



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Simulador 2D tátil para montagem de circuitos elétricos para pessoas com deficiência visual***Tactile 2D simulator for assembling electrical circuits for visually impaired people***Gabriela Santos Leite¹, Gabriel Rodrigues de Castro², Karina Machado Silva³,
Diego Augusto Santos⁴, Jefferson Martins⁵**RESUMO**

Estudantes com deficiência visual precisam de ajustes nas atividades práticas tradicionais e nas estratégias metodológicas e didáticas empregadas pelo professor. Essas adaptações são baseadas em ferramentas de ensino multissensoriais, que reforçam o aprendizado de todos os alunos da classe. Dessa forma, o objetivo dessa prática experimental é produzir recursos didáticos simples que permitam que estudantes com deficiência visual e baixa visão possam aprender os conceitos básicos sobre circuito em série e em paralelo. Além da montagem dos circuitos táteis para a apresentação dos conceitos físicos, é apresentado um modelo de Simulador 2D tátil para que os alunos com deficiência visual possam, de forma independente, realizar as montagens dos circuitos em série e em paralelo.

Palavras-chave: Circuito elétrico; deficiência visual; ensino de Física.

ABSTRACT

Visually impaired students need adjustments in traditional practical activities and in methodological and didactic strategies employed by the teacher. These adaptations are based on multisensory teaching tools, which reinforce the learning of all students in the class. Thus, the objective of this experimental practice is to produce simple teaching resources that allow visually impaired and low vision students to learn the basic concepts of series and parallel circuits. In addition to the assembly of tactile circuits for the presentation of physical concepts, a model of a tactile 2D Simulator is presented so that students with visual impairments can independently perform the series and parallel circuit assemblies.

Keywords: *Electric circuit; visual impairment; Physics teaching.*

¹ E-mail: gabriela.leite@ifsudeste.edu.br

² E-mail: gabriel.bicas@hotmail.com

³ E-mail: karinamachado13@gmail.com

⁴ E-mail: diegomecatronicajf@gmail.com

⁵ Centro Universitário Estácio Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG – Brasil. E-mail: jeffersonsilvamartins@gmail.com



1. INTRODUÇÃO

A História da Educação Inclusiva foi marcada por diversos fatores históricos, especificamente, podemos destacar a elaboração de uma legislação com deliberações nacionais e internacionais que fortalecem os princípios da Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948), a Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes (1975), a Conferência Mundial sobre Educação para Todos (1990), a Declaração de Salamanca (1994), a Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) (1996), a Lei 13.146 (Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência) (2015) e o Plano Nacional de Educação (PNE, 2014-2024), que determina diretrizes, metas e estratégias para a política educacional. Em relação à inclusão, a Meta 4 deste plano abrange a necessidade de universalizar o acesso à educação básica e o Atendimento Educacional Especializado (AEE).

A Declaração de Salamanca foi um passo importante para a discussão e implementação da inclusão escolar, a qual demanda que os Estados assegurem que a educação de pessoas com deficiências seja parte integrante do sistema educacional.

A Lei Brasileira de Inclusão, Lei nº 13.146, de julho de 2015, é de grande destaque no contexto de pessoas com deficiência, por “assegurar e promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania” (BRASIL, 2015) e, também, garantir a esse público um “sistema educacional inclusivo em todos os níveis e modalidades” (BRASIL, 2015), que lista dezoito itens a fim de serem cumpridos tanto por instituições públicas quanto privadas. (BRASIL, 2015).

A resolução n. 2/2001, que instituiu as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica retrata que a inclusão deve ser obrigatória, pois determina que os sistemas de ensino devem matricular todos os alunos, sendo de responsabilidade das escolas a adequação para os atendimentos dos discentes com necessidades especiais, garantindo as condições necessárias para a educação de qualidade para todos. (GOMES, 2015). Embora as pessoas com deficiência tenham garantia por lei do acesso à educação, algumas práticas e legislações não garantem a inclusão, pois não consideram as necessidades específicas que cada deficiência pode ter.

Existem muitos desafios relacionados à inclusão de alunos com deficiência. Um dos maiores deles é quando se pensa na importância que as instituições de ensino superior (TAVARES; SANTOS; FREITAS, 2016) têm em relação aos seus espaços físicos, políticas, núcleos e ações de apoio pedagógico para promover a permanência do aluno, bem como oferecer práticas, desenvolver recursos didáticos, tecnológicos e pedagógicos adaptados e voltados ao público-alvo da Educação Especial. (CABRAL; MELO, 2017). Além disso, profissionais capacitados, dispostos e preparados para receberem esses alunos com o intuito de planejar, confeccionar e orientar no que concerne aos materiais adaptados e acessíveis. Assim, será possível melhorar o acesso, a permanência e o êxito,



o que viabiliza a acessibilidade de modo geral e garante a aprendizagem e o direito constitucional à educação.

De acordo com o Decreto n. 3.298, de 20 de dezembro de 1999, a deficiência visual pode ser compreendida através de dois aspectos, o de cegueira e baixa visão, definidos como:

“Cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores.” (BRASIL, 1999).

Dessa forma, a deficiência visual (DV) é conceituada como a lesão total ou parcial, congênita ou adquirida, da visão. A acuidade visual pode variar conforme o nível, o que gera dois tipos de deficiência:

Cegueira – há perda total da visão ou pouquíssima capacidade de enxergar, o que leva a pessoa a necessitar do Sistema Braille como meio de leitura e escrita.

Baixa visão ou visão subnormal – caracteriza-se pelo comprometimento do funcionamento visual dos olhos, mesmo após tratamento ou correção. As pessoas com baixa visão podem ler textos impressos ampliados ou com uso de recursos óticos especiais.” (FUNDAÇÃO DORINA NOWILL, s/d).

A inclusão de pessoas com DV na concepção escolar é dificultada pela pouca disponibilidade de docentes e profissionais da educação capacitados para atuar no ensino desses alunos. (CORDOVA *et al.*, 2018). Há também outro fator que prejudica a qualidade de ensino/aprendizagem, principalmente em relação ao contexto da educação superior, pois há um déficit de conteúdos básicos do ensino fundamental e médio, ambos indispensáveis para o progresso do conhecimento. Muitos deles são ensinados por meio de descrições, com baixo apelo visual e pouco dinâmico dos conteúdos programáticos das matérias, principalmente as disciplinas associadas aos cálculos que demandam muito dessas propostas, como Matemática, Química e Física.

As atividades experimentais durante o ensino da física vêm sendo notadas com grande importância, visto que proporcionam ao aluno um envolvimento maior ao conteúdo que está sendo ministrado (MARTINS; BIGANSOLLI; CRUZ, 2011), fugindo assim de um ensino puramente teórico, carregado por fórmulas e soluções matemáticas. De acordo com BIZZO (2009), “ciências é difícil quando os alunos não entendem determinadas afirmações, mesmo que estas apareçam impressas em livros didáticos.”

Realizar experimentos no ensino da Física tem como finalidade proporcionar uma noção dos conteúdos vistos nos livros didáticos por meio de recursos práticos. (MARTINS; BIGANSOLLI; CRUZ, 2011; SILVA; CAMARGO, 2020). A utilização desses recursos experimentais assume um enfoque motivacional, tornando o aprendizado mais atrativo para o ensino/aprendizagem dos alunos, conquistando a atenção e interesse deles. Além disso, aumentar o foco no processo de aprendizagem e de ensino, visando uma absorção dos conteúdos de maneira mais consolidada e rápida. (BIZZO, 2009).



Apesar dos benefícios, o estudo da Física por meio da experimentação tem uma carência dentro do sistema educacional brasileiro, que pode ser assumida devido à dificuldade e à falta de cursos de capacitação para os professores e profissionais da área da educação em elaborar atividades práticas para o ensino desta disciplina, em particular, direcionadas para alunos com DV. Portanto, torna-se necessária a preparação de materiais que auxiliem numa aprendizagem significativa dos conceitos físicos.

Os materiais produzidos para ensinar física à pessoas com DV devem servir como mediadores para facilitar a relação professor-aluno-conhecimento. (PASSOS, 2012; CASTRO; LEITE; MARTINS, 2021). Além disso, para Alves e colaboradores, o essencial é estimulá-los para que tenham a capacidade de desenvolver uma relação multissensorial. (ALVES *et al.*, 2019).

França e Siqueira (2019) realizaram uma busca online nos principais periódicos de Ensino de Física no Brasil entre os anos de 2000 a 2018. A partir dos seguintes termos: educação inclusiva, inclusão, deficiência visual, materiais adaptados e ensino de física, foram encontrados 216 artigos, dos quais apenas 48 se enquadravam nos critérios de inclusão propostos, ou seja, investigavam a produção e/ou adaptação de material didático no ensino de Física com foco no ensino de pessoas com deficiência visual. (FRANÇA *et al.*, 2019). A Tabela 1 apresenta o resumo dos artigos encontrados.

Tabela 1 – Artigos publicados em eventos e periódicos entre os anos de 2000 a 2018.

Termo	Inclusão, deficiências, necessidades especiais educacionais e ensino de Física	Produção e/ou adaptação de material no ensino de Física para deficiente visual
Periódicos	70	17
Eventos	146	31
Total	210	48

Fonte: Adaptado de: FRANÇA (2019).

Dos 48 artigos analisados seguindo a temática de produção e/ou adaptação de materiais para pessoa com deficiência visual no ensino de Física entre os anos de 2000 a 2018, somente um abordava o tema de circuitos elétricos. (FRANÇA *et al.*, 2019).

Dessa forma, o presente trabalho foi um desdobramento do projeto de extensão “Física em mãos”: confecção de recursos didáticos adaptados para pessoas com deficiência visual na área de Eletricidade e Magnetismo. O mesmo tem como objetivo demonstrar, a partir de recursos didáticos adaptados, de baixo custo e acessíveis, conceitos básicos sobre circuitos série/paralelo, bem como suas características e propriedades para alunos do Ensino Médio com deficiência visual e baixa visão. Além disso, ampliar o conhecimento e promover o incentivo de práticas educativas na perspectiva da produção de materiais adaptados para pessoas com deficiência visual, tendo como finalidade a equidade e qualidade no processo de ensino/aprendizagem desses discentes.



2. METODOLOGIA

Segundo o Guia prático para adaptação em relevo (ARAÚJO *et al.*, 2011), para a confecção de um material adaptado é necessário seguir quatro passos fundamentais: I) Análise do material a ser adaptado; II) Com a análise realizada, verifica-se a necessidade e elege-se as texturas a serem utilizadas; III) Ampliação do material selecionado, verificando a não interferência no original, para que se configure em um formato que permita à pessoa cega percebê-la de forma globalizada; e, IV) Confecção do material.

As texturas utilizadas na confecção de materiais em relevo têm muita importância para a pessoa com DV, pois elas possuem a função de diferenciar, por exemplo, as partes de uma figura. Em um experimento de circuito elétrico elas terão a função de diferenciar os diversos tipos de componentes. Dessa forma, as texturas irão garantir para a pessoa com DV a compreensão, interpretação e assimilação das informações nas mesmas formas encontradas nos recursos educacionais. Além disso, essa atividade pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos alunos sem deficiência visual.

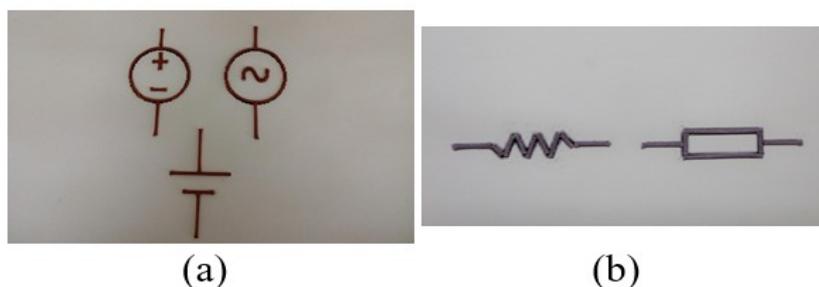
Para a confecção da montagem dos circuitos apresentados na seção 3.1 utilizou-se o cordonê que é um fio feito de algodão ou poliéster. Já na construção e testagem do simulador 2D (seção 3.2), além do cordonê, foram utilizadas miçangas e E.V.A (acetato-vinilo de etileno). O E.V.A é uma espuma sintética utilizada em artesanato, produtos infantis e em escolas, já as miçangas são pequeno objeto decorativos feitos, na maioria dos casos, de vidro.

3. CONSTRUÇÃO DO SIMULADOR

3.1. MONTAGEM DOS CIRCUITOS

Inicialmente montou-se as simbologias utilizadas nos livros didáticos para as representações de fonte de tensão (Figura 1a) e resistência (Figura 1b). Para as colagens de ambas as representações foram utilizados: cordonê, material de filamento de poliéster que possui alta resistência. É importante destacar que em todos os casos não se pode deixar excesso de cola ou parte dos materiais sobrepostos, pois pode gerar dúvidas quando o aluno deficiente visual estiver fazendo a identificação tátil.

Figura 1 – (a) Simbologia para fonte de tensão. (b) Simbologia para a Resistência.



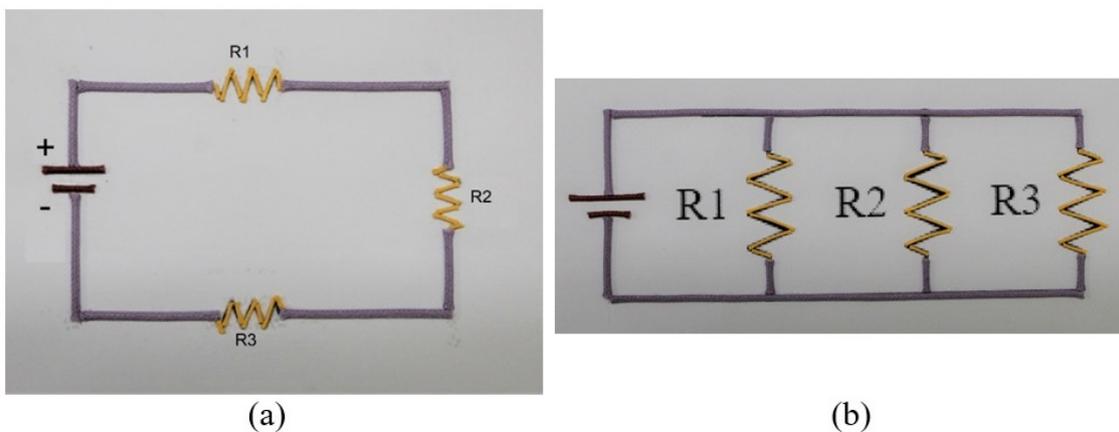
Fonte: Elaborada pelos autores.



Para a montagem dos circuitos em série (Figura 2a) e em paralelo (Figura 2b) foram utilizados os seguintes materiais: I) Cordonê na cor violeta representando as conexões; (II) Cordonê na cor amarela representando as resistências (R1, R2 e R3); e, (III) Cordonê na cor marrom representando a fonte de tensão. Destaca-se que essas montagens podem ser utilizadas por alunos videntes. Os três tipos de cordonê utilizados apresentam texturas diferentes, pois são com essas diferenças de texturas que os estudantes com DV conseguem identificar e diferenciar as informações do circuito. Dessa forma os diferentes componentes do circuito elétrico podem ser compreendidos pelos estudantes com DV.

Recomenda-se que nessa etapa o professor explique a diferença do comportamento da corrente elétrica no circuito em série e em paralelo. O professor pode aproveitar para explicar sobre o sentido real e convencional da corrente elétrica. A montagem dos dois circuitos é importante, pois antes da apresentação do Simulador 2D os alunos precisam ter um contato prévio com os tipos de circuitos, seus componentes e como a corrente elétrica se comporta em cada circuito. É nessa etapa que os alunos irão receber todos os conceitos físicos sobre os diferentes tipos de circuitos, inclusive a mesma pode ser realizada com os estudantes videntes ou com DV, pois há um apelo visual com variação de cores e, também, de diferentes texturas, o que favorece a montagem e compreensão de ambos.

Figura 2 – Montagem dos circuitos. (a) circuito em série e (b) circuito em paralelo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

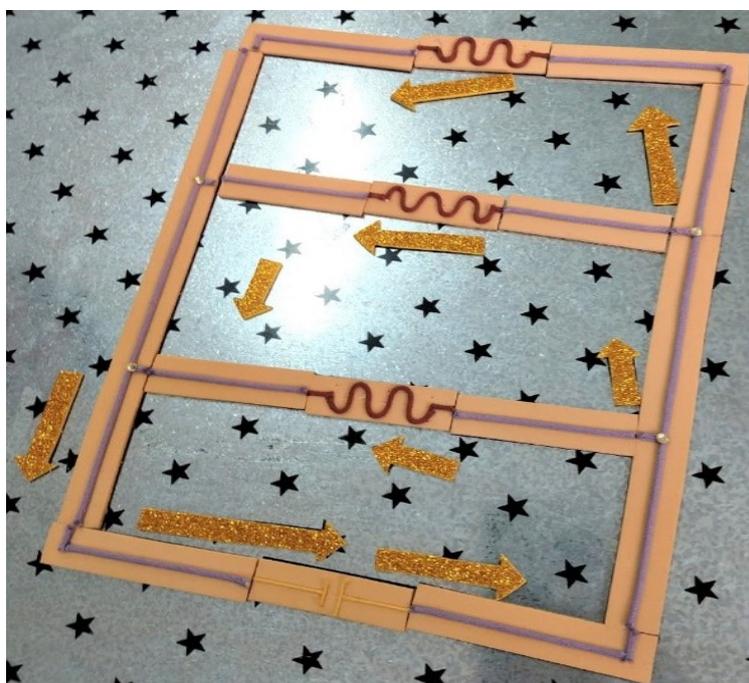
3.2. CONSTRUÇÃO E TESTAGEM DO SIMULADOR 2D

Para a montagem do Simulador 2D (Figura 3), inicialmente foram escolhidos os seguintes materiais: (I) cordonê na cor roxa, para representar os fios no circuito elétrico abaixo representado; (II) cordonê na cor vermelha, que representou as resistências no circuito disposto; (III) cordonê na cor amarela, representando o sinal da fonte de alimentação do mesmo; (IV) EVA com purpurina para a construção das setas que são utilizadas na representação do sentido da corrente elétrica; e, (V) EVA na cor salmão, que serviu de base para a confecção das peças do simulador.



Na base do EVA foi inserida uma folha adesiva imantada, pois será esse imã que permitirá que os alunos construam a simulação. Como pode ser visto na Figura 3, a simbologia da resistência não foi confeccionada conforme apresentado na proposta inicial (Figura 2a e b), pois durante o processo de exibição dos circuitos para os revisores que possuem DV, foi sugerido que a forma de “ziguezague” mostrado na Figura 2a e 2b, fosse substituída por forma “sinuosa”, conforme apresentado no Simulador. Essa alteração foi necessária, pois na forma de “ziguezague” o cordonê era colado em “pedacinhos”, o que trazia dúvidas para as pessoas com DV se havia alguma alteração no circuito. Também foram sugeridas as inserções de pontos sobressalentes onde seriam os “nós” no circuito em paralelo, pois isso facilita a identificação dos desvios que ocorrem nos circuitos.

Figura 3 – Simulador 2D na configuração de um circuito elétrico em paralelo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conceitos de circuitos em série e em paralelo foram apresentados para dois revisores que possuem deficiência visual. Após a explicação dos conceitos, foi apresentado o Simulador 2D (S2D), permitindo que eles conhecessem e explorassem os materiais utilizados (Figura 4). Nessa etapa, é fundamental que o professor atue como mediador na construção do conhecimento, realizando e/ou estimulando a pessoa com deficiência visual a fazer perguntas sobre as diversas possibilidades que o S2D pode oferecer.

Em um segundo momento, desmontou-se as duas configurações, em série e em paralelo do S2D e foi solicitado que eles efetuassem a montagem da configuração para um circuito em série e, posteriormente, para a montagem da configuração de um circuito em paralelo. Um dos revisores conseguiu montar as duas configurações em aproximadamente 5 minutos, já o segundo, conseguiu efetuar as duas montagens em aproximadamente 30



minutos. Acredita-se que essa diferença de tempo na montagem para cada pessoa possa ser relacionada ao pouco estímulo que cada um adquiriu ao longo da sua vida e, também, o incentivo de conhecer, reconhecer e aprender por meio do tato. Na Figura 5 mostra-se a montagem de um circuito em paralelo realizada pelo revisor.

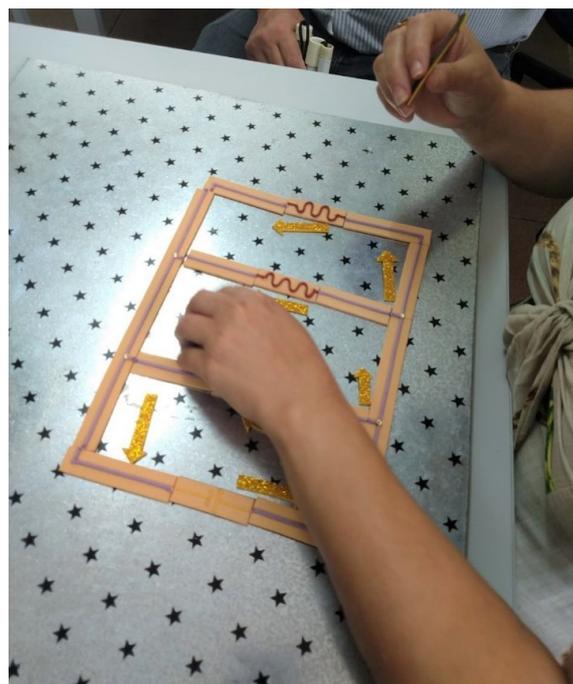
Figura 4 – Apresentação dos componentes do S2D para os revisores com deficiência visual.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Destaca-se que ambos os revisores realizaram as montagens e indicaram o sentido correto da corrente elétrica.

Figura 5 – Montagem do circuito em paralelo realizada pelo revisor com DV indicando o sentido da corrente elétrica.



Fonte: Elaborada pelos autores.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição dos revisores com DV foi fundamental para realizar apontamentos a fim de melhorar a compreensão do material produzido, bem como a leitura tátil. Diante disso, foi fundamental levar em consideração essas sugestões do público-alvo, que nos levaram a refazer alguns componentes e chegarmos a um projeto final acessível e de qualidade.

Acredita-se que a elaboração e o desenvolvimento dessa atividade inclusiva para o ensino de Física, em aulas de Ensino Médio, possa ser extremamente importante, pois poderá ser aplicada para uma turma na perspectiva inclusiva, em que existam estudantes videntes e não videntes.

Dessa forma, essa atividade poderá aumentar a interação entre toda a classe, aumentando e estimulando o aprendizado dos estudantes. Destaca-se ainda que as atividades com essa perspectiva aumentam a autoconfiança do estudante cego. Além disso, ampliam o conhecimento e promovem o incentivo de práticas educativas no âmbito da criação de materiais multissensoriais para pessoas com deficiência visual, tendo como finalidade a equidade e qualidade no processo de ensino/aprendizagem desses discentes.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, B. *et al.* A pedagogia multissensorial com crianças cegas ou com baixa visão. **Benjamin Constant**, v.2, p.137–150, 2019.

ARAÚJO, B. K. *et al.* **Guia prático para adaptação em relevo**. Santa Catarina: Secretaria de Estado da Educação, Fundação Catarinense de Educação Especial, 2011.

BIZZO, N. M. V. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Biruta, 2009.

BRASIL. **Decreto Legislativo nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999**. Regulamenta a Lei no 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, Casa Civil, 1999.

BRASIL. **Lei das Diretrizes e Bases da educação Nacional (LDBEN)**. Brasília, DF: Senado Federal, 2005.

BRASIL. **Lei n. 13.146, de 6 de jul. de 2015**. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, DF: Presidência da República, Secretaria-Geral, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2015.

BRASIL. **Plano Nacional de Educação PNE 2014-2024**. Brasília, DF: MEC/Inep/Dired, 2015.

CABRAL, L. S. A.; MELO, F. R. L. V. D. Entre a normatização e a legitimação do acesso, participação e formação do público-alvo da educação especial em instituições de ensino superior brasileiras. **Educar em Revista**, n.3, p.55–70, 2017.

CASTRO, G. R.; LEITE, G. S.; MARTINS, J. S. Construção de um experimento para o ensino-aprendizagem da primeira lei de Ohm para estudantes com deficiência visual. **A Física na Escola**, v.19, n.1, 2021.



CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução CNE/CEB 2/2001**. Câmara de Educação Básica. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 14 set. 2001. Seção 1E, p.39-40.

CORDOVA, H. P. *et al.* Audiotermômetro: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.40, n.2, 2018.

CORDOVA, H. P. *et al.* **Declaração de Salamanca sobre princípios, política e práticas na área das necessidades educativas especiais**. Brasília, DF: MEC, 1994. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acesso em: 26 set. 2019.

CORDOVA, H. P. *et al.* **Declaração Mundial sobre Educação para Todos** (Conferência de Jomtien – 1990). Brasília, DF: UNICEF Brasil, 1990. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-mundial-sobre-educacao-para-todos-conferencia-de-jomtien-1990>. Acesso em: 26 set. 2019.

CORDOVA, H. P. *et al.* **Declaração Universal dos Direitos humanos**. Brasília, DF: ONU Brasil, 2019.

FRANÇA, S; SIQUEIRA, M. Propostas didáticas no ensino de física para deficientes visuais: análise de trabalhos em periódicos e eventos nacionais (2000-2018). **Latin-American Journal of Physics Education**, v.13, n.4, p.1-8, 2019.

FUNDAÇÃO DORINA NOWILL. **O que é deficiência**. São Paulo: Fundação Dorina Nowill, 2021. Disponível em: <https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/o-que-e-deficiencia/>. Acesso em: 6 jan. 2021.

GOMES, J. A. **Revisão bibliográfica sobre o Ensino de Física para Deficientes Visuais**. 2015. 59 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MARTINS, J. S; BIGANSOLLI, A. R; CRUZ F. A. O. Cuba de Ondas: uma atividade prática para o ensino de física com Audacity. **Vivências**. v.8, p.18-31, 2012.

PASSOS, C. L. B. **Materiais manipuláveis como recursos didáticos na formação de professores de Matemática**. 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2012. Coleção Formação de professores. v.1. p.76–92.

SILVA, M. R. DA; CAMARGO, E. P. Estado do conhecimento no ensino de física para alunos surdos e com deficiência auditiva: incursão nas teses e dissertações brasileiras. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.13, n.1, p.251–275, 2020.

TAVARES, L. M. F. L.; SANTOS, L. M. M.; FREITAS, M. N. C. A educação inclusiva: um estudo sobre a formação docente. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v.22, n.4, p.527–542, 2016.

Submetido em: **13/11/2020**

Aceito em: **03/03/2021**