

O ENSINO DO MOVIMENTO HARMÔNICO ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS: USANDO O APLICATIVO PHYPHOX NA FUNÇÃO EFEITO MOLA E PÊNDULO

Teaching Harmonic Motion through Experimental Practices: using the Phyphox application in the Spring Effect and Pendulum Functions

Laercio José do Nascimento [laercio.nascimento@sou.unifal-mg.edu.br]
UNIFAL- Universidade Federal de Alfenas
Alfenas - Minas Gerais – Brasil
Instituto de Ciências Exatas (ICEx)
Av. Jovino Fernandes de Sales, 2600 - Santa Clara, Alfenas - MG, 37133-840

Anderson A. Nogueira [andsogueira@hotmail.com]
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina
Joinville – Santa Catarina – Brasil
Departamento de Física, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC),
Rua Paulo Malschitzki, 200, Zona Industrial Norte, Joinville, SC, 89219-710, Brasil.

Luciano S. Pedroso [lucianosoarespedroso@gmail.com]
UFVJM – Universidade do Vale do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina – Minas Gerais – Brasil
R. da Glória, 187 - Centro, Diamantina - MG, 39100-000

Recebido: 26/12/25
Aceito: 23/03/26

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um produto educacional voltado ao ensino do movimento harmônico simples, fundamentado na integração entre métodos experimentais tradicionais e tecnologias digitais, com destaque para o uso do aplicativo Phyphox e de Experimentos Virtuais Simuláveis (EVS). A proposta foi implementada com estudantes do ensino fundamental e médio de escolas públicas, com o objetivo de promover aprendizagem significativa por meio da experimentação investigativa. A metodologia adotada caracteriza-se por uma abordagem qualitativa e quantitativa, estruturada em uma sequência didática que articula atividades experimentais com materiais de baixo custo, aquisição de dados por sensores de dispositivos móveis e simulações computacionais. Foram desenvolvidos experimentos envolvendo sistemas massa-mola e pêndulo, possibilitando a análise de grandezas físicas, como período, frequência e constante elástica, bem como a comparação entre os resultados obtidos por diferentes abordagens metodológicas. Os resultados evidenciam que a integração entre práticas tradicionais e recursos tecnológicos favorece significativamente a compreensão dos conceitos físicos, amplia o engajamento dos estudantes e contribui para o desenvolvimento do pensamento científico. Observou-se, ainda, maior precisão nas medições realizadas com o uso do aplicativo, além de melhor visualização dos fenômenos físicos por meio dos EVS. Conclui-se que a articulação entre experimentação e tecnologias digitais configura-se como uma estratégia pedagógica eficiente para o ensino de Física, especialmente em contextos escolares com limitações estruturais, promovendo a democratização do acesso à experimentação científica e fortalecendo o processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Física; Experimentação; Phyphox; Movimento Harmônico Simples; Tecnologias Educacionais.

Abstract

This study presents the development and implementation of an educational product aimed at teaching simple harmonic motion, based on the integration of traditional experimental methods and digital technologies, particularly the Phyphox application and Virtual Simulated Experiments (VSE). The proposal was implemented with elementary and high school students from public schools, aiming to promote meaningful learning through inquiry-based experimentation. The methodology is characterized by a qualitative and quantitative approach, structured in a didactic sequence that integrates low-cost experimental activities, data acquisition using mobile device sensors, and computational simulations. Experiments involving mass-spring systems and pendulums were conducted, enabling the analysis of physical quantities such as period, frequency, and elastic constant, as well as the comparison of results obtained through different methodological approaches. The results indicate that the integration of traditional practices and technological resources significantly enhances the understanding of physical concepts, increases student engagement, and contributes to the development of scientific thinking. Furthermore, greater measurement accuracy was observed when using the application, along with improved visualization of physical phenomena through virtual simulations. It is concluded that the combination of experimental methodologies and digital technologies constitutes an effective pedagogical strategy for Physics teaching, especially in school contexts with limited infrastructure, promoting the democratization of access to scientific experimentation and strengthening the teaching-learning process.

Keywords: Physics Teaching; Experimentation; Phyphox; Simple Harmonic Motion; Educational Technologies.

1. O Ensino do Movimento Harmônico por meio de práticas experimentais: uso do aplicativo Phyphox nos sistemas massa-mola pêndulo

O aplicativo Phyphox (Physical Phone Experiments), desenvolvido pela RWTH Aachen University, transforma smartphones em instrumentos de experimentação científica ao explorar sensores integrados, como acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, barômetro e microfone, possibilitando a coleta de dados em tempo real. Sua interface intuitiva, aliada à capacidade de exportação de dados em formatos como CSV e ao controle remoto por meio de interface web, configura-o como uma ferramenta acessível e eficaz para diferentes contextos educacionais. O aplicativo disponibiliza experimentos pré-configurados que contemplam conceitos fundamentais da Física, como aceleração, rotação, força e pressão, favorecendo a visualização e a análise de fenômenos que, tradicionalmente, exigiriam equipamentos laboratoriais específicos.

Do ponto de vista pedagógico, o Phyphox amplia o caráter investigativo no ensino de Ciências ao possibilitar a realização de atividades experimentais práticas (*hands-on*) sem a necessidade de laboratórios estruturados, contribuindo para a democratização do acesso à experimentação. Ao permitir que os estudantes coletem e analisem seus próprios dados, o aplicativo favorece o desenvolvimento de habilidades essenciais ao trabalho científico, como a formulação de hipóteses, a interpretação de gráficos, a avaliação de incertezas e a comunicação de resultados. Esse processo promove a aprendizagem significativa ao aproximar teoria e prática por meio de observações do cotidiano, como a determinação da aceleração da gravidade em uma queda livre controlada e a análise de oscilações mecânicas.

Além de suas funcionalidades básicas, o Phyphox dispõe de um editor de experimentos baseado em Blockly, que permite a criação de sequências experimentais personalizadas por meio de blocos visuais, ampliando a autonomia docente e discente na construção de investigações. Essa flexibilidade favorece o desenvolvimento de atividades contextualizadas, ajustadas às necessidades de diferentes níveis de ensino.

Historicamente, a experimentação em Física dependeu de dispositivos especializados, como cronômetros, trilhos de ar e sensores de movimento, cuja aquisição e manutenção representam obstáculos para muitas instituições de ensino. Embora eficientes, esses métodos apresentam limitações relacionadas ao tempo, ao espaço e à disponibilidade de materiais. Nesse contexto, ferramentas digitais como o Phyphox surgem como alternativas complementares aos métodos tradicionais, não para substituí-los, mas para ampliar suas possibilidades. A integração entre práticas convencionais e recursos tecnológicos permite que os estudantes compreendam os fundamentos físicos antes de explorarem medições digitais, possibilitando a comparação entre a precisão, as limitações e as potencialidades de cada abordagem.

Pesquisadores da área de ensino de Ciências destacam a importância das atividades experimentais investigativas no desenvolvimento cognitivo. Massabni (2011) e Marcondes (2008) afirmam que a construção do conhecimento ocorre quando o estudante interage com fenômenos, formula hipóteses e analisa dados em um processo ativo e colaborativo. De forma convergente, Moreira (2017), com base em Piaget, sustenta que a aprendizagem se fortalece quando acompanhada de ações concretas, manipulação de objetos e oportunidades de investigação autônoma. Nesse sentido, o Phyphox, ao transformar o smartphone em um laboratório portátil, alinha-se a essas perspectivas teóricas e contribui para a constituição de um ambiente de aprendizagem investigativo, acessível e motivador.

2. Construção de uma mola helicoidal para experimentos escolares

A utilização de sistemas massa–mola em atividades experimentais no ensino de Física constitui uma abordagem consolidada para a exploração de conceitos fundamentais, como força restauradora, elasticidade e movimento harmônico simples. Esses sistemas permitem aos estudantes observar, de forma concreta, a relação entre grandezas físicas e o comportamento dinâmico dos corpos, favorecendo uma compreensão aprofundada dos fenômenos mecânicos envolvidos.

Entretanto, a realidade de muitas instituições escolares, especialmente no contexto da educação pública, ainda é marcada por limitações estruturais e financeiras que dificultam o acesso a laboratórios equipados e a aparatos experimentais padronizados. Nesse cenário, a construção e a utilização de dispositivos experimentais de baixo custo configuram-se como uma alternativa viável, acessível e pedagogicamente relevante. Essa estratégia não apenas viabiliza a realização de atividades práticas, mas também aproxima o estudante do processo de investigação científica, ao evidenciar que a ciência pode ser desenvolvida com criatividade, planejamento e materiais simples.

Nesse contexto, o presente trabalho emprega um sistema massa–mola desenvolvido a partir de materiais de fácil obtenção, possibilitando sua reprodução em diferentes realidades escolares. A proposta valoriza o contato direto dos estudantes com o experimento e incentiva a observação sistemática, a coleta de dados e a análise crítica dos resultados obtidos.

A descrição detalhada do aparato experimental, bem como do processo de construção e montagem, integra o Produto Educacional associado a esta pesquisa, com o objetivo de orientar professores interessados em reproduzir a experiência em sala de aula. Este artigo, por sua vez, dedica-se à análise conceitual e didática das atividades desenvolvidas a partir do experimento, discutindo suas contribuições para a aprendizagem dos conceitos físicos envolvidos e para a formação de uma postura investigativa e reflexiva por parte dos estudantes.

O objetivo do experimento consiste em investigar o movimento harmônico simples (MHS) por meio da análise de um sistema massa–mola.



Figura 1 - Construção da mola
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 2 - Molas helicoidais
Fonte: Acervo dos autores, 2026.

3. Metodologia

A presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, fundamentada na experimentação como eixo estruturante da aprendizagem em Ciências. A proposta metodológica baseia-se nos pressupostos da aprendizagem significativa de Ausubel e no construtivismo piagetiano, privilegiando situações de ação, manipulação e análise reflexiva dos fenômenos físicos.

A intervenção pedagógica foi desenvolvida por meio de experimentos tradicionais e digitais envolvendo sistemas massa–mola e pêndulos simples com amortecimento. A coleta de dados foi realizada com o uso do aplicativo Phyphox, por meio da exploração de sensores internos do

smartphone, como acelerômetro e giroscópio, para o registro, em tempo real, de grandezas físicas, tais como aceleração, deslocamento e período de oscilação. Essa escolha metodológica possibilitou a integração entre práticas experimentais acessíveis e recursos tecnológicos contemporâneos, ampliando a precisão das medições e permitindo a realização de análises comparativas entre diferentes métodos.

As atividades foram organizadas de modo a favorecer o engajamento investigativo dos estudantes, contemplando a identificação de variáveis relevantes, a formulação de hipóteses, a manipulação controlada dos aparatos e a interpretação crítica dos dados coletados. Os registros experimentais foram analisados por meio de representações gráficas e comparados a modelos teóricos previamente estudados, possibilitando a validação empírica das relações matemáticas que descrevem o movimento harmônico simples e o comportamento amortecido.

A triangulação entre dados quantitativos, como medições experimentais, gráficos e constantes físicas, e dados qualitativos, como observações, discussões e relatórios, conferiu robustez à interpretação dos resultados e permitiu avaliar os impactos da integração entre métodos tradicionais e tecnologias móveis no ensino de Física. Essa estratégia metodológica assegura a consistência interna da pesquisa e reforça sua relevância para práticas contemporâneas no ensino de Ciências.

4. Construção dos aparatos para realização dos experimentos

4.1 Massa Mola

O presente produto educacional consiste na construção de uma mola helicoidal de baixo custo, associada a um aparato experimental em PVC e a um suporte para dispositivos móveis, possibilitando a realização de experimentos relacionados à elasticidade e ao movimento harmônico simples.

A estrutura do produto é composta por três elementos principais:

- (1) mola helicoidal, construída manualmente;
- (2) estrutura de sustentação em PVC, para realização dos experimentos;
- (3) suporte para celular, destinado ao uso do aplicativo Phyphox.

Os componentes utilizados incluem:

- arame de aço inoxidável (bitolas 20, 22, 24 e 26 AWG);
- barras roscadas de diferentes diâmetros;
- furadeira ou parafusadeira com controle de velocidade;
- equipamentos de segurança (óculos e luvas);
- alicate de corte e chave inglesa;
- tubos e conexões de PVC (25 mm);
- régua milimetrada ou escalímetro;
- transferidor;
- fio metálico (cobre ou alumínio) para suporte do celular.



Figura 1 - Fio de aço inoxidável (AWG) bitola 0,405 mm (26), 0,511 mm (24), 0,644 mm (22), 0,812 mm (20)

Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 2 - Barras de $\frac{3}{16}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{5}{16}$; $\frac{3}{8}$; $\frac{5}{8}$.

Fonte: Acervo dos autores, 2026.

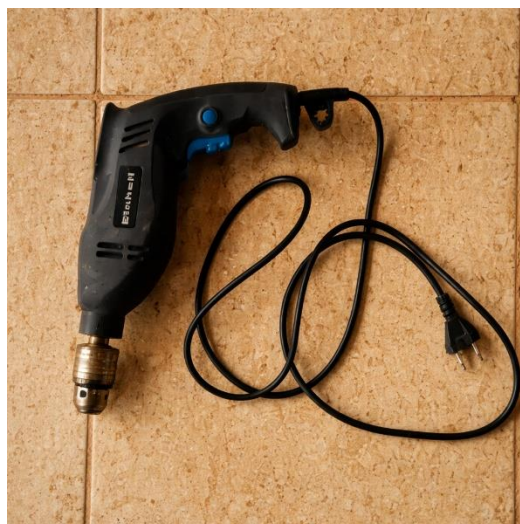


Figura 3 - Furadeira e Martetele com regulagem de velocidade

Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 4 - Parafusadeira com regulagem de velocidade
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 5 - Parafusadeira, barra rosca e porca, luvas, óculos de proteção, alicate de corte e fio de aço inoxidável nº 26.
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 6 - Alicate de ponta e Alicate de corte.
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 7 - Chave inglesa regulável
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 8 - Peças para montagem do aparato Massa - Mola ou Pêndulo - Cono de PVC Marrom 25 mm.
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 9 – Escalímetro¹
Fonte: Acervo dos autores, 2026.

¹ É uma régua de precisão que serve para fazer medições em escalas reduzidas ou ampliadas — por exemplo, plantas de casas, projetos mecânicos, mapas, maquetes. Utilizado para aferir as molas.

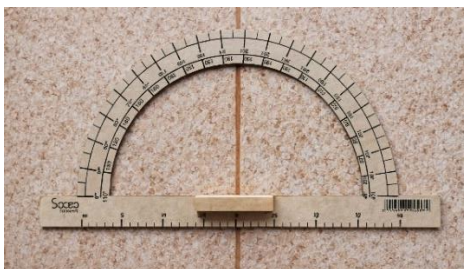


Figura 10 - Transferidor²

Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 11 - Suporte para celular feito com fio de cobre sólido 1,5 mm

Fonte: Acervo dos autores, 2026.

4.2 Construção da Mola Helicoidal (Instruções de Uso)

4.2.1 Preparação e Segurança

Inicialmente, deve-se selecionar um ambiente adequado, bem iluminado e estável, garantindo o uso de equipamentos de proteção individual, especialmente óculos de proteção.



Figura 12 - Parafusadeira, barra rosca e porca, luvas, óculos de proteção, alicate de corte e fio de aço inoxidável nº 26

Fonte: Acervo dos autores, 2026.

² É o semicírculo graduado de 0° a 180° (também tem de 0° a 360° em outros modelos), usado para medir e traçar ângulos. Este faz parte do aparato para o Pêndulo e a para uso como aferir o peso dos objetos.

4.2.2 Fixação da Barra Roscada

A barra rosca deve ser acoplada ao mandril da furadeira ou parafusadeira, garantindo alinhamento e estabilidade. A rosca atua como guia para o enrolamento uniforme do arame.

4.2.3 Enrolamento do Arame

O arame deve ser fixado em uma extremidade da barra e enrolado com velocidade controlada, mantendo tensão constante para garantir uniformidade das espiras.

4.2.4 Controle da Velocidade

A rotação deve ser iniciada em baixa velocidade, permitindo controle do processo e evitando deformações na mola.

4.2.5 Finalização e Ajustes

Após atingir o comprimento desejado, realiza-se o corte do arame e a remoção da mola, seguida de ajustes manuais para uniformização das espiras.

4.3 Construção do Aparato Experimental em PVC

4.3.1 Componentes do Aparato

A estrutura de sustentação é composta por tubos e conexões de PVC de 1 polegada, incluindo conectores tipo “T”, joelhos de 90° e tampões.



Figura 13 - Peças para montagem do aparato Massa- Mola ou Pêndulo - Cono de PVC Marrom 25 mm.

Fonte: Acervo dos autores, 2026.

4.3.2 Montagem do Sistema Experimental

A montagem do aparato permite a fixação da mola e a realização de medições de elongação, além da utilização de instrumentos auxiliares, como transferidor e escalímetro.

4.4 Construção do Suporte para Dispositivo Móvel

4.4.1 Componentes

O suporte para celular é confeccionado a partir de fio metálico moldável, permitindo fixação segura do dispositivo durante os experimentos.

4.4.2 Utilização no Experimento

O suporte possibilita o uso do aplicativo Phyphox, permitindo a coleta de dados em tempo real por meio dos sensores do smartphone, como acelerômetro e giroscópio.

4.5 Aplicabilidade Pedagógica

O produto educacional apresenta ampla aplicabilidade no ensino de Física, especialmente no estudo de:

- Lei de Hooke;
- constante elástica (k);
- força restauradora;
- movimento harmônico simples;
- análise experimental de dados.

A proposta permite a integração entre experimentação tradicional e recursos tecnológicos, favorecendo uma abordagem investigativa e significativa da aprendizagem, em consonância com as diretrizes da BNCC e com metodologias ativas.

Além disso, destaca-se o potencial de replicabilidade do experimento, uma vez que os materiais utilizados são de baixo custo e facilmente acessíveis, possibilitando sua implementação em escolas com infraestrutura limitada.

5. Pêndulo simples

5.1. Descrição dos Componentes do Experimento

A presente sequência didática experimental tem como objetivo a construção de um pêndulo simples, utilizando materiais de baixo custo e fácil acesso, possibilitando a investigação experimental do movimento harmônico e da aceleração da gravidade.

O aparato experimental é composto pelos seguintes elementos:

- tripé ou suporte para fixação do sistema;
- transferidor (preferencialmente em MDF) para medição do ângulo;
- estrutura de sustentação em metalon ou cano de ferro;
- fio (linha encerada) de comprimento ajustável;
- massa (objeto) para oscilação.



Figura 14 - Tripe para celular
Fonte: Acervo dos autores, 2026.

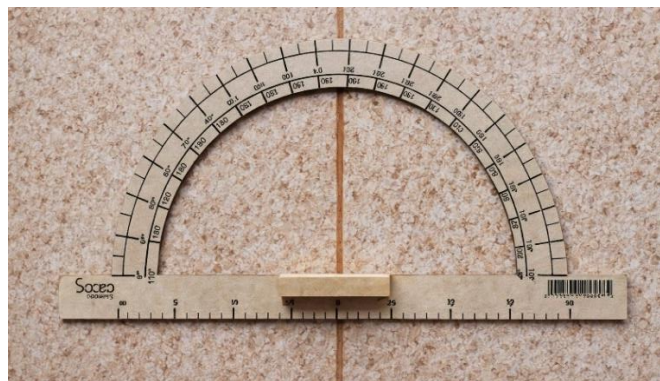


Figura 15 - Transferidor MDF para uso escolar
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 16 - Metalon ou cano de ferro
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 17 - Linha encerada
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 18 - Aparato montado
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 19 - Suporte instalado no aparelho
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 20 - Massas numeradas de 1 a 10 em algarismos romanos
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 21 - Aparato montado com aparelho
Fonte: Acervo dos autores, 2026.



Figura 22 - Aparato montado com massa
Fonte: Acervo dos autores, 2026.

5.1 Montagem do Aparato Experimental (Instruções de Uso)

Inicialmente, deve-se montar a estrutura de sustentação, garantindo estabilidade e alinhamento vertical do sistema. O fio deve ser fixado na parte superior do suporte, permitindo que a massa oscile livremente, sem interferências externas.



Figura 23 - Tripe para celular
Fonte: Acervo do autor

5.2 Procedimento Experimental

A execução do experimento segue os seguintes passos:

1. Amarre uma extremidade do fio ao suporte, certificando-se de que esteja firmemente presa e que permita oscilações livres;
2. Na outra extremidade, fixe a massa escolhida, garantindo que o movimento ocorra sem obstruções;



Figura 24 - Aparato montado com aparelho

Fonte: Acervo do autor

3. Ajuste o comprimento do fio para um valor previamente definido:

$$L = \text{___} \text{ m}$$

4. Desloque o pêndulo de sua posição de equilíbrio, garantindo um ângulo inicial inferior a 15° , de modo a atender a aproximação de pequenos ângulos;
5. Realize no mínimo 10 oscilações completas;
6. Utilize um cronômetro para medir o tempo total das oscilações;
7. Determine o período do movimento por meio da relação entre tempo total e número de oscilações;
8. Registre os dados experimentais na tabela a seguir.

5.3 Registro de Dados Experimentais

Tabela 1 – Dados para o experimento do Pêndulo Simples Tradicional

Tentativa	Comprimento do Pêndulo (m)	Ângulo Inicial ($^\circ$)	Período (s)	Número de Oscilações	Tempo Total (s)	Aceleração Gravitacional Calculada (m/s^2)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

5.4 Aplicabilidade Pedagógica

A presente sequência didática possibilita a abordagem de conceitos fundamentais da Física, tais como:

- movimento harmônico simples;
- período do pêndulo;
- relação entre comprimento e período;

- aceleração da gravidade;
- aproximação de pequenos ângulos;

Além disso, favorece o desenvolvimento de habilidades investigativas, como coleta e análise de dados experimentais, interpretação de resultados e validação de modelos teóricos.

A atividade pode ser aplicada tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio, sendo facilmente adaptável para diferentes contextos educacionais, especialmente em escolas com falta infraestrutura laboratorial, devido ao uso de materiais acessíveis.

6. Determinação da constante elástica de uma mola helicoidal

A Lei de Hooke estabelece que a força exercida por uma mola é proporcional à sua deformação, desde que o sistema permaneça no regime elástico. Essa relação é expressa por $F = -kx$, em que k representa a constante elástica da mola e x , a deformação em relação à posição de equilíbrio. Tal formulação permite modelar o sistema massa-mola como um oscilador harmônico simples (OHS), no qual a força restauradora é responsável pela periodicidade do movimento.

No equilíbrio estático, o alongamento inicial da mola é determinado pelo balanço entre a força peso e a força elástica, sendo descrito por $mg = k \Delta L$. A partir dessa posição de equilíbrio, as oscilações subsequentes resultam em uma força restauradora proporcional ao deslocamento, caracterizando o movimento harmônico simples. Esses fundamentos teóricos orientaram a análise experimental desenvolvida com os estudantes.

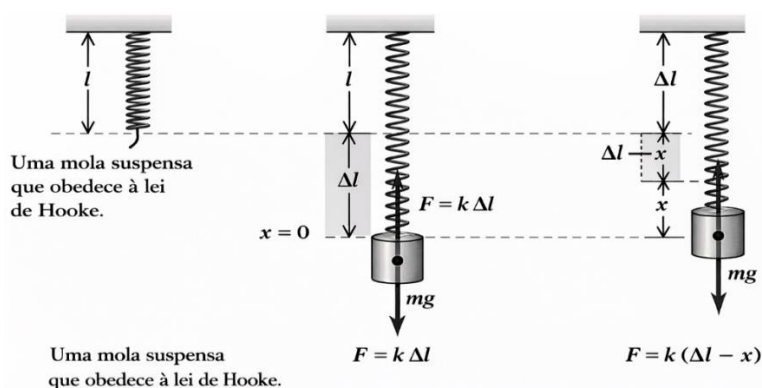


Figura 25 - Um corpo suspenso na ponta de uma mola

Fonte: Young e Freedman, 2016.



Figura 26 - Aparato feito em cano PVC

Fonte: Acervo do autor



Figura 27 - Alunos realizando experimento com o aparato

Fonte: Acervo do autor

7. Evs no ensino de Física para o fundamental e médio

Os Experimentos Virtuais Simuláveis (EVS) constituem ambientes digitais interativos que reproduzem fenômenos físicos com base em dados reais e simulações precisas. Diferentemente de simulações puramente teóricas, os EVS incorporam elementos experimentais que permitem ao estudante manipular variáveis, observar respostas imediatas e realizar medições com elevado grau de precisão. Essas características os tornam ferramentas consistentes para a investigação, alinhadas às práticas científicas contemporâneas e às Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

A relevância educacional dos EVS torna-se ainda mais evidente diante das limitações estruturais enfrentadas por muitas escolas para a implantação de laboratórios completos. Ao disponibilizar experimentos como queda livre, circuitos elétricos, pêndulo simples e osciladores mecânicos, os EVS democratizam o acesso à experimentação e favorecem a aprendizagem ativa, bem como a compreensão de modelos que, tradicionalmente, exigiriam recursos laboratoriais específicos. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça essa importância ao destacar o uso de tecnologias digitais na comunicação, na análise, na resolução de problemas e na construção do conhecimento científico.

Do ponto de vista pedagógico, os EVS ampliam o caráter investigativo do ensino de Física. Eles favorecem a aprendizagem significativa ao permitir que o estudante explore fenômenos, formule hipóteses, teste previsões, compare resultados e analise discrepâncias, habilidades centrais para o desenvolvimento do pensamento crítico. Além disso, o retorno imediato proporcionado pelas simulações fortalece a articulação entre teoria e prática, permitindo ao estudante visualizar relações matemáticas, identificar padrões e interpretar gráficos com maior profundidade conceitual.

Outro aspecto fundamental refere-se ao engajamento. Os ambientes virtuais tendem a ampliar a motivação dos estudantes ao oferecerem uma experiência dinâmica e interativa, análoga, em certa medida, à manipulação de um laboratório físico. Desse modo, os EVS possibilitam que os professores implementem metodologias ativas, como investigação guiada, experimentação virtual, aprendizagem baseada em problemas e exploração livre, promovendo maior protagonismo estudantil.

Assim, os EVS consolidam-se como ferramentas relevantes no ensino de Física, ao articularem rigor científico, acessibilidade e potencial investigativo. Não substituem integralmente os experimentos

tradicionais, mas os complementam ao ampliar as possibilidades didáticas e contribuir para a formação de estudantes críticos, autônomos e capazes de transitar entre diferentes linguagens tecnológicas e científicas.

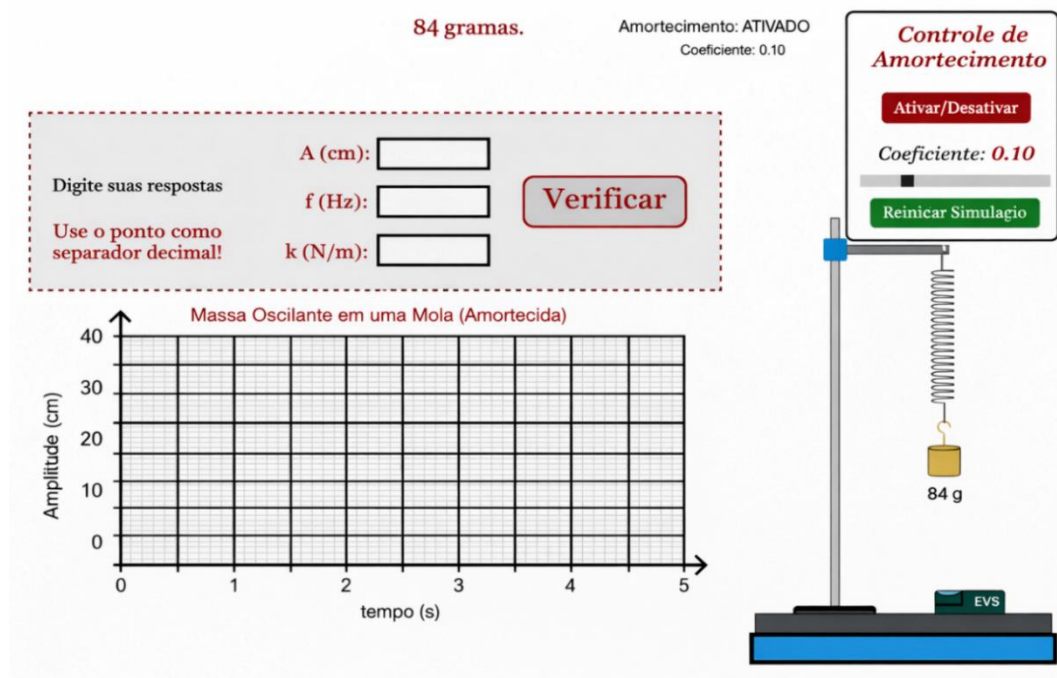


Figura 28 - EVS Oscilação Massa- Mola Amortecida
Fonte: Predroso, 2025.

A formação de cidadãos críticos, capazes de aplicar o conhecimento científico em contextos práticos, constitui um dos objetivos centrais do ensino de Física. Essa abordagem reforça o compromisso da área com a inovação, a coesão e a acessibilidade na formação das novas gerações, preparando-as de maneira eficaz para um contexto em que as tecnologias evoluem continuamente.

8. Fundamentos teóricos - pêndulo simples

O pêndulo é um sistema físico constituído por um corpo suspenso em um ponto fixo, capaz de oscilar sob a ação da gravidade. Esse movimento ocorre porque, ao ser deslocado de sua posição de equilíbrio, o corpo fica sujeito a uma força restauradora que tende a reconduzi-lo à posição inicial. Para pequenas amplitudes angulares, esse movimento pode ser descrito, com boa aproximação, como movimento harmônico simples. Em sua forma idealizada, o pêndulo simples é composto por uma massa pontual suspensa por um fio inextensível e de massa desprezível. Em razão dessas características, o pêndulo constitui um exemplo clássico no estudo de sistemas oscilatórios, podendo ser explorado tanto em experimentos tradicionais quanto em atividades mediadas por dispositivos móveis, como smartphones.

Dentre os movimentos oscilatórios, o movimento harmônico simples (MHS) ocupa posição de destaque, pois constitui o modelo mais elementar para a descrição matemática das oscilações e serve de base para a compreensão de diversos fenômenos observados na natureza. Conforme Alonso e Finn (1976), trata-se de um modelo fundamental para o estudo dos sistemas oscilatórios.

O período de um pêndulo simples depende principalmente do comprimento do fio e da aceleração da gravidade, sendo expresso por $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$, em que T representa o período, L comprimento do fio e

ga aceleração gravitacional. Destaca-se que, no modelo ideal, o período independe da massa do corpo suspenso, característica frequentemente contraintuitiva para os estudantes. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2012), o estudo do pêndulo possui grande relevância histórica e prática, tendo contribuído para o desenvolvimento de modelos matemáticos fundamentais à formalização de conceitos como energia, período e frequência em sistemas oscilatórios. Além disso, suas aplicações estendem-se desde a calibração de relógios de precisão até a análise de fenômenos periódicos em diferentes contextos da Física.

Em situações reais, entretanto, as oscilações do pêndulo sofrem amortecimento devido à ação de forças dissipativas, como a resistência do ar e o atrito no ponto de suspensão. Nesse sentido, Nussenzveig (2002, p. 71) observa que, “no caso de um pêndulo, as oscilações se amortecem devido à resistência do ar, além do atrito no suporte”. Dessa forma, o pêndulo mantém-se como uma ferramenta experimental e didática de grande relevância, pois permite explorar, de maneira acessível, princípios centrais da Mecânica Clássica e da análise de movimentos oscilatórios.

9. Sequência didática experimental (sde): pêndulo simples com Phyphox



Figura 29 - Pêndulo simples
Fonte: Acervo dos autores, 2026.

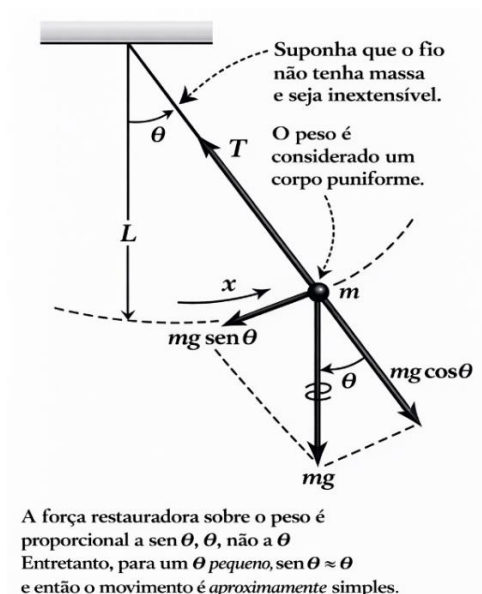


Figura 30 - Pêndulo simples na forma vetorial

Fonte: Young e Freedman, 2016.

I - Construção do Aparato

Para realizar o experimento, você precisará de:

1. um smartphone com o aplicativo Phyphox instalado;
2. um fio ou corda leve e inextensível, de aproximadamente 1,5 metros de comprimento;
3. um aparato para amarrar o fio;
4. suporte para afixar o smartphone ao fio.

II - Configuração do Experimento no Phyphox

1. abra o aplicativo Phyphox no smartphone;
2. selecione o experimento "MECÂNICA - Pêndulo"; Página inicial do aplicativo
3. certifique-se de que o eixo de medição do acelerômetro esteja alinhado com o plano de oscilação do pêndulo;
4. antes de acionar o botão *PLAY*, configure o sensor para coletar os dados conforme a preferência apontada pelo professor-pesquisador clicando nos três pontinhos verticais na lateral superior direita do experimento, conforme imagem abaixo;
 - a) insira o comprimento do fio do experimento (aferido do suporte ao centro de massa do smartphone);
 - b) temporize a coleta de dados para que o experimento não tenha dados irrelevantes para sua análise;
 - c) coloque, na medida temporizada, os valores abaixo (ou conforme orientação do professor-pesquisador) e acione todos os ícones (*Countdown sound*; *Start sound*; *Running sound* e *Stop sound*) para que você possa monitorar o experimento com sinais sonoros enquanto o smartphone oscila;
5. agora sim, acione o botão *PLAY* no aplicativo.
 - a. Manipulação do Experimento
 1. desloque o *smartphone* ligeiramente para um lado (sem esticá-lo demais) e solte-o suavemente para iniciar o movimento oscilatório. Garanta que o movimento esteja o mais próximo possível de um movimento harmônico simples, sem oscilações laterais significativas;
 2. o *Phyphox* começará a registrar os dados do acelerômetro enquanto o pêndulo oscila. Os dados serão coletados e registrados conforme a Medida Temporizada.
 - b. Coleta de Dados
 1. após algumas oscilações, a coleta dos dados será interrompida conforme a Medida Temporizada;
 2. exporte os dados coletados no formato *Excel* para análise posterior em um *software* como *Excel* ou *Google Sheets* – conforme as orientações do professor pesquisador;
 3. as principais variáveis que serão analisadas incluem o período de oscilação (tempo para uma

oscilação completa), e frequência de oscilação e a aceleração gravitacional local medida pelo acelerômetro durante o movimento;

4. Na tabela abaixo há algumas imagens dos dados que você deve analisar:

c. Elaboração de Tabelas e Gráficos Tabela de Dados:

- Organize os dados na tabela correspondente à experiência do pêndulo, com base nas medições obtidas por meio do aplicativo Phyphox.

Tabela 2 – Dados para experimento Pêndulo Simples Tradicional

Ensaios	Comprimento do Pêndulo (m)	Ângulo Inicial (°)	Período (s)	Número de Oscilações	Tempo Total (s)	Aceleração gravitacional Calculada (m/s ²)
1						
2						

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Explicação de Cada Coluna

1. Tentativa: Indica o número da tentativa ou da repetição do experimento, o que permite a comparação entre diferentes execuções;

2. Comprimento do Pêndulo (m): Mede o comprimento do fio do pêndulo, pois ele é um fator determinante para o período;

3. Ângulo Inicial (°): O ângulo de liberação do pêndulo, que deve ser pequeno (menos de 15°) para que o movimento se aproxime de um movimento harmônico simples;

4. Período (s): O tempo necessário para o pêndulo realizar uma oscilação completa, que pode ser calculado usando o *Phyphox*;

5. Número de Oscilações: Quantidade de oscilações realizadas para calcular o período médio, se necessário;

6. Tempo Total (s): Tempo total medido para todas as oscilações, usado para calcular o período médio;

7. Aceleração Gravitacional Calculada (m/s²): O valor da aceleração da gravidade, que pode ser calculado usando a fórmula do período do pêndulo simples:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \text{ onde } L \text{ é o comprimento do pêndulo e } T \text{ o período.}$$

9. Gráficos:

● **Gráfico 1:** Período de Oscilação – Trace um gráfico do período de oscilação em função do comprimento do fio (se repetir o experimento com diferentes comprimentos) para verificar a relação $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

Para essa atividade, utilize Site para baixar o Graficando.

10. Perguntas conceituais

10.1 Sobre o Experimento:

1. Como a aceleração da gravidade local (g) medida pelo smartphone se relaciona com o movimento do pêndulo?
2. O que causa a variação no período de oscilação do pêndulo e como você pode confirmar essa variação usando o Phyphox?
3. Como a amplitude inicial de oscilação afeta o período do pêndulo? Existe alguma dependência significativa?

10.2 Conceitos de Física:

1. Qual é a relação entre o comprimento do fio e o período de oscilação do pêndulo? Como você pode testar essa relação experimentalmente?
2. O movimento do pêndulo pode ser considerado um exemplo de movimento harmônico simples? Justifique sua resposta com base nos dados coletados.
3. Em que situações práticas o conceito de pêndulo simples pode ser aplicado no dia a dia? Dê exemplos e explique.

10.3 Análise de Erros:

1. Quais possíveis fontes de erro poderiam influenciar os resultados do experimento? Como esses erros podem ser minimizados?
2. Como a precisão do sensor do smartphone influencia a exatidão das medições do período do pêndulo? Que melhorias poderiam ser feitas no experimento?

11. Plano de aula: experimentos de massa-mola e pêndulo com aplicação tecnológica (Phyphox)

Carga Horária Total: 5 aulas (2 para Massa-Mola e 2 para Pêndulo) Ano: Ensino Médio - Rede Estadual de Minas Gerais

Escolas: Monte Belo / MG e Areado/ MG

Currículo de Referência: Currículo de Minas Gerais - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

a. Objetivos Gerais

- compreender e aplicar conceitos de movimento harmônico simples e forças restauradoras no sistema massa-mola e pêndulo;

- desenvolver habilidades experimentais e analíticas por meio de experimentos tradicionais e tecnológicos (com Phyphox);
- fomentar pensamento crítico e investigação científica em atividades práticas de Física.

12. Intervenção pedagógica realizada

A intervenção pedagógica foi estruturada em três unidades articuladas, integrando métodos tradicionais e tecnológicos com o objetivo de promover a compreensão conceitual e experimental dos sistemas massa–mola e pêndulo simples.

Nas duas primeiras aulas, os estudantes foram introduzidos aos fundamentos do movimento harmônico simples e da força restauradora, realizando, inicialmente, o experimento tradicional com o sistema massa–mola e, em seguida, explorando medições digitais com o aplicativo Phyphox.

Na sequência, as aulas dedicadas ao pêndulo simples retomaram a abordagem investigativa: inicialmente, com a introdução teórica e a realização do experimento convencional; posteriormente, com a coleta e análise de dados por meio do Phyphox, possibilitando a comparação de resultados, a discussão de discrepâncias e a avaliação da precisão dos diferentes métodos.

A última aula consolidou a intervenção por meio da análise crítica dos resultados obtidos, promovendo a reflexão sobre a complementaridade entre práticas tradicionais e tecnologias digitais na experimentação científica.

Ao longo de todo o processo, os estudantes desenvolveram competências relacionadas à investigação, ao pensamento crítico e à autonomia tecnológica, sendo avaliados por meio de relatórios, discussões, autoavaliação e apresentação oral. Essas estratégias reforçaram a aprendizagem ativa e colaborativa, em consonância com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e com as abordagens contemporâneas de ensino de Física.

13. Implementação, resultados pedagógicos e discussão teórica

A intervenção pedagógica foi desenvolvida por meio de uma sequência didática composta por cinco aulas articuladas, nas quais se integraram a experimentação tradicional e o uso de tecnologias digitais para o estudo dos sistemas massa–mola e pêndulo simples. Inicialmente, os estudantes foram apresentados aos conceitos fundamentais de força restauradora, movimento harmônico simples, período e frequência, por meio de vídeos, imagens contextualizadas e discussões dialógicas. Essa etapa buscou estabelecer relações entre os fenômenos físicos e situações do cotidiano, valorizando os conhecimentos prévios dos estudantes, conforme Ausubel (1968) e Moreira (2017), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva com aquilo que o aluno já sabe.

Na sequência, os estudantes realizaram experimentos por meio de abordagens tradicionais, envolvendo a montagem dos aparatos, a realização de medições, o registro sistemático dos dados e o cálculo da constante elástica e do período do pêndulo. Esse momento favoreceu a construção ativa do conhecimento, ao colocar o estudante em contato direto com o fenômeno físico, corroborando as contribuições de Piaget e Massabni acerca da importância da ação, da manipulação e da experiência concreta no processo de aprendizagem.

Posteriormente, foi introduzido o uso do aplicativo Phyphox, por meio do qual os estudantes aprenderam a operar os sensores do smartphone, configurar a coleta de dados e interpretar os gráficos

gerados automaticamente. Essa etapa dialoga com a perspectiva da investigação guiada, destacada por Marcondes (2008), e com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza o uso crítico e pedagógico das tecnologias digitais no ensino de Ciências da Natureza.

A análise comparativa entre os resultados obtidos pelos métodos tradicional e tecnológico possibilitou aos estudantes identificar diferenças de precisão, reconhecer fontes de erro e refletir sobre as limitações inerentes a cada abordagem experimental. Esse processo contribuiu para o desenvolvimento do pensamento crítico, do letramento científico e da autonomia investigativa.

Os resultados pedagógicos indicaram aumento do engajamento dos estudantes, maior compreensão dos conceitos envolvidos e aprimoramento da capacidade de interpretar dados experimentais, especialmente com o uso do Phyphox, que contribuiu para a redução de erros de medição e facilitou a visualização das relações matemáticas presentes nos fenômenos estudados.

Por fim, a elaboração de relatórios, as discussões coletivas e as apresentações orais fortaleceram a argumentação científica e a compreensão da ciência como um processo dinâmico, histórico e contextualizado, consolidando uma proposta pedagógica que articula, de forma complementar e significativa, práticas experimentais tradicionais e recursos digitais.

14. Pedagogia e experimentação no ensino de física

A experimentação no ensino de Física tem se consolidado como uma estratégia fundamental para promover uma aprendizagem mais eficaz e significativa, pois possibilita aos estudantes estabelecer conexões diretas entre o pensamento teórico e a ação prática. Ao longo da história da educação, diversos teóricos fundamentaram o uso de atividades experimentais e, mais recentemente, de tecnologias digitais, destacando a importância de metodologias que integrem teoria e prática no processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, este trabalho contribui para a articulação entre métodos experimentais tradicionais e recursos tecnológicos, com destaque para o uso do aplicativo Phyphox no ensino de Física.

Em diferentes momentos da proposta, observa-se a convergência com as ideias de importantes teóricos da educação. Jean Piaget (1896–1980), por exemplo, defendia que a educação deve constituir-se como um processo essencialmente ativo, no qual os estudantes constroem o conhecimento por meio da interação com o mundo físico e social. Para o autor, atividades que envolvem observação, manipulação e experimentação direta são fundamentais, pois é a partir dessas ações concretas que os conceitos científicos se desenvolvem, especialmente nos estágios operatórios do pensamento.

Nesse sentido, experimentos com molas, pêndulos e o uso de ferramentas tecnológicas, como o aplicativo Phyphox, estão em consonância com a perspectiva construtivista de Piaget, uma vez que oferecem oportunidades concretas de exploração, investigação e descoberta. Essas experiências favorecem a reorganização e a ampliação dos conhecimentos prévios dos estudantes, promovendo uma compreensão mais sólida e autônoma dos conceitos científicos, além de contribuir para o desenvolvimento de habilidades como criatividade, autonomia e raciocínio lógico.

David Ausubel (1986), por sua vez, destacou a importância da aprendizagem significativa, na qual o novo conhecimento é assimilado quando se ancora em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do estudante. No contexto do ensino de Física, a integração entre teoria e prática experimental potencializa esse processo de ancoragem, favorecendo uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos estudados. Embora sua teoria não trate diretamente do uso de tecnologias digitais, tais

recursos podem ser incorporados como ferramentas complementares que facilitam a coleta, a organização e a análise de dados, enriquecendo o processo de aprendizagem.

John Dewey (1979) também contribui de forma significativa para essa discussão ao afirmar que a aprendizagem ocorre de maneira mais efetiva por meio da experiência. Para o autor, o ensino deve ser centrado no estudante, e não apenas na transmissão de conteúdo. A experimentação mediada por ferramentas como o Phyphox possibilita que os estudantes assumam um papel protagonista no processo de aprendizagem, tornando-o mais dinâmico e interativo, em consonância com as ideias de Dewey sobre criatividade, pensamento crítico e autonomia.

O Phyphox configura-se, assim, como um exemplo concreto dessa abordagem, ao possibilitar que os estudantes realizem investigações científicas de forma prática, com coleta e análise de dados de maneira mais precisa e autônoma. Ao articular métodos tradicionais, como experimentos com molas e pêndulos, a tecnologias digitais baseadas em sensores, constrói-se um ambiente de aprendizagem mais contemporâneo e alinhado às demandas atuais. Essa abordagem integrada não apenas torna a aprendizagem mais eficaz, como também contribui para a formação de estudantes críticos, criativos e preparados para a resolução de problemas de forma clara e fundamentada.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 00

Referências bibliográficas

Alonso, M., & Finn, E. J. (1976). *Fundamental university physics: Mechanics* (3rd ed.). San Francisco: Addison-Wesley.

Andrade, M. L. F., & Massabni, V. G. (2011). O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, 17(4), 835-854.

Aranha, N., et al. (2016). A lei de Hooke e as molas não-lineares: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38, e4305.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007). *NBR 5590: Tubos de aço carbono para condução de fluidos — dimensões e massas nominais*. Rio de Janeiro: ABNT.

Ausubel, David P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2013). *Diretrizes curriculares nacionais da educação básica*. Brasília: MEC.

http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192 Acesso em: 13/04/2026

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2012). *Fundamentos da física* (Vol. 1, 9ª ed.). Rio de Janeiro: LTC.

Dewey, John. *Experiência e educação*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.

Marcondes, M. E. R. (2008). Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. *Revista em Extensão*, 7(1).

Moreira, A. M. (2017). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU.

- Moro, N. (2015). *Elementos de máquinas: molas*. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina.
- Nussenzveig, H. M. (2002). *Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas, calor* (Vol. 2, 4ª ed.). São Paulo: Edusp.
- Peixoto, C. S., & Rodrigues, N. M. N. (2024). O uso de simuladores virtuais na educação básica para o ensino de física no Brasil: uma revisão integrativa. *Revista Educação Pública*, 24(32).
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016). *Física universitária: mecânica* (14ª ed.). São Paulo: Pearson.