

ENSINO DE FÍSICA INCLUSIVO COM ARDUINO E SENSOR DE COR

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-264>

Data de submissão: 25/03/2025

Data de publicação: 25/04/2025

Angela Costa Santa Brigida

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará, Mestra e graduada em Física pela Universidade Federal do Pará, professora adjunta III do Campus Ananindeua – Universidade Federal do Pará.

E-mail: acsbrigida@ufpa.br
ORCID: 0000-0002-8523-6156

Cledson Santana Lopes Gonçalves

Doutor em Física pela Universidade do Porto, Mestre em Física pela Universidade Federal de Pernambuco, Graduado em Física pela Universidade Federal do Maranhão, professor adjunto III do Campus Salinópolis – Universidade Federal do Pará.

E-mail: cledson.s.l@gmail.com
ORCID: 0009-0006-4694-9424

Marcela Ferreira Brasil

Especialista em Psicopedagogia e neurociências pela Universidade Paulista e graduada em Física pela Universidade Federal do Pará.

E-mail: brasilmarcela716@gmail.com
ORCID: 0009-0006-1278-8888

Daniana de Costa

Doutora em Educação pela Universidade Federal de São Carlos, Mestra em Desenvolvimento Regional pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Graduada em Licenciatura em Matemática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, professora do Campus Salinópolis – Universidade Federal do Pará.

E-mail: danianacosta@ufpa.br
ORCID: 0000-0002-8523-6156

Lília Cristina dos Santos Diniz Alves

Doutora em Educação em Ciências e Matemáticas e Mestra em Educação em Ciências e Matemáticas pela Universidade Federal do Pará, Graduada em Licenciatura em Matemática pela Universidade do Estado do Pará, professora do Campus Salinópolis – Universidade Federal do Pará.

E-mail: liliadiniz1802@gmail.com
ORCID: 0009-0003-2423-797X

Lucivaldo Silva

Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Pará, Licenciado em Física pela Universidade Federal do Pará, Professor da rede estadual de educação do estado do Pará

E-mail: luckyvaldo@hotmail.com
ORCID: 0009-0005-3281-0651

Rafael Lima de Moraes

Mestre em Física pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Licenciado em Física pelo Instituto Federal do Pará, Técnico em Física na Universidade Federal do Pará

E-mail: moraes.l.rafael@gmail.com

ORCID: 0000.0001.5971.8154

RESUMO

Este artigo é fruto do desenvolvimento de um projeto do Programa Institucional de Bolsas de Extensão - PIBEX da Universidade Federal do Pará, campus Salinópolis. Tem o objetivo de propor uma sequência didática para professores de Física do Ensino Médio utilizando um experimento, tendo como foco facilitar o aprendizado de todos os alunos, especialmente aqueles com deficiência visual. A construção do experimento teve como base um protótipo chamado VDV Color Sensor, utilizando 4 placas Arduino UNO, resistores, LEDs e o sensor TCS34725. O protótipo identifica cores e responde com luzes e sons, tornando o conteúdo mais acessível. Também foram realizadas entrevistas com professores de Física do município de Salinópolis, Pará, para investigar sua formação e práticas relacionadas à inclusão de alunos com deficiência. O protótipo foi eficaz na identificação de cores e na resposta interativa com luzes e sons, demonstrando potencial de inclusão. As entrevistas revelaram que os professores não tiveram disciplinas voltadas à inclusão em sua formação inicial e houve contradições nas respostas sobre experiências com alunos com deficiência visual, indicando fragilidades na preparação docente para práticas inclusivas.

Palavras-chave: Educação inclusiva. Ensino de Física. Experimentação. Arduino. Óptica.

1 INTRODUÇÃO

A educação inclusiva, conforme preconizada pelas diretrizes da Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (BRASIL, 2008), busca assegurar o direito de todos os estudantes à participação efetiva no ensino regular, valorizando a diversidade humana e promovendo a equidade educacional. No entanto, a inclusão de alunos com deficiência, especialmente aqueles com deficiência visual, ainda enfrenta diversos desafios no contexto escolar, entre os quais se destacam a falta de formação específica dos docentes e a escassez de recursos didáticos adaptados às necessidades desses educandos (CAMARGO, 2012).

A deficiência visual, segundo Beyer (2003), refere-se à perda total ou parcial da visão, podendo ser classificada como cegueira ou baixa visão, sendo essa caracterizada por acuidade visual reduzida e/ou limitação do campo visual. Conforme Almeida *et al.* (2005), a compreensão dessas distinções é essencial para que o professor adote estratégias pedagógicas adequadas e favoreça a aprendizagem desses alunos. No ensino de Física, essa realidade é ainda mais complexa, visto que os conteúdos exigem, em grande parte, a visualização e a interpretação de fenômenos, gráficos, esquemas e experimentos, recursos que nem sempre estão disponíveis em formatos acessíveis.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo propor uma sequência didática acessível para o ensino de Física no Ensino Médio, com foco no conteúdo de óptica, utilizando como recurso o protótipo experimental *VDV Color Sensor*. O protótipo foi desenvolvido com a plataforma Arduino, sensores de cor TCS34725, LEDs e emissão sonora, promovendo estímulos táteis, visuais e auditivos que favorecem a aprendizagem de alunos com deficiência visual. A proposta está alinhada à perspectiva de Botomé e Kubo (2001), que defendem o ensino-aprendizagem como uma relação de troca entre professor e aluno, exigindo práticas que articulem teoria e experiência concreta. Além disso, importa salientar que a experimentação é uma alternativa para os estudantes compreenderem os conceitos teóricos de forma prática (BRIGIDA *et al.*, 2025).

A investigação adotou uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo, conforme Marconi e Lakatos (2017), e buscou compreender como os professores de Física do Ensino Médio do município de Salinópolis-PA têm lidado com a inclusão de alunos com deficiência visual. Para isso, foi aplicado um questionário semiestruturado, disponibilizado via plataforma *Google Forms*, conforme Miguel (2010), com o intuito de identificar a presença de formação específica, o uso de metodologias inclusivas e a aplicação de recursos adaptados no cotidiano escolar.

Este estudo foi desenvolvido com o apoio da Universidade Federal do Pará – *campus* Salinópolis, em parceria com o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – *campus* Belém e o Instituto Álvares de Azevedo, referência em Educação Especial. O estudo contou com apoio

financeiro da Pró-Reitoria de Ensino de Graduação (PROEG) e colaboração do professor Ronaldo Alex Raiol de Carvalho, pessoa com deficiência visual, que auxiliou na elaboração dos materiais em Braille. A partir desse esforço coletivo, busca-se contribuir para a construção de práticas pedagógicas mais inclusivas e eficazes no ensino de Ciências da Natureza, em especial da Física.

2 A POLÍTICA DE INCLUSÃO E O ENSINO-APRENDIZAGEM EM AULAS DE ÓPTICA COM ALUNOS DEFICIENTES VISUAIS

A política de inclusão educacional no Brasil teve seus primeiros marcos históricos ainda no século XIX, com a criação de instituições voltadas ao atendimento de pessoas com deficiência, como o Instituto Benjamin Constant (1854) e o Instituto Nacional de Educação dos Surdos (1857) (BRASIL, 2008). No século XX, foram fundadas entidades como a APAE e a Sociedade Pestalozzi, que reforçaram o caráter segregador da educação para pessoas com deficiência, limitando sua atuação ao âmbito das escolas especiais. Esse modelo, baseado na exclusão, predominou por décadas até o surgimento de legislações que começaram a mudar essa realidade, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDBEN nº 4.024/61, a Constituição Federal de 1988 e a Declaração de Salamanca (BRASIL, 1961; BRASIL, 1988; BRASIL, 1994).

A partir da década de 1990, os marcos legais passaram a enfatizar a inclusão em escolas regulares. A Declaração de Salamanca (1994) propôs princípios internacionais voltados à construção de sistemas educacionais inclusivos, reforçados no Brasil pela nova LDB nº 9.394/96 (BRASIL, 1996). Já no século XXI, destacam-se medidas como a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (2008), o Decreto nº 6.571/2008, e a Resolução CNE/CEB nº 4/2009, que estabeleceram diretrizes para o Atendimento Educacional Especializado (AEE) (BRASIL, 2008; BRASIL, 2009). Esses dispositivos passaram a exigir ações pedagógicas inclusivas articuladas com o currículo escolar, além da responsabilização do Estado quanto ao acesso e permanência dos estudantes com deficiência.

Posteriormente, o Decreto nº 7.611/2011 reforçou o direito à educação inclusiva em todos os níveis, e o Plano Nacional de Educação (2014) estabeleceu como meta o acesso universal de estudantes com deficiência à educação básica e ao AEE, preferencialmente na rede regular de ensino (BRASIL, 2011; BRASIL, 2014). Em 2015, a promulgação do Estatuto da Pessoa com Deficiência consolidou garantias legais como a gratuidade e a proibição de cobranças adicionais por recursos de acessibilidade (BRASIL, 2015). Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017 reforça a inclusão por meio da flexibilização curricular e do desenvolvimento de competências

voltadas ao respeito às diferenças (BRASIL, 2017). Esses avanços, embora significativos, ainda enfrentam desafios quanto à sua efetiva implementação no cotidiano escolar.

O ensino de Física na perspectiva da inclusão apresenta inúmeros desafios, especialmente no que diz respeito à adaptação de conceitos básicos para alunos com deficiências. No entanto, diversos professores vêm desenvolvendo ou adaptando materiais didáticos com o intuito de atender às necessidades específicas desses estudantes, promovendo, assim, uma melhor compreensão dos conteúdos. A utilização de recursos sensoriais alternativos e atividades pedagógicas específicas tem se mostrado eficaz para ampliar o acesso e a participação desses alunos nas aulas de Física.

Camargo e Silva (2006) realizaram atividades estruturadas voltadas para alunos com deficiência visual, como o estudo de um evento sonoro que abordava o conceito de encontro de dois móveis. Através de estímulos auditivos, como gravações de sons representando uma colisão entre um carro e um trem, os estudantes foram incentivados a desenvolver habilidades de observação não visual, demonstrando avanços na compreensão do problema físico proposto. Em outra experiência, Camargo, Filho e Silva (2006) exploraram o conceito de aceleração da gravidade utilizando estímulos sonoros em experimentos com planos inclinados e tubos verticais, os quais forneceram indicativos sensoriais adequados aos estudantes com deficiência visual.

Por sua vez, Botan (2012) elaborou materiais didáticos voltados para estudantes surdos, utilizando uma abordagem bilíngue baseada em vídeos e livros com sinais em Libras e legendas para os conceitos de cinemática. Apesar das dificuldades linguísticas enfrentadas pelos estudantes, a iniciativa resultou em avanços no processo de ensino-aprendizagem. Camargo (2012) contribuiu com a criação de maquetes tátil-visuais e tátil-audiovisuais, aplicadas ao ensino de conteúdos como cargas elétricas, rede cristalina, corrente elétrica, entre outros, reforçando o potencial inclusivo desses recursos para alunos com e sem deficiência.

Outras iniciativas relevantes incluem o protótipo experimental proposto por Aguiar *et al.* (2018), baseado em Arduino, que simula um termômetro sonoro para aulas de termometria, e os recursos desenvolvidos por Barthem, Silveira e Santos (2019), voltados ao ensino de ondas para alunos com deficiência visual e auditiva, utilizando sensores para conversão de frequências. Já Mendes e Torres (2019) desenvolveram um kit didático com peças tátteis imantadas para representar fenômenos físicos de diferentes áreas da Física. Tais propostas evidenciam que a aplicação de recursos inclusivos favorece a aprendizagem ativa e significativa, sendo fundamentais para promover uma educação científica acessível e equitativa.

O ensino de óptica para alunos com deficiência visual tem motivado diversas pesquisas que buscam estratégias inclusivas no ensino de Física. Camargo e Nardi (2007) analisaram o desempenho

de licenciandos em minicursos com estudantes com deficiência visual, utilizando recursos como livros audiovisuais, simuladores computacionais e vídeos. O estudo revelou dificuldades no planejamento de aulas inclusivas, principalmente devido à concepção tradicional do ensino pautado na visão. No entanto, os resultados apontaram para a superação dos desafios iniciais, com os futuros professores desenvolvendo criatividade e segurança para atuar com inclusão em sala de aula (CAMARGO; NARDI; VERASZTO, 2008).

Almeida *et al.* (2008) propuseram atividades experimentais com materiais de baixo custo, como cartolinhas e barbantes, para trabalhar conceitos como reflexão, refração, dispersão da luz e câmera escura. Camargo e Nardi (2008) reforçaram a importância da linguagem acessível combinada ao estímulo tátil/auditivo para explicar fenômenos ópticos. Almeida *et al.* (2011) também desenvolveram uma maquete tátil para explicar a formação de imagens em espelhos côncavos e convexos, incentivando projetos pedagógicos inclusivos. Everton *et al.* (2012) apresentaram um kit de baixo custo adaptado para ensinar propriedades da luz a alunos com deficiência visual, favorecendo a compreensão de conceitos como reflexão e refração.

Young (2019) revelou, por meio de estudos neurológicos, que pessoas cegas de nascença são capazes de formar conceitos ricos sobre cores por meio da linguagem, demonstrando que a cognição sobre as cores pode ser construída sem a experiência visual direta. Costa (2017), em sua dissertação, aplicou experimentos com recursos táteis e auditivos como sensores de luz e lentes acrílicas para abordar óptica geométrica, promovendo maior compreensão entre alunos com deficiência visual, mesmo diante das dificuldades iniciais.

Por fim, Almeida *et al.* (s.d.) desenvolveram um circuito com Arduino e sensores para reconhecer cores, combinando estímulos sonoros e táteis, ampliando as possibilidades de inclusão de alunos com deficiência visual e auditiva no ensino de óptica. As pesquisas analisadas reforçam que as capacidades cognitivas dos estudantes com deficiência visual são comparáveis às dos videntes, destacando a importância da adaptação sensorial das estratégias pedagógicas para garantir um ensino de Física verdadeiramente inclusivo (AZEVEDO; SANTOS, 2014).

A escrita Braille é um sistema tátil essencial para a comunicação e aprendizagem das pessoas com deficiência visual. Desenvolvido por Louis Braille, o sistema permite o acesso à leitura e à escrita por meio do tato, contribuindo para a inclusão desses indivíduos tanto na escola quanto na sociedade (LEMOS; CERQUEIRA, 2014). Contudo, apesar dos avanços, o preconceito e a exclusão ainda se manifestam, seja por meio da ausência de sinalizações adequadas em espaços públicos ou pela escassez de profissionais capacitados para ensinar Braille (FERNANDES; SCHILESENER; MOSQUEIRA, 2014).

É importante destacar que nem todos os estudantes com deficiência visual utilizam o Braille; a alfabetização e a acuidade tátil são requisitos para sua aplicação eficaz (TORRES; MAZZONI; MELLO, 2007). Em casos em que o Braille não é utilizado, a audição surge como ferramenta alternativa para a compreensão de conteúdos escolares. Recursos como audiobooks, narrações detalhadas feitas por pessoas videntes e a audiodescrição em materiais didáticos, filmes ou peças teatrais, desempenham papel fundamental nesse processo de ensino (NUNES; LOMÔNACO, 2008; COLTO; DEDEZINHO, 2019).

O uso da tecnologia e das metodologias acessíveis também se mostra indispensável na promoção de uma aprendizagem significativa para esses alunos. Ferramentas digitais, softwares com recursos auditivos e táteis e experimentos adaptados proporcionam maior engajamento dos estudantes com deficiência visual. A aprendizagem de conteúdos complexos, como os da disciplina de Física, depende de estratégias de ensino que considerem os sentidos remanescentes do aluno e as diferenças entre aqueles que nasceram cegos e os que adquiriram a deficiência posteriormente (SOUZA; TEIXEIRA, 2008; SILVA, 2016).

A utilização de materiais didáticos adaptados e experimentações acessíveis é especialmente importante no ensino de conteúdos como óptica, que tradicionalmente dependem da visualização de fenômenos. A aplicação de recursos como maquetes tátteis, descrições auditivas e objetos sensoriais adaptados possibilita que os estudantes com deficiência visual construam o conhecimento de forma autônoma e participativa (ARAÚJO *et al.*, 2015; DICKMAN; FERREIRA, 2008). O uso de objetos educacionais interativos e de baixo custo é uma recomendação para tornar o ensino mais inclusivo.

Por fim, destaca-se a importância do papel do professor na construção de estratégias metodológicas que contemplem as necessidades sensoriais dos alunos. O processo de ensino-aprendizagem depende da mediação docente e do uso de abordagens acessíveis, capazes de favorecer a compreensão e a participação de todos os estudantes, independentemente de sua condição visual (LAPLANE; BATISTA, 2008). Estudos apontam que, mesmo com limitações visuais, os alunos conseguem interpretar conceitos complexos por meio de significações sensoriais e linguísticas associadas ao cotidiano (CAIADO, 2014 *apud* SILVA, 2016).

3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ÓPTICA E A BIOFÍSICA DA VISÃO

O estudo da luz evoluiu desde as concepções míticas dos filósofos gregos até os fundamentos da física moderna. Inicialmente, Homero, Pitágoras e Platão acreditavam que a luz emanava dos olhos, defendendo uma visão corpuscular (BASSALO, 1990), enquanto Aristóteles propôs uma explicação ondulatória. No século XVII, Huygens reforçou essa teoria, contrastando com Newton, que em 1704

retomou a ideia corpuscular. No século XIX, Young confirmou a natureza ondulatória por meio da interferência luminosa, e Maxwell descreveu a luz como uma onda eletromagnética. Com o avanço da física quântica, Planck (1900) introduziu os quanta de energia, Lenard (1903) observou a dependência da emissão eletrônica com a frequência da luz, e Einstein (1905) explicou o efeito fotoelétrico com fótons, propondo $E = hf - \phi$. Bohr (1913) descreveu órbitas eletrônicas estacionárias e, em 1924, De Broglie associou comprimento de onda a partículas com $\lambda = \frac{h}{mv}$, consolidando a dualidade onda-partícula da luz (LLEWELLYN; TIPLER, 2014).

Isaac Newton (1643–1727) foi uma figura central na história da ciência, com contribuições que influenciaram profundamente a Física e a Matemática. Formado pela Universidade de Cambridge, destacou-se pela formulação das três leis do movimento, pela lei da gravitação universal e pela fundamentação do cálculo infinitesimal. No campo da óptica, Newton realizou experimentos com prismas que culminaram em importantes avanços na teoria da luz e das cores, os quais foram reunidos na obra *Opticks*, publicada em 1704 (FORATO, 2015).

Ao realizar experimentos com um prisma de vidro por ele mesmo construído, Newton observou a decomposição da luz branca em um espectro colorido quando esta atravessava o prisma. Foi a partir dessa experiência que ele cunhou o termo *spectrum* para designar a sequência de cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta (ALVARENGA; MÁXIMO, 2014). Newton concluiu que a luz branca não é pura, mas composta pela sobreposição de várias cores, que se separam por refração devido aos diferentes ângulos de desvio de cada cor.

Além disso, Newton propôs que as cores dos objetos resultam do fato de que eles refletem certas cores do espectro em maior intensidade do que outras. Por exemplo, um objeto vermelho reflete preferencialmente a luz vermelha e absorve as demais (ALVARENGA; MÁXIMO, 2014). Suas ideias foram inicialmente rejeitadas por parte da comunidade científica da época, especialmente por Robert Hooke, o que levou Newton a evitar a publicação de novos estudos por muitos anos, até que, mais tarde, decidiu publicar seu trabalho completo em *Opticks*.

As fontes de luz visível estão diretamente relacionadas ao comportamento dos elétrons nos átomos. Quando um elétron é excitado para um nível de energia superior e posteriormente retorna ao estado fundamental, emite radiação eletromagnética. Parte dessa radiação pode estar na faixa visível do espectro, entre 370 e 740 nm, faixa à qual nossos olhos são sensíveis. A frequência da luz se mantém constante quando ela atravessa diferentes meios, embora sua velocidade e comprimento de onda se alterem. A equação $f = \nu\lambda$ relaciona frequência (f), velocidade (ν) e comprimento de onda (λ). Cores como violeta têm maior frequência e menor comprimento de onda, enquanto o vermelho apresenta o inverso (ALVARENGA; MÁXIMO, 2014).

A reflexão seletiva explica por que vemos cores nos objetos ao nosso redor: eles refletem preferencialmente determinadas frequências da luz incidente. Um objeto iluminado por luz branca reflete apenas as cores correspondentes às suas características físicas e absorve as demais. Assim, uma maçã vermelha reflete luz vermelha e absorve outras cores. A percepção da cor pode variar com a fonte de luz; por exemplo, sob lâmpadas fluorescentes, tons azulados se sobressaem, enquanto sob luz incandescente, tons avermelhados são mais evidentes (HEWITT, 2015). Isso mostra que a cor percebida depende tanto da natureza do objeto quanto da luz que o ilumina.

As cores primárias aditivas — vermelho, verde e azul (RGB) — são responsáveis pela formação das demais cores visíveis. Quando essas três cores se sobrepõem, produzem a luz branca. A superposição de duas delas gera cores complementares como o amarelo, ciano e magenta. Essa combinação está diretamente relacionada à fisiologia do olho humano, cujos cones são sensíveis a essas três faixas de frequência. O modelo RGB é amplamente utilizado em dispositivos eletrônicos como monitores e televisores. A mistura adequada dessas luzes permite a reprodução de qualquer cor visível, conforme o princípio da adição de cores (HEWITT, 2015).

A visão é o sentido mais complexo no que diz respeito aos aspectos biofísicos, sendo responsável por transformar a luz em sinais elétricos que o cérebro interpreta como imagem. O processo visual envolve três etapas: a refração da luz como onda, a conversão da luz como fóton em impulso elétrico por estruturas fotossensíveis e, por fim, a percepção visual no cérebro. O olho humano é composto por diversas partes — córnea, íris, pupila, cristalino, humor vítreo, retina e nervo óptico — que atuam em conjunto para possibilitar a visão, absorvendo a luz que entra e direcionando-a para a retina.

A córnea é a primeira estrutura a receber a luz, sendo responsável por cerca de 70% da refração. A íris, com sua abertura central chamada pupila, regula a entrada de luz conforme a intensidade luminosa do ambiente. O cristalino ajusta o foco da luz que passa pelo humor vítreo até atingir a retina, uma camada fotossensível e nervosa que converte a luz em sinais elétricos enviados ao cérebro pelo nervo óptico. O ponto de maior nitidez visual é a fóvea, situada no centro da mácula (HEWITT, 2015).

Na retina, existem dois tipos de fotorreceptores: bastonetes e cones. Os bastonetes são sensíveis à luz fraca e estão distribuídos na periferia da retina, enquanto os cones, concentrados na fóvea, são responsáveis pela visão colorida e detalhada. Os cones se dividem em três tipos, cada um sensível a diferentes faixas do espectro visível (vermelho, verde e azul). Para uma boa percepção de cores, é essencial que a luz seja focada diretamente sobre a fóvea, onde estão localizados os cones e não há bastonetes (ALMEIDA *et al.*, 2019).

A detecção da luz começa com sua refração na córnea, passando pela pupila e pelo cristalino até atingir a retina (HENEINE, 1996). Apenas uma pequena quantidade de fôtons chega à retina, onde ocorre a transdução visual. Nessa etapa, moléculas como a rodopsina, presente nos bastonetes, absorvem fôtons e passam por mudanças estruturais, iniciando uma cascata de reações químicas que culminam na geração de um sinal elétrico (BERG; TYMOCZKO; STRYER, 2014). Essas reações envolvem a ativação da proteína transducina e a conversão de cGMP em GMP, provocando a hiperpolarização da membrana e a sinalização neuronal.

A percepção das cores depende da ativação de três pigmentos visuais diferentes nos cones, com picos de absorção em 426, 530 e 560 nm. A rodopsina, com absorção máxima em 500 nm, é o principal pigmento dos bastonetes. Em casos de deficiência visual, como a cegueira, a retina pode estar comprometida, impedindo que os fotorreceptores funcionem corretamente. Isso impossibilita a transdução da luz em impulsos nervosos, comprometendo totalmente o processo de formação da visão (ENGEL, 2015).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um experimento que foi implementado durante o período de Iniciação Científica que recebeu recurso financeiro do Programa Institucional de Bolsas de Extensão - PIBEX da Universidade Federal do Pará, *campus* Salinópolis. Durante a Iniciação Científica diversas etapas foram fundamentais para o desenvolvimento do produto educacional proposto. Inicialmente, realizou-se uma capacitação da bolsista voltada ao uso da plataforma Arduino, abrangendo tanto o hardware quanto o software da ferramenta.

O Arduino surgiu na década de 2000, na cidade de Ivrea, Itália, por iniciativa do professor Massimo Banzi e sua equipe, com o objetivo de tornar mais acessível o desenvolvimento de projetos eletrônicos e sistemas de automação (SILVA, 2018). Trata-se de uma plataforma de código aberto, composta por hardware e software de fácil uso, o que atrai desde amadores até profissionais das mais diversas áreas (PLATAFORMA ARDUINO, 2021; LEMOS *et al.*, 2015). Seu grande diferencial está na possibilidade de criar dispositivos que interagem com o ambiente utilizando sensores, LEDs, motores e outros componentes (AMORIM *et al.*, 2011). Com diversas placas disponíveis, como o popular Arduino Uno, a plataforma se destaca por sua flexibilidade e simplicidade, permitindo que usuários configurem pinos digitais e analógicos para acionar ou captar sinais conforme suas necessidades.

A placa Arduino Uno, por exemplo, possui 14 pinos digitais e 6 analógicos, que operam em diferentes faixas de tensão, possibilitando grande variedade de aplicações. Além disso, conta com

pinos de alimentação e interfaces de comunicação que permitem conectar outros módulos e componentes externos (PLATAFORMA ARDUINO, 2021). A programação é feita em linguagem C++ por meio da IDE Arduino, que oferece bibliotecas para facilitar o desenvolvimento dos projetos. A conexão USB facilita o envio do código à placa e serve como fonte de energia (SOUZA, 2013). Por essas características, o Arduino é amplamente utilizado no meio educacional, permitindo que professores e alunos explorem conceitos de eletrônica e programação de maneira prática e acessível.

Esse momento de aprendizagem foi essencial para o progresso da pesquisa, pois proporcionou a base técnica necessária à elaboração e execução do experimento. Conforme destacam André e Ludke (2018), as etapas iniciais de um processo investigativo são cruciais, pois contribuem significativamente para o enriquecimento do conhecimento específico e fundamentam a construção teórica e prática da proposta.

Após essa fase, foram conduzidos testes experimentais com o uso de diferentes componentes eletrônicos, como LEDs, sensores de cor, resistores e alto-falantes. Esses testes tinham como objetivo avaliar o funcionamento dos dispositivos individualmente e em conjunto, possibilitando ajustes e melhorias no desempenho. Segundo Gil (2007), essa etapa é importante para definir e analisar variáveis, garantindo que os instrumentos utilizados atendam aos objetivos da pesquisa e ofereçam resultados eficazes, válidos e confiáveis.

Com os testes validados, partiu-se para a montagem do protótipo, a escrita dos códigos de programação e o envio das instruções para as placas Arduino Uno. Todo o conjunto foi posteriormente encapsulado para garantir proteção e funcionalidade do dispositivo. De acordo com Pereira e Oliveira (2020), o uso de experimentos com apoio de tecnologias em ambientes educacionais representa não apenas uma metodologia inovadora, mas também um recurso pedagógico relevante, que potencializa a aprendizagem de conceitos científicos de forma concreta e contextualizada.

O protótipo criado foi denominado “*VDV*” *Color Sensor* — sigla para “Videntes e Deficientes Visuais” — justamente por seu caráter inclusivo. A proposta visa atender tanto alunos com visão plena quanto estudantes com deficiência visual, promovendo a integração e equidade no processo de ensino-aprendizagem. O dispositivo é composto por quatro placas Arduino Uno, quatro sensores de cor, um alto-falante e quatro LEDs nas cores vermelho, verde, azul e RGB, funcionando de forma sincronizada. A resposta sensorial ocorre por meio de estímulos luminosos e sonoros, contribuindo para a identificação tátil e auditiva das cores.

Além dos elementos principais, o projeto contou com diversos outros componentes eletrônicos complementares, como cabos, resistores e protoboards, todos facilmente encontrados em lojas de eletrônica. A lista completa dos materiais utilizados pode ser consultada na Tabela 1, servindo como

referência para replicações futuras do protótipo ou para novas aplicações em contextos educacionais diversos.

Tabela 1 - Materiais utilizados

Materiais	Especificações	Quantidades
Placa Arduino	Uno	4
Resistores	150Ω	6
LED RGB	5mm	1
LED (vermelho, verde, azul)	Difusor 5mm	3
Jumpers para ligações	20 cm	29
Sensores	TCS34725	4
Fonte de alimentação	6V	1
Plug jack macho	2,1 mm	4
Plug jack fêmea	2,1 mm	1
Auto falante	4 Ω x 0,5W	1
Caixa PVC de passagem elétrica	15 x 15 cm	1
Pasta Aba elástica	cartonada	3
Papel Acetato	21 x 30 cm	1

Fonte: Autoria própria (2022).

O *VDV Color Sensor* demonstra ser um protótipo educacional robusto, com forte apelo inclusivo e didático. Seu desenvolvimento visou proporcionar uma ferramenta que auxilie no ensino de conceitos físicos, especialmente os relacionados à luz, cor e sensores, utilizando uma abordagem prática e acessível. O projeto se destaca por ser adaptado à realidade de alunos com deficiência visual, ao mesmo tempo em que contempla os estudantes videntes, promovendo assim uma aprendizagem colaborativa e inclusiva. A integração de tecnologias simples como o Arduino Uno e o sensor de cor TCS34725, com recursos pedagógicos como o sistema de identificação em Braille e o feedback sonoro, foi fundamental para a construção de um ambiente de ensino mais dinâmico, participativo e acessível.

A escolha dos componentes eletrônicos foi estratégica, considerando tanto a funcionalidade quanto a facilidade de reposição e custo-benefício.

O sensor de cor TCS34725, por exemplo, possui uma excelente sensibilidade e precisão, sendo capaz de identificar tons primários e secundários por meio de seu filtro RGB e da luz branca integrada. Esse sensor comunica-se com o Arduino via protocolo I2C, o que reduz a quantidade de fios necessários na montagem, facilitando o encapsulamento do sistema. O uso de LEDs de cores distintas (vermelho, verde, azul e RGB) associados a resistores de valor adequado permitiu a emissão de sinais visuais nítidos e compatíveis com os resultados esperados durante os testes experimentais. Já o alto-falante foi fundamental para o fornecimento de informações auditivas ao usuário com deficiência visual, sendo programado para emitir um som específico sempre que a cor da paleta coincidia com a cor do ambiente iluminado pelo LED correspondente.

Além do circuito eletrônico, o design físico do protótipo foi cuidadosamente planejado. A caixa de PVC utilizada como estrutura externa foi dividida em quatro ambientes identificados tanto por números ordinais quanto por sinais em Braille, utilizando acetato transparente para garantir a legibilidade tátil. Essa divisão permitiu que cada espaço funcionasse de forma independente, o que possibilita o desenvolvimento de atividades práticas como jogos de associação, reconhecimento de padrões e estímulo à percepção sensorial. A inserção das paletas nas aberturas frontais do dispositivo também seguiu critérios de ergonomia e acessibilidade. Cada paleta, feita com papel cartão colorido em ambas as faces e identificada com sua cor correspondente em Braille, foi cortada com um chanfro em uma das extremidades para indicar o sentido correto de leitura tátil, respeitando a direcionalidade padrão da leitura em Braille, da esquerda para a direita.

O sistema de alimentação do protótipo também foi otimizado. Apesar de cada placa Arduino poder ser alimentada individualmente por conexão USB, optou-se pela utilização de um único conector *jack* com ramificações, capaz de fornecer energia simultaneamente às quatro placas. Isso não apenas reduziu a quantidade de cabos externos, como também tornou o dispositivo mais organizado e portátil. Essa solução foi ideal para ambientes escolares, onde praticidade e segurança são fundamentais. A programação de cada placa foi desenvolvida na plataforma Arduino IDE e carregada via cabo USB, com códigos específicos para o funcionamento do sensor de cor, acionamento do LED e do alto-falante, garantindo a sincronização entre os estímulos visual e auditivo conforme a cor detectada.

Assim, o *VDV Color Sensor* se consolida como uma tecnologia assistiva eficaz, integrando conhecimentos de eletrônica, programação, acessibilidade e educação. Ele não apenas facilita o ensino de Física e Ciências, como também desperta o interesse dos alunos por áreas como robótica e automação, ao mesmo tempo em que contribui para a formação de um ambiente escolar mais justo e igualitário. O protótipo se apresenta, portanto, como uma solução viável e replicável para outras instituições de ensino, podendo ser adaptado a diferentes faixas etárias, conteúdos curriculares e necessidades específicas dos alunos.

5 A PROPOSTA DIDÁTICA

Esta pesquisa apresenta uma sequência didática como proposta de apoio ao professor na utilização do protótipo como ferramenta de inclusão educacional. Segundo Araújo (2013), a sequência didática consiste na organização sistemática das atividades escolares, sendo essencial para uma aula bem planejada.

Foram elaboradas duas propostas de plano de aula: a primeira voltada para a abordagem teórica sobre a óptica das cores, acompanhada de uma avaliação oral; a segunda dedicada à aplicação prática do protótipo, também finalizada com uma avaliação oral. O objetivo é observar se o uso do recurso didático contribui de forma significativa para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, especialmente dos estudantes com deficiência visual (DV).

O protótipo desenvolvido durante a Iniciação Científica e foi testado experimentalmente com foco na identificação das cores e suas respectivas frequências. O recurso didático baseia-se na placa Arduino Uno e seus componentes eletrônicos, como resistores, LEDs e, principalmente, o sensor de cor TCS34725. Tal sensor é composto por fotodiodos capazes de captar frequências das cores RGB (vermelho, verde e azul), além de medir o nível de luminosidade. Também possui um filtro infravermelho que aprimora a leitura das cores, minimizando interferências geradas pela luz ambiente.

O protótipo possui uma estrutura com quatro compartimentos, cada qual com um orifício frontal destinado ao reconhecimento de paletas de cores por meio do sensor. A programação realizada na IDE do Arduino define os parâmetros para as cores vermelho ($R > G, R > B, 1000 < C < 5000$), verde ($G > B, G > R, 1000 < C < 5000$) e azul ($B > G, B > R, 1000 < C < 3000$). Os LEDs utilizados são emissores de luz semicondutores, cuja radiação se dá na faixa do espectro visível por meio do princípio da eletroluminescência.

Ao reconhecer a cor, o LED correspondente é acionado, simultaneamente à emissão de som por meio de um alto-falante. As frequências sonoras foram programadas da seguinte forma: LED RGB (400, 500 ou 600 Hz), LED vermelho (400 Hz), LED verde (500 Hz) e LED azul (600 Hz). Dessa forma, o estudante com deficiência visual pode identificar as cores por meio dos sentidos tátil e auditivo. Conforme o MEC (BRASIL, 2001, p. 35), o processo de ensino-aprendizagem de estudantes com deficiência visual deve ser mediado "através dos sentidos remanescentes (tato, audição), utilizando o Sistema Braille como principal meio de comunicação escrita".

O protótipo *VDV Color Sensor* demonstrou-se eficiente ao reconhecer corretamente as cores e emitir os sinais sonoros correspondentes. Dessa maneira, evidencia-se sua potencialidade não apenas para a inclusão de alunos com deficiência visual, mas também para outras especificidades educacionais. Trata-se de um recurso experimental com potencial de aplicação por professores de Física em sala de aula, visando à validação da sequência didática proposta:

Etapa I

- Ministrar uma aula prévia, adaptada, sobre as cores do objeto: realizar uma breve revisão sobre a óptica das cores, inicialmente abordando sobre a trajetória e as

contribuições do físico Isaac Newton no campo da óptica e seus estudos com o prisma; dispersão da luz branca; explicar como enxergamos a luz; as cores e frequência das cores; reflexão seletiva).

- Dividir a turma em grupos para aplicação do questionário 1 de forma oral e gravada, visando uma maior interação entre os colegas e facilitar a participação do aluno com deficiência visual;

Questionário 1

1. De acordo com a explicação como enxergamos as cores?
2. Diferencie luz monocromática de policromática?
3. Como ocorre a decomposição de luz branca em um prisma de vidro?
4. Qual é a relação entre comprimento de onda, frequência?

Etapa II

- O professor apresenta o protótipo explicando de modo investigativo pedindo aos alunos para identificarem cada um dos ambientes;
- Em seguida leva para cada grupo o protótipo para que cada aluno em grupo possa manusear e interagir de forma investigativa com o recurso didático;
- Observa o aluno com deficiência visual na hora do manuseio se de fato ele compreendeu o assunto com ajuda do recurso didático;
- E em seguida, o professor faz um questionário oral avaliativo tanto para os alunos videntes quanto para o aluno com deficiência visual.

Etapa III

Questionário 2

1. Supondo que no interior de uma sala haja três objetos de cores distintas: verde, azul e vermelho. De que cor, respectivamente, veremos esses objetos se essa sala for iluminada por uma luz de cor azul?

- a) Azul, azul e roxo;
- b) Verde, azul e roxo;
- c) Preto, azul e preto;
- d) Todos azuis;
- e) Branco, azul e branco.

2. (UFPB) As folhas de uma árvore, quando iluminadas pela luz do Sol, mostram-se verdes porque:

- a) refletem difusamente a luz verde do espectro solar;
- b) absorvem somente a luz verde do espectro solar;
- c) refletem difusamente todas as cores do espectro solar, exceto o verde;
- d) difratam unicamente a luz verde do espectro solar;
- e) a visão humana é mais sensível a essa cor.

3. Julgue as proposições a seguir:

I – As cores dos objetos são determinadas pela frequência da luz;

II – Quando um objeto é iluminado pela luz branca, parte dessa luz é absorvida e outra parte é refletida;

III – Um objeto que apresenta cor preta absorve toda a luz que recebe;

IV – Um material de cor branca não reflete nenhuma frequência de luz.

A sequência que apresenta a resposta correta é:

- a) V, V, F, F
- b) F, F, V, V
- c) V, F, V, F
- d) F, V, F, V
- e) V, V, V, F

4. A dispersão da luz branca em um prisma se decompõe nas seguintes cores:

- a) Vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, ciano e violeta
- b) Laranja, amarelo, vermelho, verde, azul, ciano e violeta
- c) Violeta, ciano, azul, verde, vermelho, amarelo e laranja
- d) Verde, azul, ciano, violeta, vermelho, laranja e amarelo
- e) Nem uma das alternativas

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para compreender a realidade do ensino de Física no contexto da inclusão de estudantes com deficiência visual (DV), foi aplicado um questionário semiestruturado por meio do *Google Forms*, plataforma digital gratuita que permite a criação de formulários online com coleta e análise automática de dados. Conforme dados da Secretaria de Educação do Estado do Pará (SEDUC), o município de Salinópolis conta com sete professores de Física atuando no Ensino Médio em quatro escolas: Prof.^a Aracy Alves Dias, Dom Bosco, Prof. Teodato de Rezende e Dr. Miguel de Santa Brígida.

O formulário foi enviado aos sete professores de Física atuantes no município de Salinópolis-PA, sendo obtidas quatro respostas. A baixa adesão evidencia certa resistência em participar da pesquisa. Conforme André (2013), a pesquisa qualitativa permite compreender os sentidos atribuídos às experiências vividas pelos sujeitos.

Neste contexto, os dados obtidos sustentam a relevância de propostas como a do presente estudo, que busca não apenas fornecer um recurso didático acessível — o *VDV Color Sensor* —, mas também fomentar a reflexão crítica sobre a necessidade de uma formação docente mais robusta e inclusiva.

A investigação visou identificar aspectos como: a formação inicial e continuada dos docentes, experiências com a inclusão de alunos com DV e o uso de recursos didáticos inclusivos. Os resultados são apresentados a seguir:

- **Faixa etária:** Dos respondentes, dois professores (50%) possuem entre 21 e 30 anos, e os outros dois (50%) estão na faixa etária de 31 a 45 anos.
- **Sexo:** Três participantes (75%) se identificaram como do sexo masculino, e um (25%) como feminino.
- **Formação acadêmica:** Apenas dois professores (50%) possuem licenciatura em Física. Os demais são formados em áreas correlatas, como Matemática, Ciências Naturais e Pedagogia.
- **Tempo de atuação no ensino de Física:** Um docente (25%) atua há entre 1 e 3 anos, enquanto os demais (75%) têm entre 4 e 6 anos de experiência.

Quanto ao perfil dos participantes, três são do sexo masculino e um do sexo feminino. Para preservar sua identidade, serão referenciados como Professores 1, 2, 3 e 4. Os Professores 1 e 2 possuem entre 31 e 45 anos, enquanto os Professores 3 e 4 têm entre 21 e 30 anos. Em relação à formação, os Professores 1 e 3 são licenciados em Física, e os Professores 2 e 4 possuem formação em Matemática.

- **Experiência com alunos DV:** Metade dos professores (50%) relataram já ter atuado com estudantes com deficiência visual em suas instituições de ensino, enquanto os demais não tiveram essa experiência.

O tempo de atuação no ensino de Física é de 4 a 6 anos para os Professores 1, 2 e 4, etapa em que, segundo Huberman (2000), há uma estabilização das práticas pedagógicas. O Professor 3 tem entre 1 a 3 anos de experiência, caracterizando a fase de entrada na profissão docente. Quanto à experiência com estudantes com deficiência visual, os Professores 1 e 3 responderam positivamente, ao passo que os Professores 2 e 4 relataram não ter tido essa experiência.

- **Formação continuada em inclusão:** Dois professores (50%) afirmaram possuir formação continuada na área de inclusão; os demais não tiveram tal formação.

Quanto à formação continuada, apenas os Professores 2 e 4 relataram ter formação nessa área. De acordo com Mororó (2017), a formação continuada é fundamental para a adoção de novas metodologias inclusivas que favoreçam a participação ativa dos alunos.

- **Formação inicial com foco na inclusão:** Três professores (75%) relataram ter recebido alguma abordagem sobre inclusão durante a graduação, por meio de minicursos, projetos acadêmicos ou uso de materiais manipulativos.

No que se refere à formação inicial voltada para a inclusão, apenas o Professor 1 afirmou não ter tido qualquer abordagem sobre a temática. Os demais mencionaram que tiveram contato com a inclusão por meio de minicursos, projetos e materiais manipulativos. No entanto, nenhum indicou ter cursado disciplina específica sobre inclusão, o que aponta uma lacuna na matriz curricular dos cursos de formação docente. Para Tavares, Santos e Freitas (2016), a graduação deve integrar teoria e prática, preparando os professores para desenvolver recursos didáticos que contemplem todos os alunos.

- **Uso de recursos didáticos inclusivos:** Apenas um docente relatou utilizar materiais em Braille, e outro indicou o uso de materiais manipulativos. Os demais afirmaram não ter trabalhado com alunos com DV.

A pergunta sobre quais recursos didáticos utilizaram para incluir alunos com deficiência visual revelou incoerências. Apesar de Professores 1 e 3 afirmarem ter tido experiência com alunos com deficiência visual, declararam não ter utilizado recursos inclusivos. Por outro lado, Professores 2 e 4 citaram o uso de materiais em Braille e manipulativos, embora anteriormente tenham declarado não possuir experiência com tais alunos. Para Brendler (2014), o uso desses materiais é essencial para uma prática pedagógica inclusiva.

- **Dificuldades na prática docente com alunos DV:** Dois professores (50%) afirmaram não ter enfrentado dificuldades com alunos com deficiência visual, enquanto os outros dois relataram nunca ter tido alunos com essa característica em suas turmas.

Sobre as dificuldades enfrentadas para incluir alunos com deficiência visual, todos os docentes alegaram não ter tido dificuldades. No entanto, em visitas às escolas durante estágios supervisionados, a gestão pedagógica relatou não haver projetos ou recursos voltados à inclusão, o que contraria as respostas fornecidas. Tal discrepância sugere fragilidades na formação docente e na efetiva prática inclusiva no cotidiano escolar.

Esses dados evidenciam lacunas importantes na formação docente para a atuação com alunos com deficiência visual, especialmente no que tange à utilização de recursos didáticos acessíveis.

Embora haja certo nível de sensibilização e contato com temas relacionados à inclusão, os resultados indicam que a maioria dos professores ainda não se sente plenamente preparados para desenvolver práticas pedagógicas realmente inclusivas no ensino de Física.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de alunos com deficiência em salas regulares deve ser responsabilidade compartilhada entre a escola e os professores, os quais precisam estar devidamente preparados para garantir um processo de ensino-aprendizagem significativo para todos os educandos, com ou sem deficiência. Como evidenciado no referencial teórico, o uso de recursos didáticos adaptados em sala de aula representa uma importante ferramenta para a construção de uma educação verdadeiramente inclusiva (MENDONÇA, 2015).

O protótipo desenvolvido ao longo desta pesquisa apresenta-se como uma proposta viável e eficaz para ser utilizado por professores de Física do ensino médio, proporcionando aos alunos com deficiência visual a possibilidade de participar de maneira ativa das aulas. A funcionalidade do protótipo foi validada experimentalmente, demonstrando que é possível promover a inclusão por meio de soluções tecnológicas de baixo custo e acessíveis.

Durante a coleta de dados por meio dos questionários aplicados aos docentes do município de Salinópolis-PA, observou-se certa resistência por parte de alguns professores, que optaram por não participar da pesquisa, demonstrando falta de interesse na temática. Além disso, as respostas dos participantes evidenciaram contradições e um certo despreparo relacionado à inclusão, revelando lacunas significativas tanto na formação inicial quanto na formação continuada dos professores.

Os dados obtidos apontam a carência de disciplinas obrigatórias voltadas à educação inclusiva nas matrizes curriculares dos cursos de licenciatura. Isso indica a necessidade urgente de uma reestruturação nos cursos de formação docente, de modo que os futuros professores possam vivenciar, ainda durante a graduação, experiências que os preparem para lidar com a diversidade em sala de aula (CASTRO; LIMA, 2012).

Outro ponto de destaque foi a construção do material adaptado em Braille com o uso da máquina Perkins, possibilitando a elaboração das paletas e ambientes do protótipo. Essa etapa foi essencial para garantir a autonomia do aluno com deficiência visual durante as atividades práticas, promovendo o aprendizado por meio dos sentidos remanescentes — o tato, com o sistema Braille, e a audição, com os sinais sonoros emitidos pelo protótipo.

Portanto, o presente trabalho não apenas reafirma a importância do uso de experimentos de baixo custo com auxílio da tecnologia no ensino de Física, como também reforça a necessidade de

práticas pedagógicas que contemplem a inclusão. Acredita-se que o uso de protótipos como o *VDV Color Sensor* pode ampliar as possibilidades de aprendizagem e incentivar os alunos a refletirem de forma crítica sobre os fenômenos físicos do cotidiano.

Por fim, destaca-se que esta pesquisa contribuiu significativamente para a formação docente do autor, ampliando sua visão sobre a educação inclusiva. Espera-se que o estudo sirva como incentivo para outros professores, pesquisadores e instituições refletirem sobre a importância de se investir em práticas inclusivas e na valorização da diversidade em sala de aula. Como continuidade, propõe-se aplicar o protótipo em turmas reais para avaliar sua efetividade pedagógica e desenvolver novos estudos a partir dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. B. de *et al.* Protótipo experimental de termômetro sonoro para inclusão de alunos com deficiência visual nas aulas de termometria. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2018. **Anais...** 2018.
- ALMEIDA, C. de. P. da *et al.* Luz à primeira vista: um programa de atividades para o ensino de óptica a partir de cores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 41, n. 3, 2019.
- ALMEIDA, G. A. de *et al.* **Dispositivo sensorial com Arduino para inclusão de alunos com deficiência visual e auditiva em aulas de óptica.** [S.l.: s.n.], s.d.
- ALMEIDA, G. A. de *et al.* Experimentos de Óptica com materiais acessíveis: uma proposta para alunos com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 1-10, 2008.
- ALMEIDA, G. A. de *et al.* Proposta de atividade lúdica com maquete tátil sobre espelhos esféricos para alunos com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 1-7, 2011.
- ALMEIDA, M. A.; MORÉ, C. L. O. O.; BAPTISTA, C. R. Educação inclusiva: com os pingos nos "is". **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 18, n. 27, p. 423-434, 2005.
- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Física: volume único.** 5. ed. São Paulo: Scipione, 2014.
- AMORIM, H. S. de *et al.* **Automação com Arduino: aplicações práticas.** São Paulo: Ciência Moderna, 2011.
- ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de; LÜDKE, Menga. **Pesquisas em educação: uma introdução às técnicas e ao processo de investigação científica.** 2. ed. São Paulo: EPU, 2018.
- ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. **Pesquisa qualitativa e subjetividade: os processos de construção da informação.** 3. ed. São Paulo: Cortez, 2013.
- ARAÚJO, E. M. *et al.* Abordagem experimental no ensino de Física para alunos com deficiência visual: possibilidades e desafios. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 15-27, 2015.
- ARAÚJO, José Carlos Souza de. **Planejamento e prática pedagógica: o ensino como ato intencional.** São Paulo: Avercamp, 2013.
- AZEVEDO, N. C.; SANTOS, M. E. R. Educação Inclusiva e Ensino de Física: uma abordagem para alunos com deficiência visual. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 27, n. 51, p. 85-98, 2014.
- BARTHEM, T. M.; SILVEIRA, J. B.; SANTOS, E. M. Recurso didático experimental inclusivo para o ensino de ondas no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 41, n. 4, p. e2020, 2019.

BASSALO, J. M. F. História da luz: da Grécia Antiga ao século XX. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 12, n. 4, p. 555-597, 1990.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

BEYER, H. A. **Deficiência visual: construindo novos caminhos**. São Paulo: Cortez, 2003.

BOTAN, D. S. Recurso didático para o ensino de cinemática a alunos surdos numa perspectiva bilíngue. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 3, p. 35-49, 2012.

BOTOMÉ, S. P.; KUBO, O. M. Ensino-aprendizagem: relações entre o ensino e o estudo. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 113, p. 63-84, jul. 2001.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. **Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais**. Brasília: UNESCO, 1994.

BRASIL. **Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961**. Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dez. 1961. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4024.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília: MEC/SEESP, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducespecial.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 6.571, de 17 de setembro de 2008**. Dispõe sobre o Atendimento Educacional Especializado na Educação Básica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 set. 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6571.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. **Resolução CNE/CEB nº 4, de 2 de outubro de 2009**. Institui diretrizes operacionais para o atendimento educacional especializado na educação básica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 out. 2009. Disponível em: <https://normativasconselhos.mec.gov.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 7.611, de 17 de novembro de 2011**. Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7611.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 jun. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

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, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular – BNCC. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRIGIDA, A. C. S. *et al.* Proposta de ensino inclusivo de Física com materiais manipuláveis: modelos atômicos feitos com Miriti. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v.7, n.3, p.15023-15042, 2025.

CAIADO, K. P. **Educação inclusiva e ensino de Física: uma análise dos sentidos atribuídos às cores por estudantes com deficiência visual.** 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

CAMARGO, E. R. Maquetes tátil-visuais e tátil-audiovisuais como recursos para o ensino de Física inclusivo. In: CAMARGO, E. R. (Org.). **Ensino de Física e Inclusão: práticas e reflexões**. São Paulo: [Editora], 2012. p. 95-136; p. 238.

CAMARGO, E. R.; FILHO, G. A. S.; SILVA, D. B. Atividades experimentais para alunos com deficiência visual: uma abordagem do conceito de aceleração da gravidade. **Caderno Brasileiro de Educação Física e Esporte**, v. 24, n. 1, p. 115-123, 2006.

CAMARGO, E. R.; SILVA, D. B. Atividade sonora para alunos com deficiência visual: uma proposta de ensino de movimento e colisão. **Revista A Física na Escola**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 30-34, 2006.

CAMARGO, E. S. As dificuldades encontradas por professores de física no processo de inclusão de alunos com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 1-10, 2012.

CAMARGO, K. R. S.; NARDI, R. Inclusão e formação de professores de Física: o ensino de óptica para alunos com deficiência visual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 93-114, 2007.

CAMARGO, K. R. S.; NARDI, R.; VERASZTO, E. V. A inclusão de estudantes com deficiência visual no ensino de óptica: desafios e possibilidades. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2008. **Anais...** 2008, p. 1-11.

CAMARGO, E. S. As dificuldades encontradas por professores de física no processo de inclusão de alunos com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 1-10, 2012.

COLTO, M. G.; DEDEZINHO, D. L. O uso da audiodescrição como recurso didático inclusivo. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 67-84, 2019.

COSTA, L. M. da. **Experimentos tátteis e auditivos para o ensino de óptica geométrica a estudantes com deficiência visual.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2017.

DICKMAN, A. G.; FERREIRA, L. C. Ensino de Ciências para alunos com deficiência visual: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 49-62, 2008.

ENGEL, E. H. **Como funciona a visão.** Focus Medicina dos Olhos. 30 de abril, 2015. Disponível: <http://focusmedicinadosolhos.com.br/index.php/artigos/como-funciona-a-visao/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

EVERTON, L. A.; SILVA, R.; SILVA, L. Kit experimental de baixo custo adaptado ao ensino de Óptica para estudantes com deficiência visual. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 54-63, 2012.

FORATO, T. **Óptica geométrica e ondulatória: luz, imagem e cor.** São Paulo: Saraiva, 2015.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HENEINE, L. G. D. **Fisiologia Humana.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** 12. ed. São Paulo: Bookman, 2015.

LAPLANE, A. L. F.; BATISTA, C. D. O processo ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual: contribuições da Neuropsicologia. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 213-230, 2008.

LEMOS, J. M.; CERQUEIRA, M. M. A importância do Sistema Braille na inclusão de pessoas com deficiência visual. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 27, n. 49, p. 175-190, 2014.

LEMOS, R. M.; et al. **Iniciação à robótica com Arduino: conceitos, práticas e fundamentos.** São Paulo: Novatec, 2015.

LLEWELLYN, R. A.; TIPLER, P. A. **Física moderna.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MENDES, A. P.; TORRES, R. B. Kit didático tático e magnético para o ensino de conceitos físicos: uma proposta inclusiva. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2019. **Anais...** 2019.

MIGUEL, A. S. Pesquisa em Educação Matemática: possibilidades metodológicas. In: SILVA, K. A.; BORBA, M. C. (org.). **Temas e metodologias de pesquisa em educação matemática.** Belo Horizonte: Autêntica, 2010. p. 17-36.

NUNES, D. R. P.; LOMÔNACO, J. F. B. A importância da linguagem na educação de deficientes visuais. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 165-172, 2008.

PEREIRA, J. S.; OLIVEIRA, M. B. de. O uso de experimentos como recurso pedagógico no ensino de física: contribuições para o processo de ensino e aprendizagem. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 13, n. 3, p. 1-18, 2020.

PLATAFORMA ARDUINO. **Arduino – Official Website**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SILVA, J. A. da. **Projetos com Arduino: guia básico para iniciantes**. São Paulo: Brasport, 2018.

SILVA, J. S. Ensino de óptica para alunos com deficiência visual: adaptações e práticas inclusivas. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

SOUZA, C. T.; TEIXEIRA, J. A. Inclusão escolar e a especificidade da deficiência visual: os processos de aprendizagem mediados pelos sentidos remanescentes. **Revista da Faculdade de Educação**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 301-316, 2008.

SOUZA, E. P. de. **Arduino: aprendendo com projetos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2013.

TORRES, C. C.; MAZZONI, A. A.; MELLO, A. S. Aspectos sensoriais da leitura e escrita Braille. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 255-270, 2007.

YOUNG, J. J. Blind people 'see' colors with their brains, study shows. **Nature Communications**, Londres, p. 1-4, 2019. Tradução de PINCELLY, É. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ncomms12457>. Acesso em: 11 abr. 2025.