantes entre elas do que nos demais fios. As distâncias diminuíram proporcionalmente até a representação da luz violeta. O comprimento de onda λ e a frequência f são inversamente proporcionais. Desta forma, a luz violeta tem a maior frequência no espectro visível e a cor vermelha a menor.

Além de trabalhar estes aspectos da luz por meio da óptica geométrica e ondulatória, é possível apresentar alguns conceitos relacionados à natureza corpuscular da luz. A luz é uma onda eletromagnética que transporta energia, sendo que sua frequência é determinada pelo número de oscilações por segundo dos campos elétricos e magnéticos que a compõe. No entanto, em 1900, Max Planck, ao analisar a radiação de corpo negro, identificou que a matéria emitia e absorvia determinados valores de energia, valores discretos. A teoria clássica não explicava tal observação. Posteriormente, em 1905, Albert Einstein, diante do estudo do efeito fotoelétrico, postulou que o feixe de luz era constituído de fótons (quanta), pequenos pacotes de energia. Para ondas eletromagnéticas viajando no vácuo, esta energia seria definida por $E = hf$, sendo h denominado de constante de Planck e f a frequência da onda (Young, Freedman, Sears & Zemansky, 2016).

Desta forma, analisando o espectro de luz visível, temos que a luz ultravioleta é a mais energética e a luz vermelha a menos energética. Para representar esta informação, para cada cor foram utilizadas esferas de distintos tamanhos de ordem crescente do vermelho ao violeta.

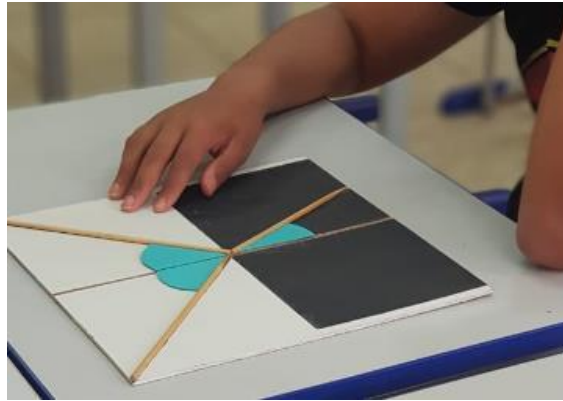
A dispersão da luz pode ser compreendida utilizando-se apenas da teoria clássica da composição da luz sem a necessidade desta abordagem corpuscular. No entanto, esta informação na maquete é uma sugestão de como podemos representar esta informação de modo tátil.

A seguir, são apresentados os resultados, e discussão, da aplicação dos materiais desenvolvidos em um estudo de caso com o aluno com baixa visão.

5. Resultados e Discussões

Após uma conversa inicial com o aluno com deficiência visual sobre a luz e algumas de suas características, iniciamos a utilização das maquetes para que ele pudesse explorá-las. Inicialmente comentamos sobre as representações dos feixes de luz e seus sentidos de propagação (extremidade mais fina), os ângulos em relação a uma reta normal, como mostrado na Figura 7.

Figura 7: Aluno manipulando a Maquete 1 que exemplifica a refração e a reflexão da luz ao incidir sobre a interface entre dois meios.

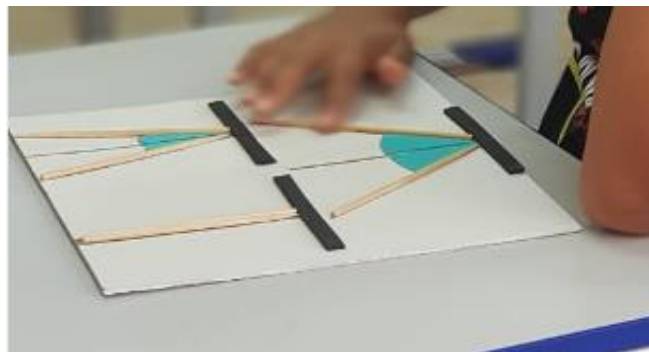


Fonte: Autores (2022).

Ao aluno, enquanto manuseava a Maquete 1, em conversa com o professor, foi apresentado os dois fenômenos sofridos pela luz ao incidir sobre interface entre dois meios: reflexão, quando o feixe de luz retornava para o mesmo meio (superfície lisa), e refração, quando o feixe continua sua propagação no segundo meio (superfície áspera). Além do mais, observou as diferenças entre os ângulos (arcos de E.V.A) entre os feixes e a normal.

Posteriormente, a Maquete 2 também foi disponibilizada para o aluno, como mostra a Figura 8. Apenas os efeitos de reflexão foram retratados nesta maquete.

Figura 8: Aluno manuseando a Maquete 3 com representações de reflexão luz em três ângulos de incidência distintos. A ponta do palito de madeira indica a direção de propagação do feixe luminoso antes e depois de incidir sobre a interface (E.V.A.).



Fonte: Autores (2022).

O professor comentou que se tratava de três representações da reflexão da luz ao incidir sobre o segundo meio. Após um tempo de exploração do material, foi questionado quais eram suas percepções sobre este fenômeno por meio das maquetes disponibilizadas. As três afirmações a seguir foram expressas por ele:

- A 1ª: “Toda luz que bate em um espelho plano volta na mesma direção”, referente ao primeiro caso, com incidência perpendicular à superfície reflexiva.

- A 2ª: o ângulo de reflexão aumenta sempre”, comparando principalmente o segundo e o terceiro caso, que possuem ângulos de incidência distintos.
- A 3ª: “O tamanho dos ângulos de reflexão e o ângulo de incidência são os mesmos.”

Por meio deste relato, nota-se que o aluno conseguiu identificar as principais características relacionadas ao efeito de reflexão da luz e foi a partir destas primeiras conclusões do aluno que o professor iniciou a apresentação da teoria relacionada ao assunto. As maquetes desta forma puderam ser utilizadas de modo investigativo a fim de permitir ao aluno fazer suas inferências iniciais e desta forma participar ativamente do processo.

Para aprofundarmos os conceitos relativos à refração, disponibilizamos ao aluno as maquetes 3, 4 e 5 que representam apenas o efeito de refração (sem reflexão) entre diferentes interfaces. Neste momento, o professor indicou os feixes incidentes, os feixes refratados, a reta normal e a analogia da aspereza com índice de refração, dizendo qual representa o ar, a água, o vidro e o diamante.

Nesse contexto, nos reportamos a Vygotsky quando o mesmo aborda sobre a importância da mediação do professor e as interações que podem ocorrer no desenvolvimento das atividades. Na perspectiva de Vygotsky a mediação ocorre por intermédio do professor que se constitui num elo entre o conhecimento e o aluno. Dessa forma na percepção Vygotskyana, a criança além de apresentar-se ativa, é sobretudo interativa (Vygotsky, 2007). Mais uma vez durante a aplicação, buscamos desenvolver as atividades de acordo com esta perspectiva.

Sobre suas percepções o aluno relatou:

Eu aprendi que a refração acontece quando a luz bate em algum material que é denso (índice de refração) e ela não continua, ela desvia.

Quando a luz desvia, o ângulo de incidência que está no ar continua do mesmo jeito e o ângulo de refração diminui, assim como a velocidade. Quanto maior o índice de refração, menor é o ângulo de refração e a velocidade em que a luz atravessa.

Pelas observações, há indicações que o aluno conseguiu identificar por meio das maquetes, discussão, exemplos e questionamentos a principal relação definida pela lei de Snell, ao mencionar, por exemplo, que “quanto maior o índice de refração, menor o ângulo de refração”.

Após as observações do aluno, o professor retomou o tema e explicou em pormenores a Lei de Snell e como ela estava relacionada com as percepções que ele relatou, buscando, assim, correlacionar, em sua mente, a teoria com a prática por ele percebidas com as maquetes.

Por fim, no Momento 3, foi trabalhado o fenômeno de dispersão da luz, com a Maquete 6 (Figura 9).

Figura 9: Aluno manipulando a Maquete 6 que exemplifica a dispersão da luz branca ao passar por um prisma.



Fonte: Autores (2022).

Questionamos o aluno se ele já havia observado (ou já ouviu falar sobre) o arco-íris e como ele se forma. O aluno respondeu que não conhecia o caso. Portanto, explicamos esse fenômeno que é um efeito visual combinado de três fatores, dois já estudados (refração e reflexão) e um terceiro: a dispersão.

Em seguida, foi apresentada a Maquete 6, que exemplifica, por meio de figuras em 3D representando as ondas e miçangas o seu comprimento, a dispersão experimentada pela luz branca ao atravessar um prisma. Valendo-se de percepções sensoriais (tato), o aluno pode perceber o que ocorre com a luz branca quando ela passa por um prisma, se decompondo. O aluno pode relacionar as distâncias e o número de miçangas com o comprimento de onda dos feixes monocromáticos dispersos pelo prisma.

Após apresentarmos o efeito da dispersão da luz e o aluno manusear a maquete, pedimos ao aluno que explicasse com suas palavras o que havia compreendido sobre o fenômeno analisado, como é exposto a seguir.

A dispersão da luz acontece tanto em vidro como em água (eu acho), é igual na gota de água e o arco-íris. Quando uma gota de água está caindo, a luz do sol bate na gota e lá acontece os três fenômenos importantes.

- * Reflexão
- * Refração
- * Dispersão

Para efeitos de análise, questionamos o aluno sobre quais seriam as cinco palavras que viriam a sua mente quando mencionada a palavra “luz”. Esta mesma questão também havia sido realizada no início, antes de toda a aplicação. Para efeito de comparação, as colocamos no Quadro 4, seguindo a ordem na qual foram mencionadas.

Quadro 4: As cinco palavras que o aluno relatou surgirem em sua mente quando mencionada a palavra “luz” antes e depois do estudo da luz.

Ordem	Antes	Depois
1	Sol	Reflexão
2	Clareza	Refração
3	Calor	Dispersão
4	Brilho	Raios
5	Temperatura	Sol

Fonte: Autores (2022).

Observamos que as relações que o aluno faz com a palavra “luz” antes da aplicação são todas relacionadas a suas vivências diárias, como “clareza” e “aquecimento”. No entanto, ao ver a lista das palavras mencionadas por ele após nosso trabalho, notamos que novas palavras surgem. Não mais as relacionadas ao cotidiano, com exceção do Sol (que saiu da primeira e foi à quinta posição), mas palavras relacionadas ao conhecimento científico trabalhando nesta sequência didática.

Segundo Silva e Moreira (2010), essa mudança do conhecimento cotidiano para o conhecimento científico ocorre a partir do momento que se vislumbra a escola como um espaço epistemológico do saber escolar. Na verdade, conforme os autores, o conhecimento cotidiano não deve ser dispensado, na medida em que se carece preservar a identidade cultural do aluno no espaço escolar; antes, ele deve ser tido como base para construir/produzir saberes nesse âmbito, desenvolvendo-se importante compreensão sobre a sua importância para o processo de aprendizagem.

6. Considerações Finais

Como se pode observar diante da entrevista realizada com o aluno, este por sua vez, destaca que se sentiu à vontade dentro dessa aplicação, algo que comprova uma estabilidade no ambiente fornecido ao aluno, se tornando um ponto de motivação

para que este retorne ou continue indo para as aulas. Durante toda a aplicação, o aluno se mostrou bem participativo e atento aos conteúdos apresentados fez elogios aos instrumentos utilizados e expressou seu desejo que eles pudessem contribuir para a aprendizagem de outros alunos como contribuíram para a dele. Nesse contexto, a postura mediadora do professor se faz necessária, à perspectiva de Vygotsky, o papel do professor consiste em guiar o aluno enquanto fornece instrumentos adequados para que o desenvolvimento cognitivo dele ocorra de maneira apropriada, professor mediador, conduzindo o aluno até a aquisição do conhecimento.

Podemos perceber pelo relato da aplicação que os fenômenos trabalhados a partir da aplicação de cada uma das maquetes foram por ele bem assimilados pelo aluno. Sabemos que cada pessoa com deficiência visual é um ser único, com suas limitações e habilidades distintas dentro deste próprio grupo. No entanto, este trabalho nos indica que este material tem potencial para ser utilizado no ensino de alunos com deficiência visual, na medida em que explora características não visuais para a explicação do conteúdo. É uma forma distinta de ensino tradicional (com muitos recursos visuais), que traz consigo limitações para a aprendizagem de alunos com deficiência visual. Esperamos que a proposta apresentada possa contribuir com os anseios e necessidades de uma educação inclusiva e participativa assim como para o debate sobre a importância da inclusão dos alunos com deficiências visuais no Ensino de Física, permitindo a eles as mesmas oportunidades dadas aos seus colegas.

Por fim, almejamos continuar nosso estudo da utilização deste produto com diferentes alunos (com ou sem deficiência visual) assim como desenvolver outros materiais nos diversos conteúdos de Física a fim de contribuir para inclusão destes estudantes no contexto escolar e, desta forma, na sociedade.

Referências

- Andrade, H. B., & Schwerz, R. C. (2018). Um Panorama sobre o Ensino de Física para Deficientes *Visuais*. *Revista Pontes*, 3, 97-107.
- Batista, M. C., & Gomes, E. C. (2021). Diário de campo, gravação em áudio e vídeo e mapas mentais e conceituais. In: Magalhães Júnior, C. A. O.; Batista, M.C. (org.). *Metodologia da Pesquisa em Educação e Ensino de Ciências*. Maringá: Massoni. 288- 300.
- Barcelos, K. da S.; Machado, G., & Martins, M. de F. A (2021). Desenho universal para aprendizagem: levantamento das pesquisas realizadas no Brasil. *Research, Society and Development*, 10 (7), 1-10.
- Brasil (1996). Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. *Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm.
- Brasil (2004). *Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm.
- Brasil (2015). Estatuto da Pessoa com Deficiência. *Lei 13.146, de 6 de julho de 2015*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/13146.htm.
- Camargo, E. P., Nardi, R., Maciel Filho, P. R. P., & Almeida, D. R. V. (2008). Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão. *Física na Escola*, 9 (1), 20-25.
- Camargo, E. P. (2012). *Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física*. São Paulo: Editora Unesp.
- Camargo, E. P. (2016). *Inclusão e necessidade educacional especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Custódio, G. A., Nogueira, R. E., & Chaves, A. P. N. (2011). Mapas e maquetes táteis como recursos para o enfrentamento às barreiras educacionais. In: *VII Colóquio de Cartografia para crianças e escolares*, Vitória, ES, 577-597.
- Forato, T. C. M. (2009). *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.
- Mantoan, M. T. E. (2004). O direito de ser, sendo diferente, na escola. *Revista CEJ – Centro de Estudos Judiciários*. 8 (26), 36-44.
- Martins, D. Q. (2017). *Guia de montagem de maquetes táteis para o auxílio do ensino de física para pessoas com deficiência visual*. Monografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.
- Máximo, A., Alvarenga, B. (2011). *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, v. 2.
- Nesi, E. R., & Batista, M. C. (2018). Produtos educacionais elaborados no mestrado profissional em ensino de física: a busca por referenciais norteadores. *Revista Valore*, 3 (Edição Especial), 554-563.
- Rodrigues, A. J. (2003). *Contextos de aprendizagem e integração/inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais*. In: Ribeiro, M. L. S.; Baumel, R. C. R. (Org.) *Educação especial: do querer ao fazer*. São Paulo: Avercamp, 13-26.

Richardson, R. J. (1999). *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas.

Sanches, E. C. P., Macedo, C. M. S., & Bueno, J. (2017). Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais. *Revista Brasileira De Design Da Informação*, 14 (2), 234–252.

Santos, G. R. dos, & Faria, F. L. de. (2020). O ensino de Química para deficientes visuais: um estado da arte das publicações em eventos científicos de ensino de Química e Ciências. *Research, Society and Development*, 9 (10), 1-29.

Santos, A. L. M., Paganotti, A., & Leão, A. R. C. (2021). Ensino de Astronomia para pessoas com deficiência visual: Um levantamento sobre a produção bibliográfica em congressos no Brasil. *Research, Society and Development*, 10 (7), 1-11.

Silva, D. F. (2013). *Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica: uma análise fenomenológica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, PR, Brasil.

Silva, D. dos S. Da, & Lopes, D. S. (2020). Panorama da Literatura nas Ciências Naturais e na Biologia Acerca de Experiências Formativas Para a Inclusão de Estudantes com Deficiência Visual no Brasil. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 3 (2), 695-724.

Souza, F., & Palma, F. (2017). Proposta de um sistema de representação da reflexão da luz em um espelho esférico para alunos com deficiência visual. *Revista Areté/ Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 9(20), 67-71.

Young, H. D., Freedman, R. A., Sears, F. W., & Zemansky, M. W. (2016). *Física IV: Ótica e Física Moderna*. São Paulo: Pearson.

Zerbato, A. P., & Mendes, E. G. (2018). Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. *Educação Unisinos*, 22 (2), 147-155.

Zerbato, A. P., & Mendes, E. G. (2021). O desenho universal para a aprendizagem na formação de professores: da investigação às práticas inclusivas. *Educação E Pesquisa*, 47, 1-19.