

Desenvolvimento de tabuleiro para ensino de vetores na Física: uma tecnologia assistiva construída pelos princípios do Desenho Universal

Góes, Heliza Colaço¹; Santos, Angela Maria dos²; Tunnir, Viviana Jenife³; Coelho, José Ricardo Dolenga⁴; Góes, Anderson Roges Teixeira⁵

1 – Instituto Federal do Paraná, IFPR, heliza.goes@ifpr.edu.br

2 – Instituto Federal do Paraná, IFPR, angela.dossantos@ifpr.edu.br

3 – Universidade Federal do Paraná, UFPR, tunniviviana@gmail.com

4 – Universidade Federal do Paraná, UFPR, dolengacoelho@gmail.com

5 – Universidade Federal do Paraná, UFPR, artgoes@ufpr.br

* -Correspondência: Rua João Negrão, 1285 – Rebouças – Curitiba – PR.

DOI 10.52050/9788579177132-09

RESUMO

A análise dos baixos desempenhos pelos instrumentos de avaliação pelo Brasil e internacional evidencia desafios na aprendizagem de Física para grande parte dos estudantes do ensino médio, inclusive estudantes com deficiência. Este estudo teve como objetivo desenvolver um recurso assistivo para o ensino de vetores, na perspectiva do Desenho Universal. Foi elaborado um tabuleiro didático, impresso em 3D, com elementos táteis, visuais e adaptáveis, avaliado com uma professora. Os resultados indicaram boa funcionalidade, com sugestões para aprimorar sua acessibilidade. Conclui-se que o material contribui para práticas inclusivas em educação e Tecnologia Assistiva, promovendo aprendizagem em diversos contextos.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Ensino da Física, Educação Básica.

ABSTRACT

The analysis of low performance in national and international assessment tools highlights challenges in learning Physics for many high school students, including those with disabilities. This study aimed to develop an assistive resource for teaching vectors, based on the principles of Universal Design. A didactic board was created, 3D-printed with tactile, visual, and adaptable elements, and evaluated by a teacher. The results indicated good functionality, along with suggestions to

enhance its accessibility. It is concluded that the material contributes to inclusive practices in education and Assistive Technology, promoting learning in diverse contexts.

Keywords: Assistive Technology, Physics Education, Basic Education.

1. INTRODUÇÃO

A análise dos dados mais recentes do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) (2023) e do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA, 2022) revela um cenário complexo do desempenho educacional dos estudantes brasileiros. Em especial, os resultados em matemática e ciências chamam atenção: 68% e 45% dos jovens, respectivamente, estavam em níveis críticos de aprendizado (MAIA; APPELT, 2021).

Essa situação apresenta a urgência de compreender as dificuldades enfrentadas pelos estudantes nessas disciplinas, sobretudo para desenvolver recursos pedagógicos que auxiliem os professores na superação desses desafios em sala de aula. Também é fundamental refletir sobre os obstáculos enfrentados por alunos cujas dificuldades são agravadas por deficiências — sobretudo em disciplinas que exigem maior nível de abstração, como física e matemática.

No Brasil, o número de estudantes com deficiência matriculados na Educação Básica, com atendimento educacional especializado, tem crescido de forma considerável, indicando avanços no processo de escolarização inclusiva. De acordo com o Censo Escolar (2023), divulgado pelo Ministério da Educação (MEC) e o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), entre 2019 e 2023 houve um aumento de 41,6% nas matrículas. Esse cenário reforça a urgência de desenvolver alternativas que promovam uma educação verdadeiramente inclusiva, garantindo a todos os estudantes, independentemente de suas necessidades específicas, o acesso igualitário ao conhecimento (FRANÇA; SIQUEIRA, 2019). Considerando esse contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um recurso pedagógico acessível. Trata-se de um tabuleiro educativo sobre vetores, concebido para tornar mais acessível e engajador o ensino desse conteúdo na disciplina de Física.

A proposta surgiu de uma demanda específica de uma professora do Instituto Federal do Paraná – campus Curitiba (IFPR), que buscava estratégias mais eficazes para aulas práticas sobre vetores com estudantes do primeiro ano do ensino médio. A docente elaborou um protótipo inicial com isopor, posteriormente encaminhado ao Laboratório de Tecnologia Assistiva Educacional (LabTAE), com fomento do NAPI-TA, para refinamento técnico e desenvolvimento final.

O *design* do modelo foi orientado pelos princípios do Desenho Universal (DU), buscando atender à diversidade de habilidades e estilos de aprendizagem.

Entre os elementos incorporados, destacam-se as marcações em Braille, que tornam o recurso acessível a estudantes com deficiência visual. O processo de desenvolvimento incluiu também uma análise de recursos pedagógicos existentes para o ensino de vetores, com o objetivo de identificar boas práticas e oportunidades de inovação.

2. DESENVOLVIMENTO

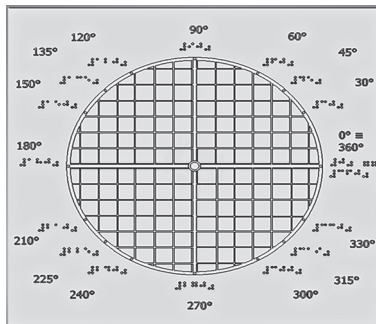
O desenvolvimento do tabuleiro e das setas para o ensino de grandezas vetoriais seguiu uma sequência estruturada de etapas, iniciando-se pela identificação da demanda e pela concepção inicial do projeto. O primeiro passo consistiu na compreensão das necessidades dos futuros usuários, com base na análise do protótipo elaborado pela professora solicitante, feito com isopor e cola colorida para demarcar os relevos. Em paralelo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre materiais existentes voltados ao ensino de vetores, com o objetivo de mapear abordagens já utilizadas e identificar lacunas. Com isso, desenvolveu-se um croqui inicial representando um círculo trigonométrico com pino central para o encaixe de setas, cuja rotação permitiria simular o comportamento de vetores e facilitar a compreensão de seus componentes e do movimento associado.

O design do recurso educacional foi aprimorado com sugestões do LabTAE, resultando na inclusão de uma malha cartesiana e marcações a cada 15 graus para auxiliar na decomposição vetorial e ângulos notáveis. Os eixos x e y foram engrossados para destaque.

As dimensões finais do círculo são 30 cm de diâmetro com borda de 5 cm, contendo inscrições em hindu-arábicos e Braille. A malha tem espaçamento de 1,4 cm, considerando o Desenho Universal e a impressora 3D. As setas foram diferenciadas por cor e espessura (vetores originais e de projeção) para facilitar a identificação.

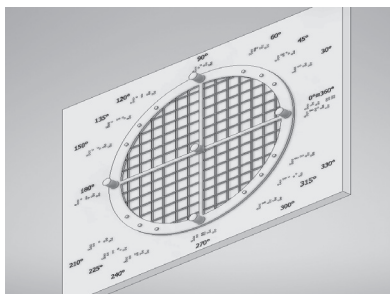
A modelagem 3D foi feita no Autodesk Inventor (software paramétrico) para precisão e flexibilidade. Uma base quadrada foi adicionada ao círculo para acomodar melhor as inscrições, resolvendo um problema inicial de legibilidade.

Figura 01 - Versão pré expansão



A pedido da professora, o modelo passou a contemplar também o ensino de força centrípeta, exigindo a expansão da funcionalidade do tabuleiro. Para isso, a base quadrada teve sua dimensão horizontal ampliada em 5 cm, resultando em medidas finais de 29,9 x 35 x 1 cm, com a inclusão de quatro novos pinos de encaixe nas extremidades dos eixos x e y, conforme a Figura 1. O diâmetro do círculo trigonométrico foi, então, redefinido para 20 cm, para melhor se ajustar à nova base na Figura 2.

Figura 02 - Versão com expansão para ensino de força centrípeta



A preparação do modelo para impressão 3D foi realizada utilizando o software Creality Print, compatível com a impressora da marca Creality. Este software permitiu o fatiamento do modelo em formato STL e a conversão automática para o código G necessário à impressão no processo FDM (Fused Deposition Modeling). A configuração foi ajustada para gerar suportes apenas nas regiões dos pinos, reduzindo o uso de material e facilitando o acabamento. Para garantir a nitidez das informações em Braille, o modelo foi orientado verticalmente na impressora, e a espessura da camada foi definida em 0,12 mm. O primeiro protótipo impresso serviu como modelo de teste para verificação de dimensões, disposição dos elementos, textura e encaixe das setas.

O *design* do tabuleiro e das setas buscou integrar efetivamente os princípios do Desenho Universal. O princípio do Uso Equitativo foi contemplado ao se propor um recurso utilizável por estudantes com diferentes habilidades, evitando segregações por meio de uma proposta lúdica e inclusiva. A Informação Perceptível foi assegurada pela adoção de cores de alto contraste, fontes legíveis, marcações em baixo-relevo e Braille, além da diferenciação de setas por cor e espessura, o que também contribui para o uso simples e intuitivo. A capacidade do modelo em abranger conceitos como decomposição vetorial e força centrípeta evidencia sua Flexibilidade no Uso, tornando-o aplicável a diferentes conteúdos da Física. Por fim, o Tamanho e Espaço para Acesso e Uso foram cuidadosamente definidos para garantir que o material seja visualmente acessível e de fácil manipulação.

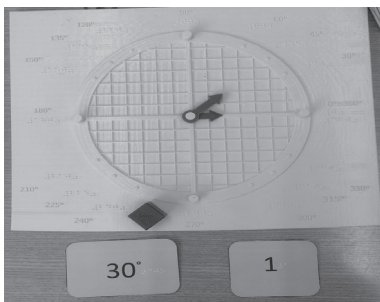
3.1 Esquema de utilização do tabuleiro pedagógico para ensino de vetores - Foco em decomposição de vetores

O objetivo desta atividade é auxiliar os estudantes na compreensão do processo de decomposição de um vetor em suas componentes horizontal (eixo x) e vertical (eixo y), por meio da utilização do recurso pedagógico “Círculo dos Vetores e Movimento”.

Para a realização da dinâmica, são utilizados os seguintes materiais: o tabuleiro pedagógico, cartas de Magnitude (com diferentes valores para representar a intensidade dos vetores), cartas de Ângulo (com diversos valores angulares), um dado com faces indicando as funções trigonométricas “seno” e “cosseno”, e um conjunto de setas que representam os vetores. As setas são diferenciadas por cor e espessura, sendo algumas destinadas ao vetor original e outras às suas componentes projetadas.

A atividade começa com a definição do vetor original, a partir do sorteio de cartas de Magnitude e Ângulo, que indicam a intensidade e direção do vetor. O estudante posiciona a seta no tabuleiro conforme os valores sorteados. Em seguida, lança um dado que determina qual componente do vetor será analisada: “cosseno” para a horizontal (eixo x) ou “seno” para a vertical (eixo y). A partir do ângulo sorteado e do resultado do dado, o estudante deve identificar e posicionar as setas correspondentes às projeções do vetor ao longo dos eixos cartesianos, conforme a Figura 3.

Figura 03 - Dinâmica do jogo, sobre determinar componente x do vetor



O tamanho desses componentes pode ser estimado visualmente no próprio tabuleiro, por meio da projeção do vetor original nos eixos, ou calculado com base nas funções trigonométricas: cosseno para a componente adjacente ao ângulo e seno para a componente oposta. Em ambos os casos, o estudante utiliza as setas adequadas para representar graficamente os vetores de projeção sobre os eixos x e y, consolidando, assim, sua compreensão do conceito de decomposição vetorial.

3.2 Esquema de utilização do tabuleiro pedagógico para ensino de vetores - Força Centrípeta

A atividade proposta tem como objetivo levar o estudante a compreender que, em todo movimento circular, existe uma aceleração direcionada para o centro da circunferência — a aceleração centrípeta. A partir da visualização das direções da força centrípeta e da velocidade no movimento circular, espera-se que o estudante entenda que essa força é a responsável por causar a aceleração centrípeta, mantendo o objeto em trajetória circular.

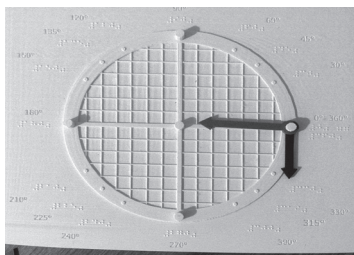
Para a realização da atividade, são utilizados o tabuleiro pedagógico “Círculo dos Vetores e Movimento”, que representa a trajetória circular, além de setas radiais (que simbolizam a força ou aceleração centrípeta), setas tangenciais (para representar a velocidade) e cartas de Intensidade (para definir a magnitude da força centrípeta em cada situação proposta).

A dinâmica se inicia com o posicionamento de uma seta tangencial em um dos pinos localizados nas extremidades dos eixos x ou y localizados na circunferência do tabuleiro, representando o vetor velocidade do corpo em movimento circular. Em seguida, o professor ou um dos estudantes sorteia uma carta de Intensidade, que define o valor da força centrípeta necessária para manter o objeto naquela trajetória com a velocidade previamente estabelecida.

Com base nessa informação, o estudante posiciona a seta radial no mesmo ponto da circunferência onde foi colocada a seta tangencial, direcionando-a para

o centro do círculo. Essa seta representa a força centrípeta (F_c), responsável por manter o objeto em sua trajetória curva, conforme a Figura 4.

Figura 04 - Aplicação no estudo de Movimento Circular



Após posicionar as setas, ocorre uma discussão orientada sobre a relação entre força e aceleração centrípeta. Explica-se que a força centrípeta, sempre direcionada ao centro, é responsável pela aceleração ($a_c = F_c/m$) e que ela atua perpendicularmente à velocidade tangencial, alterando apenas a direção do movimento circular uniforme.

3. RESULTADOS

Após o posicionamento das setas, é realizada uma discussão orientada para que os estudantes compreendam a relação entre a força centrípeta e a aceleração centrípeta. Destaca-se que a força centrípeta é a resultante que provoca a aceleração centrípeta, expressa pela fórmula ($a_c = F_c/m$), sendo sempre direcionada para o centro da trajetória. Além disso, enfatiza-se que essa força é perpendicular à velocidade tangencial, atuando exclusivamente na mudança da direção do movimento — e não em sua intensidade —, característica fundamental do movimento circular uniforme.

O protótipo inicial do tabuleiro pedagógico Círculo dos Vetores e Movimento foi apresentado à professora do Instituto Federal do Paraná (IFPR), idealizadora da proposta, com o objetivo de avaliar a viabilidade da dinâmica didática desenvolvida. A avaliação foi de forma exploratória e verificar a aplicabilidade do recurso para a compreensão da decomposição de vetores e visualização da força centrípeta em movimentos circulares.

Apesar da avaliação positiva, algumas oportunidades de melhoria foram identificadas. Um dos apontamentos feitos pela professora foi a sugestão de incluir um chanfro em um dos cantos do tabuleiro, na versão definitiva. Essa modificação teria como objetivo auxiliar estudantes com deficiência visual na correta orientação do recurso, funcionando como um elemento tátil de referência. Outra alteração que será realizada será aplicar arredondamento

em todas as arestas do tabuleiro, para garantir um manuseio mais seguro e consequentemente se alinhar ao princípio de tolerância ao erro.

Foi sugerida a substituição do dado por um modelo com inscrições em alto relevo, para torná-lo acessível a estudantes com deficiência visual. Também se apontou um vício no lançamento do dado atual, comprometendo a aleatoriedade, o que evidencia a importância de considerar todos os componentes do jogo segundo os princípios do Desenho Universal.

As sugestões levantadas durante o teste foram fundamentais para orientar os ajustes subsequentes no modelo, evidenciando o caráter interativo, colaborativo e centrado no usuário que norteou o processo de desenvolvimento. O compromisso com a acessibilidade plena e com a usabilidade do recurso esteve presente em todas as fases, reafirmando o alinhamento do projeto com os princípios do Desenho Universal.

A avaliação inicial apresentou que a dinâmica proposta pelo jogo Círculo dos Vetores e Movimento é viável e eficaz para abordar conceitos fundamentais da Física, como a decomposição vetorial e a força centrípeta. A interação física com o tabuleiro, aliada ao uso das cartas e do dado, tornou a aprendizagem mais concreta e envolvente, facilitando a compreensão de conteúdos complexos por meio de uma abordagem visual e tátil.

O *design* do recurso incorpora os princípios do Desenho Universal, promovendo a inclusão de estudantes com diferentes perfis. O Uso Equitativo é garantido por uma atividade acessível a todos, estimulando a participação conjunta de estudantes com e sem deficiência. A Informação Perceptível é assegurada por cores contrastantes, marcações em Braille e representação clara dos ângulos. A diferenciação das setas facilita o Uso Simples e Intuitivo, e a Flexibilidade no Uso permite abordar diferentes conteúdos. O Tamanho e Espaço foram pensados para facilitar a manipulação e visualização, respeitando diferentes habilidades motoras e perceptivas.

Como etapa futura, propõe-se a realização de uma avaliação formal da eficácia do tabuleiro em contextos reais de ensino. Essa avaliação deve envolver a aplicação do recurso em sala de aula, seguida da coleta de dados sobre o desempenho e a percepção dos estudantes. Recomenda-se que essa nova fase de testes ocorra após a implementação das melhorias sugeridas: a inclusão do chanfro e dado com inscrições em alto relevo, de modo a mensurar o impacto dessas adaptações na acessibilidade e na usabilidade do material.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do tabuleiro pedagógico Círculo dos Vetores e Movimento representa uma contribuição relevante para o ensino de Física no

contexto da educação básica, especialmente ao abordar conteúdos abstratos como vetores e força centrípeta. A proposta alia recursos visuais, táteis e interativos, possibilitando uma aprendizagem mais concreta e significativa por meio de uma dinâmica lúdica e acessível.

Guiado pelos princípios do Desenho Universal, o recurso foi concebido com o objetivo de atender à diversidade de estilos de aprendizagem e às necessidades de estudantes com diferentes habilidades. A integração de informações em Braille, a diferenciação tátil e visual das peças e a atenção à usabilidade do tabuleiro revelam o compromisso com a inclusão desde as etapas iniciais de concepção. Assim, a avaliação exploratória realizada com a professora idealizadora da proposta confirmou a viabilidade do recurso tanto do ponto de vista pedagógico quanto funcional. Além disso, o arredondamento das arestas do tabuleiro será implementado para assegurar um manuseio mais seguro, o que, por sua vez, contribuirá para a aderência ao princípio de tolerância ao erro.

Podemos afirmar que o projeto se destaca por sua coerência com os princípios do Desenho Universal, evidenciada por sua flexibilidade de uso, clareza na transmissão da informação e equidade no acesso. Esses elementos fortalecem o potencial do recurso para promover práticas pedagógicas mais inclusivas, contribuindo com a superação de barreiras no ensino de conteúdos tradicionalmente desafiadores.

Como próximos passos, haverá a aplicação sistemática do recurso em contextos reais de sala de aula, acompanhada da coleta de dados sobre desempenho e percepção dos estudantes. Essa etapa será essencial para validar empiricamente os benefícios do tabuleiro, aprimorando continuamente sua eficácia didática e sua acessibilidade.

Acredita-se que o Círculo dos Vetores e Movimento possa se consolidar como uma ferramenta pedagógica inovadora e inclusiva, ampliando as possibilidades de ensino e aprendizagem em Física, com especial atenção à construção de ambientes educacionais mais equitativos e acessíveis para todos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI-PR), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Araucária (FA) para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, V. M. ; dos Santos, A.M. ; RIBEIRO, G. C. ; RIBAS, G. C. B. . Aprendendo trigonometria e vetores: um protótipo de jogo didático e inclusivo. *Anais da IX Feira de Inovação Tecnológica do Instituto Federal do Paraná - IFTech - Campus Curitiba*. Curitiba: IFPR, v.1. 2021.

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*, Bogotá, v. 13, n. 4, 2019.

GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A.; GÓES, H. C. *A proposal for initial and continuing education based on the Universal Design for Learning approach: an experience in Brazilian higher education. The Educational Review*, USA, 2025. p. 262–273. Disponível em: <https://www.hillpublisher.com/ArticleDetails/4504>. Acesso em: 13 jun. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Divulgados os resultados do Pisa 2022. *Agência Gov.*, 05 dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>. Acesso em: 28 abr. 2025.

MAIA, D. L.; DE CARVALHO, R. A.; APPELT, V. K. Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. *Revista Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, v. 17, n. 49, p. 68-88, 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (BRASIL). Matrículas na educação especial chegam a mais de 1,7 milhão. *Agência Gov.*, 18 mar. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2024/marco/matriculas-na-educacao-especial-chegam-a-mais-de-1-7-milhao>. Acesso em: 28 abr. 2025.