UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CAMPUS A. C. SIMÕES
INSTITUTO DE FÍSICA – IF
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA LICENCIATURA

RIVALDO ALEXANDRE DOS SANTOS

PROPOSTA DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM CRIATIVA E ACESSÍVEL

MACEIÓ - AL
2024

RIVALDO ALEXANDRE DOS SANTOS

PROPOSTA DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM CRIATIVA E ACESSÍVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Física (IF) como requisito parcial para obtenção do título de graduado em Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Henrique Albuquerque Lira

MACEIÓ – AL
2024

Dedicatória:

À minha família e em exclusividade a Cícero dos Santos e Marlene Maria dos Santos, verdadeiros pais, amigos e minha maior inspiração de vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, pelo fôlego de vida, saúde e discernimento.

Agradeço aos meus amigos, Verônica Silva, Izaque de Melo, Daniele Henrique, Francielly Barbosa e Matheus Rodrigues.

Ao meu orientador, Professor Dr. Sérgio Henrique Albuquerque Lira, por toda paciência que me conduziu neste trabalho.

Ao Professor Dr. Kinsey Santos Pinto, que me conduziu ao primeiro contato com o grupo Usina Ciência, que foi muito importante em minha pesquisa e formação.

Ao Professor Veronildo Cavalcante, que foi meu mentor e supervisor durante meus estágios na rede pública de ensino.

Aos alunos da Escola Estadual Dr. Fernandes Lima, que me fez despertar ainda mais a paixão pelo ensino e o compromisso com a educação.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para minha formação pessoal e profissional.

“O preço de uma grande dedicação pode vir a ser uma grande decepção. Mas entregue-se sempre, de toda alma e coração, a uma causa, a um trabalho, ou a um alguém. Não permita que a dor de um momento amargue toda a sua vida. Viva!”

Augusto Branco

RESUMO

O presente trabalho tem como propósito propor e explorar atividades experimentais no ensino de Física do Ensino Médio, especialmente quando empregadas com materiais de baixo custo. Em um contexto educacional em constante evolução, é fundamental abordar estratégias que promovam a aprendizagem significativa, despertando o interesse dos estudantes e proporcionando uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos. Ao utilizar materiais acessíveis, busca-se não apenas a economia de recursos, mas também a democratização do acesso ao conhecimento científico, incentivando a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Este trabalho propõe a realização de uma gincana educacional ou atividade experimental como parte de um estudo de caso para investigar seus impactos no processo de aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades dos alunos. Ao envolver os estudantes em uma abordagem mais prática e interativa, busca-se explorar como essa metodologia pode estimular a curiosidade, a colaboração e o pensamento crítico, contribuindo para uma experiência de aprendizagem mais enriquecedora e motivadora. Serão apresentadas 3 propostas de atividades para a gincana: na área da mecânica com o experimento de queda livre; movimentos oscilatórios através do pêndulo simples; e eletrodinâmica com o eletroímã e suas propriedades magnéticas. Essas atividades irão oferecer oportunidades práticas para os alunos explorarem conceitos fundamentais de física e realizarem análises quantitativas dos resultados obtidos, comparando-as com as previsões teóricas.

Palavras-chave: Ensino de Física, experimentos de baixo custo, aprendizagem significativa.

ABSTRACT

The purpose of this work is to propose and explore experimental activities in teaching Physics in High School, especially when used with low-cost materials. In a constantly evolving educational context, it is essential to address strategies that promote meaningful learning, arousing students' interest and providing a deeper understanding of physical concepts. By using accessible materials, we seek not only to save resources, but also to democratize access to scientific knowledge, encouraging the active participation of students in the learning process. This work proposes carrying out an educational contest or experimental activity as part of a case study to investigate its impacts on the learning process and the development of students' skills. By involving students in a more practical and interactive approach, we seek to explore how this methodology can stimulate curiosity, collaboration and critical thinking, contributing to a more enriching and motivating learning experience. 3 activity proposals will be presented for the gymkhana in the areas of mechanics, with the free fall experiment, oscillatory movements through the simple pendulum and electrodynamics with the electromagnet and its magnetic properties. These activities will provide practical opportunities for students to explore fundamental physics concepts and carry out quantitative analyzes of the results obtained and discussed among themselves, and compared with theoretical prediction.

Key-words: Physics teaching, low-cost experiments, meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Queda livre: um objeto, sob ação da gravidade Fg, solto do repouso de uma altura H.....23
Figura 2 - Modelo físico de um pêndulo simples, no qual um corpo de massa m preso num fio de comprimento L oscila com ângulo (t) devido à ação da gravidade g e forças atuantes.....27
Figura 3 - Ilustração da componente tangencial, atuando como força restauradora...28
Figura 4 - Modelo de um eletroímã.....31
Figura 5 - Ilustração do campo magnético dentro e fora do solenoide.....32
Figura 6 - Comparação esquemática de um solenoide e um imã natural. Os campos magnéticos gerados são análogos.....34
Figura 7 - Foto de uma bússola. A ponta pintada de vermelho nos indica o polo norte do momento magnético da agulha e ela é livre para girar em torno do centro da bússola.....35
Figura 8 - Representação do torque magnético.....36
Figura 9 - Foto de um eletroímã.....43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....13
2.1 O ensino de Física no Brasil.....13
2.2 O uso da experimentação no ensino de Física.....14
2.3 As dificuldades do uso da experimentação no ensino de Física.....16
2 OBJETIVOS.....19
2.1 Objetivo geral.....19
2.2 Objetivos específicos.....19
3 METODOLOGIA.....20
4 EXPERIMENTOS DE FÍSICA COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO E A MELHORIA NA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS.....22
4.1 Proposta das atividades experimentais.....22
4.2 Experimento 1 - Queda Livre.....22
4.3 Experimento 2 - Pêndulo Simples.....27
4.4 Experimento 3 - Eletroímã.....31
4.5 Roteiros experimentais.....37
4.6 Explicação dos experimentos.....44
5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS.....48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....49

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física desafia educadores a proporcionarem experiências práticas e envolventes, permitindo aos estudantes uma compreensão mais profunda dos princípios científicos mais teóricos. No entanto, muitas instituições educacionais, especialmente em contextos de recursos limitados, enfrentam desafios ao implementar experimentos que mantenham a qualidade pedagógica. Este trabalho se propõe a explorar e desenvolver estratégias inovadoras para o ensino de Física, focando na criação e futura aplicação de experimentos de baixo custo como alternativas acessíveis e criativas, sendo fundamental para garantir que todos os alunos compreendam melhor a disciplina.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar uma abordagem inovadora no desenvolvimento e aplicação de experimentos de baixo custo para o ensino de Física ao explorar soluções criativas que possam ser facilmente implementadas em salas de aula de diferentes realidades econômicas, tornando a disciplina mais acessível e atrativa para um número mais amplo de estudantes. A presente investigação visa contribuir para a comunidade educacional, fornecendo roteiros experimentais sobre como superar barreiras financeiras e promover a excelência no ensino de Física ao adotar uma perspectiva inovadora e acessível.

Espera-se que este trabalho inspire educadores, gestores e pesquisadores a repensarem suas práticas pedagógicas, criando ambientes de aprendizagem mais inclusivos e estimulantes para a disciplina de Física, destacando aquelas que oferecem uma abordagem prática e eficaz para a realização de experimentos de baixo custo, evidenciando seu impacto positivo no processo de ensino-aprendizagem e no desenvolvimento das habilidades dos alunos.

Este trabalho propõe a realização de uma gincana educacional ou atividade experimental como parte de um estudo de caso para investigar seus impactos no processo de aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades dos alunos. Ao envolver os estudantes em uma abordagem mais prática e interativa, busca-se explorar como essa metodologia pode estimular a curiosidade, a colaboração e o pensamento crítico, contribuindo para uma experiência de aprendizagem mais enriquecedora e motivadora. Serão apresentadas 3 propostas de atividades para a gincana: na área da mecânica com o experimento de queda livre; movimentos oscilatórios através do pêndulo simples; e eletrodinâmica com o eletroímã e suas

propriedades magnéticas. Essas atividades irão oferecer oportunidades práticas para os alunos explorarem conceitos fundamentais de física e realizarem análises quantitativas dos resultados obtidos, comparando-as com as previsões teóricas.

Os experimentos foram pensados para cobrir áreas diferentes da física do ensino médio, e foram desenhados para que houvesse alguma parte quantitativa associada à observação experimental, permitindo assim que os estudantes não só testem suas habilidades práticas, mas também desenvolvam uma compreensão mais profunda das relações matemáticas subjacentes aos fenômenos físicos observados. Este enfoque visa não só despertar o interesse dos alunos pela física, mas também capacitá-los com as habilidades necessárias para uma análise crítica dos conteúdos vistos em sala de aula, buscando alcançar um maior número de alunos e promover uma educação mais igualitária e justa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ensino de Física no Brasil

O ensino de Física no Brasil tem raízes profundas, remontando à introdução de conceitos científicos durante o período colonial e à fundação das primeiras instituições de ensino superior no país. Ao longo do tempo, o ensino de Física evoluiu, refletindo mudanças na estrutura curricular e na abordagem pedagógica, influenciadas por contextos sociais e educacionais (BEZERRA, 2009).

A disciplina de Física contribui significativamente para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais dos estudantes, incluindo pensamento crítico, raciocínio lógico, trabalho em equipe e comunicação eficaz. Além disso, o ensino de Física estimula a curiosidade, a criatividade e a capacidade de questionar, aspectos essenciais para o desenvolvimento de uma mentalidade científica (BEZERRA, 2009). Apesar da importância do ensino de Física, o Brasil enfrenta diversos desafios, incluindo a falta de infraestrutura adequada em escolas públicas, a escassez de recursos didáticos e laboratoriais, e a necessidade de formação continuada de professores. No entanto, esses desafios também representam oportunidades para a implementação de políticas educacionais mais eficazes, a promoção de parcerias entre instituições de ensino e pesquisa, e o desenvolvimento de abordagens pedagógicas inovadoras.

O ensino de física no Brasil é uma jornada fascinante que remonta ao início da história da educação formal no país. Desde os primeiros anos de sua implementação até os dias atuais, o ensino de física tem sido uma parte fundamental do currículo educacional brasileiro, moldando a compreensão dos estudantes sobre as leis fundamentais que regem o universo físico (MOREIRA, 2000). O ensino de física no Brasil tem evoluído em resposta a uma variedade de influências culturais, políticas e sociais. Desde os primeiros esforços de educação jesuíta durante o período colonial até os movimentos de reforma educacional do século XXI, o ensino de física tem sido alvo de contínuas reflexões e adaptações para melhor atender às necessidades e demandas dos estudantes e da sociedade como um todo. (SHIGUNOV NETO, 2008, p. 169-189).

No contexto contemporâneo, o ensino de física no Brasil enfrenta desafios e oportunidades únicas. Por um lado, avanços tecnológicos e científicos oferecem novas maneiras de explorar e compreender os conceitos físicos, proporcionando um

terreno fértil para a inovação pedagógica (MOREIRA, 2021). Por outro lado, questões como a falta de recursos, infraestrutura precária e desigualdades socioeconômicas apresentam obstáculos significativos para garantir que todos os estudantes tenham acesso a uma educação de qualidade em física. Apesar desses desafios, o ensino de física no Brasil também é marcado por uma rica tradição de pesquisa e prática pedagógica (MOREIRA, 2021, p. e20200451).

O ensino de física no ensino médio desempenha um papel crucial no desenvolvimento dos alunos, oferecendo-lhes uma compreensão fundamental dos princípios científicos que regem o mundo ao seu redor. Uma das principais metas do ensino de física é fornecer aos alunos as habilidades necessárias para analisar e compreender os fenômenos naturais por meio do método científico. Isso envolve não apenas o desenvolvimento de conhecimentos teóricos, mas também a aplicação prática desses conhecimentos por meio de experimentação e resolução de problemas. Além disso, o ensino de física no ensino médio tem enfrentado o desafio de tornar o conteúdo mais acessível e envolvente para os alunos, especialmente aqueles que podem não ter um interesse intrínseco na disciplina. Isso tem levado à adoção de métodos de ensino mais ativos e práticos, que incentivam a participação dos alunos por meio de atividades experimentais, projetos de pesquisa e uso de tecnologias educacionais.

2.2 O uso da experimentação no ensino de Física

No cenário educacional contemporâneo, a busca por métodos de ensino eficazes e engajadores é uma constante. O uso da experimentação, por exemplo, é uma ferramenta que desempenha um papel crucial na compreensão e no desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos, especialmente no ensino de Física, a experimentação é considerada fundamental para tornar os princípios abstratos da disciplina mais tangíveis e acessíveis aos estudantes (GIANI, 2010). Especialmente no campo da física, uma disciplina que frequentemente desafia os alunos com conceitos abstratos e teorias complexas, a experimentação emerge como uma ferramenta poderosa para catalisar a compreensão e o interesse dos estudantes, destacando sua importância, benefícios e aplicações práticas.

A física, como uma das ciências fundamentais, oferece uma compreensão profunda dos fenômenos naturais que nos rodeiam, desde os movimentos dos corpos

no cotidiano até as complexidades do cosmos. No entanto, a abstração teórica e os conceitos muitas vezes desafiadores podem tornar o ensino dessa disciplina um verdadeiro desafio. Nesse contexto, a experimentação surge como uma ferramenta essencial para desvendar os mistérios da física e tornar o aprendizado mais acessível, envolvente e significativo, sendo fundamental na validação de teorias físicas (SILVA, 2020). Este trabalho se propõe a explorar o uso da experimentação no ensino de física, destacando sua relevância pedagógica, benefícios e potencial transformador no processo educacional.

O ensino tradicional de física no Ensino Fundamental e Médio, frequentemente centrado em palestras expositivas e problemas teóricos, não consegue cativar e inspirar os alunos. A falta de conexão com aplicações práticas e a dificuldade em visualizar conceitos abstratos podem resultar em uma compreensão superficial e desmotivação dos estudantes. Diante desse desafio, é imperativo explorar abordagens alternativas que possam despertar o interesse e promover uma aprendizagem mais eficaz (MOREIRA, 2018).

A experimentação no ensino de física oferece uma abordagem holística para a aprendizagem, permitindo que os alunos participem ativamente do processo de descoberta e compreensão. Ao realizar experimentos práticos, os estudantes têm a oportunidade de testar hipóteses, observar fenômenos em tempo real e analisar resultados, construindo assim um entendimento sólido dos princípios físicos fundamentais, oferecendo uma abordagem dinâmica e interativa que permite aos alunos explorar e descobrir os princípios físicos por si mesmos. Ao envolver os alunos em atividades práticas, experimentos e demonstrações, a experimentação não apenas facilita a compreensão dos conceitos, mas também promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais (GRASSELLI,2014).

A experimentação no ensino de Física desempenha um papel crucial na compreensão dos conceitos científicos e no desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos. Ao envolver os estudantes em atividades práticas, a experimentação proporciona uma abordagem que complementa a aprendizagem teórica em sala de aula. No entanto, apesar de seus benefícios evidentes, a implementação eficaz da experimentação no ensino de Física também apresenta desafios significativos (GIANI,2010).

2.3 As dificuldades do uso da experimentação no ensino de Física

O uso da experimentação desempenha um papel crucial na promoção da compreensão conceitual e no desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos, especialmente no ensino de Física. No entanto, apesar de sua importância reconhecida, a implementação eficaz da experimentação no contexto educacional enfrenta uma série de desafios que podem impactar sua eficácia e aplicação. A física, como disciplina fundamental, desempenha um papel crucial na formação dos estudantes, oferecendo uma visão profunda sobre os fenômenos naturais que governam o universo. No entanto, o ensino eficaz dessa disciplina muitas vezes enfrenta obstáculos significativos, especialmente no que diz respeito à implementação da experimentação como ferramenta pedagógica. As dificuldades inerentes ao uso da experimentação no ensino de física, passa por desafios enfrentados pelos educadores em relação a questões relacionadas a recursos, infraestrutura, formação de professores e alinhamento com os currículos são apenas alguns dos obstáculos que os educadores enfrentam ao tentar integrar a experimentação em suas práticas pedagógicas (MOREIRA, 2021).

Um dos principais desafios é garantir que as experiências sejam projetadas de maneira apropriada para alcançar os objetivos educacionais desejados, ao mesmo tempo em que são seguras e acessíveis para os alunos. Além disso, há a questão da disponibilidade de recursos e equipamentos adequados, que muitas vezes pode ser uma barreira para escolas com orçamentos limitados. Outro desafio é garantir que as experiências sejam conduzidas de maneira a promover o pensamento crítico e a investigação científica dos alunos, em vez de simplesmente seguir procedimentos prescritos. Isso requer um ambiente de sala de aula que estimule a curiosidade dos alunos e os encoraje a fazer perguntas, formular hipóteses e analisar resultados de maneira crítica.

Além disso, a experimentação no ensino de Física também enfrenta desafios relacionados à avaliação do aprendizado dos alunos. Medir o impacto das experiências na compreensão conceitual e no desenvolvimento das habilidades práticas dos alunos nem sempre é uma tarefa fácil e pode exigir métodos de avaliação mais criativos e abrangentes. Apesar desses desafios, o uso da experimentação no ensino de Física continua sendo uma ferramenta valiosa para inspirar e envolver os alunos na aprendizagem da ciência. Ao superar esses obstáculos com abordagens

inovadoras e adaptáveis, os educadores podem aproveitar ao máximo o potencial da experimentação para promover uma compreensão profunda e duradoura dos princípios físicos fundamentais.

Outro fator importante a destacar, é a dificuldade em projetar experimentos que sejam relevantes, acessíveis e alinhados com os objetivos educacionais. Esses são desafios na adaptação de atividades práticas para diferentes níveis de habilidade dos alunos e contextos educacionais. Além disso, a escassez de recursos financeiros para adquirir equipamentos especializados e materiais necessários para a realização de experimentos é proveniente da falta de infraestrutura adequada, como laboratórios equipados, para suportar a experimentação prática em sala de aula.

No ensino médio, a experimentação é frequentemente utilizada como uma ferramenta essencial para ajudar os alunos a visualizar e compreender os conceitos físicos de forma mais concreta e tangível. Os experimentos são projetados para serem acessíveis e relevantes para os alunos, muitas vezes utilizando materiais simples e de baixo custo para ilustrar princípios básicos da física. Isso pode ajudar a despertar o interesse dos alunos pela disciplina e a promover uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos.

Na universidade, a experimentação tende a ser mais complexa e orientada para a pesquisa, permitindo aos alunos explorar conceitos físicos em profundidade e desenvolver habilidades avançadas de análise e investigação. Os experimentos frequentemente envolvem equipamentos mais sofisticados e técnicas mais avançadas, proporcionando aos alunos uma compreensão mais abrangente dos fenômenos físicos. Além disso, na universidade, os alunos geralmente têm mais liberdade para explorar áreas específicas de interesse e realizar experimentos independentes, promovendo a criatividade e a autonomia.

No entanto, o ensino de física na universidade também pode apresentar desafios, como a falta de tempo disponível para experimentação devido a cargas horárias pesadas de cursos e a disponibilidade limitada de recursos e equipamentos de laboratório. Além disso, pode haver uma tendência para uma abordagem mais teórica e abstrata em detrimento da aplicação prática dos conceitos físicos, o que pode dificultar a compreensão por parte dos alunos.

Em resumo, tanto na universidade quanto no ensino médio, o uso da experimentação como ferramenta de ensino de física pode ser altamente benéfico para os alunos, oferecendo oportunidades de aprendizado prático e aplicação dos

conceitos físicos. No entanto, é importante reconhecer as diferenças de contexto e abordagem em cada nível de ensino e adaptar as práticas de ensino de acordo com as necessidades e capacidades dos alunos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Abordar e analisar a questão do uso da experimentação no ensino de física, propondo experimentos criativos de baixo custo e acessíveis que possam ser utilizados em sala de aula.

2.2 Objetivos específicos

- Evidenciar o ensino de física no Brasil;
- Destacar a importância do uso de experimentos no ensino de física;
- Discutir as dificuldades para o uso de experimentos no ensino de física;
- Propor experimentos de baixo custo para serem utilizados em sala de aula.

3 METODOLOGIA

A partir do objetivo proposto neste trabalho, será elaborado roteiros experimentais visando o desenvolvimento e futura aplicação de experimentos de baixo custo no ensino de Física, ao garantir uma abordagem e as práticas adotadas em diferentes contextos educacionais. Os experimentos serão projetados levando em consideração a simplicidade, a acessibilidade dos materiais e a capacidade de envolver os alunos, além de permitir a comparação entre medidas experimentais quantitativas e previsões de modelos teóricos. Serão exploradas diferentes alternativas de materiais de baixo custo, como utensílios domésticos, materiais recicláveis e componentes eletrônicos simples. A criatividade será um elemento-chave na concepção dos experimentos e serão aplicados em salas de aula de diferentes níveis educacionais.

Propomos a realização de uma gincana educacional apresentando 3 propostas de atividades experimentais para serem realizadas em sala de aula, nas áreas da mecânica, movimentos oscilatórios e eletrodinâmica, discutindo os conteúdos da queda livre, pêndulo simples e eletrodinâmica respectivamente. Essas atividades irão oferecer oportunidades práticas para os alunos explorarem conceitos fundamentais de física e realizarem análises quantitativas dos resultados obtidos e discutidos entre si, e comparados com a previsão teórica.

O desenvolvimento e a aplicação de experimentos de baixo custo para o ensino de Física representaram não apenas uma abordagem educacional criativa e acessível, mas também uma oportunidade para promover uma transformação significativa na forma como a física é ensinada e aprendida. Ao adotar essa abordagem, os educadores têm a oportunidade de criar ambientes de aprendizagem dinâmicos e envolventes, onde os alunos são incentivados a explorar, questionar e descobrir por si mesmos.

Nesse sentido, o uso de experimentos didáticos emerge como uma estratégia fundamental para aprimorar a qualidade do ensino e promover o desenvolvimento integral dos estudantes na escola pública. Os alunos devem ser encorajados a participar ativamente do processo de aprendizagem, manipulando materiais e fazendo observações, estimulando uma motivação intrínseca que os alunos são mais propensos a se engajar em atividades de aprendizagem quando têm um interesse pessoal e uma sensação de controle sobre o processo. Na metodologia de

experimentação, isso implica em permitir que os alunos escolham experimentos que despertem seu interesse e que possam explorar em seu próprio ritmo.

Para desenvolver experimentos de baixo custo no ensino de Física, é importante considerar uma base sólida na teoria do ensino. De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, os novos conhecimentos são assimilados e integrados ao que o aluno já conhece (PELIZZARI, p. 37-42, 2002). Na metodologia de experimentação, isso implica em projetar experimentos que sejam relevantes para a vida cotidiana dos alunos e que possam ser relacionados com seus conhecimentos prévios. Isso ajuda a tornar a aprendizagem mais significativa e duradoura, enfatizando a importância da experiência direta na formação do conhecimento e das habilidades. Na metodologia de experimentação, isso envolve criar oportunidades para os alunos explorarem conceitos físicos por meio de atividades práticas e experimentos concretos.

O uso de experimentos didáticos como mediadores da aprendizagem nas escolas públicas representa uma abordagem pedagógica inovadora e eficaz, capaz de potencializar significativamente o processo de ensino e aprendizagem. Ao incorporar atividades práticas e experimentais no contexto educacional, os professores podem proporcionar aos alunos uma experiência de aprendizagem mais dinâmica e engajadora, permitindo a exploração ativa dos conceitos teóricos em um ambiente concreto e palpável (UEDA, 2014). Essa prática pedagógica não apenas estimula a curiosidade e o interesse dos estudantes, mas também promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como observação, análise crítica, experimentação e resolução de problemas. Além disso, os experimentos didáticos favorecem a construção de conhecimento de forma colaborativa, incentivando a interação entre os alunos e o compartilhamento de ideias, contribuindo assim para uma educação mais significativa e contextualizada (COSTA, 2017).

4 EXPERIMENTOS DE FÍSICA COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO E A MELHORIA NA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS

4.1 Proposta das atividades experimentais

Nos últimos anos, a educação tem passado por uma transformação significativa, com um crescente reconhecimento da importância do envolvimento ativo dos alunos em seu próprio processo de aprendizagem (SOUZA, 2009, p. 1764-8). Nesse contexto, atividades experimentais e dinâmicas, como gincanas educacionais, têm ganhado destaque como estratégias eficazes para promover o aprendizado significativo e engajar os alunos em sala de aula (PEREIRA, 2022).

Propomos 3 atividades experimentais que oferecem oportunidades práticas para os alunos explorarem conceitos fundamentais de física e realizarem análises quantitativas dos resultados obtidos e discutidos entre si. Eles também podem ser adaptados para diferentes níveis de ensino e ajustados conforme necessário para atender aos objetivos, sempre com o auxílio do professor em sala de aula. Discutindo as áreas da mecânica, oscilações e eletrodinâmica, no qual o principal objetivo será analisar os resultados obtidos pelos estudantes e averiguar quais equipes chegaram mais perto do resultado teórico. O vencedor ganhará uma nota maior, brinde ou premiação, ficando a caráter do professor que avaliará o desempenho dos alunos.

Através da análise dos resultados obtidos durante a realização da gincana ou atividade experimental, espera-se não apenas evidenciar os benefícios dessas práticas pedagógicas, mas também fornecer insights valiosos para educadores interessados em adotar abordagens inovadoras em suas salas de aula. Assim, este estudo busca contribuir para o avanço do campo da educação ao destacar a importância do ensino baseado em atividades práticas no ensino de física e experiências significativas para o desenvolvimento integral dos alunos.

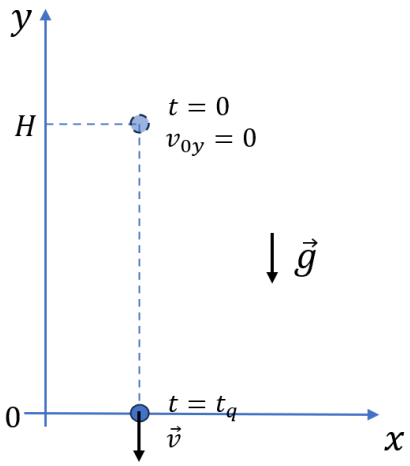
4.2 Experimento 1 - Queda Livre

A queda livre (Figura 1) é um fenômeno físico que ocorre quando um objeto é deixado cair livremente com resistência do ar desprezível, sob influência da gravidade. Este fenômeno, estudado desde os tempos de Aristóteles, desempenha um papel fundamental na compreensão dos princípios básicos da física (HALLIDAY, 2012).

Nesta seção, serão discutidos os fundamentos teóricos da queda livre,

incluindo as leis do movimento, a aceleração devido à gravidade, a velocidade e o tempo de queda, bem como suas aplicações e limitações.

Figura 1 - Queda livre: um objeto, sob ação da gravidade $\vec{F}_g$, solto do repouso de uma altura H.



Fonte: Autor, 2024.

Solto do repouso, numa altura H acima do solo, um objeto de massa $\boldsymbol{m}$. Este objeto está sujeito à ação da força da gravidade $\vec{F}_g$, dirigida ao solo. O solo está no plano X. Como podemos verificar facilmente, a trajetória deste objeto será retilínea e vertical (eixo Y), na qual o objeto atingirá o solo depois de algum instante. Esse fato nos sugere o sistema de coordenadas mostrado na Figura 1, onde escolhemos o eixo Y na direção da trajetória retilínea. Esta escolha é a mais simples possível.

A demonstração da independência da massa na queda livre em um campo gravitacional uniforme é um conceito fundamental a ser destacado. Este princípio, estabelecido por Galileu Galilei no século XVII, é um dos pilares da física clássica e tem implicações importantes em várias áreas da ciência. Galileu realizou experimentos notáveis, como o da queda livre, ao deixar cair objetos de diferentes massas de uma mesma altura, observando que todos atingiam o solo simultaneamente, desde que o efeito do arrasto do ar fosse negligenciado. Esse resultado revolucionário contradiz a visão aristotélica amplamente aceita na época, que afirmava que objetos mais pesados caem mais rapidamente que objetos mais leves.

Portanto, todos os objetos, independentemente de sua massa, caem com a mesma aceleração em um campo gravitacional uniforme. Essa aceleração é

aproximadamente *9,8 m/s²* na superfície da Terra, o que significa que todos os objetos em queda livre ganham velocidade a uma taxa constante de *9,8* metros por segundo.

As leis do movimento de Newton são os pilares fundamentais da física clássica, fornecendo um arcabouço teórico essencial para entender o comportamento dinâmico dos corpos no universo. Propostas por Isaac Newton no século XVII, essas leis revolucionaram nossa compreensão do movimento e continuam a ser aplicadas em diversas áreas da ciência e da engenharia até os dias atuais, desde o movimento planetário até a queda livre de objetos na superfície da Terra.

A primeira lei de Newton, também conhecida como lei da inércia, postula que um objeto permanece em seu estado de repouso ou movimento uniforme em linha reta, a menos que seja submetido a uma força externa. Em queda livre, quando um objeto é solto, ele inicialmente está em repouso e permanecerá assim até que a força gravitacional atue sobre ele.

Tendo em vista a segunda Lei de Newton, também conhecida como princípio fundamental da dinâmica, afirma que a força resultante sobre um objeto é igual ao produto de sua massa pela aceleração experimentada, conforme expresso pela equação:

$$\vec{F}_{Res} = m \,.\, \vec{a} \qquad (1)$$

Onde: $\vec{F}_{Res}$ é a força resultante,
m é a massa do objeto,
$\overrightarrow{a}$ é a aceleração do objeto.

A aceleração do objeto pode ser definida tomando como base uma direção em y:

$$a_y(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_y}{\Delta t} \qquad (2)$$

$$a_y(t) = \frac{dv_y}{dt}$$

A aceleração da gravidade é provocada pela força gravitacional agindo sobre um objeto dividido pela sua massa. Na superfície da Terra, essa força é dada pelo produto da massa do objeto pela aceleração devido à gravidade *g*:

$$\vec{F}_{peso} = m \cdot \vec{g} = -mg\hat{y} \quad (3)$$

Igualando essas duas expressões, na direção y temos:

$$-m \cdot g = m \cdot a_y$$
$$a_y = -g$$

Portanto, a aceleração da gravidade é simplesmente a aceleração devido ao peso, que é aproximadamente 9,8 m/s² na superfície da Terra.

Na terceira lei, conhecida como ação e reação, afirma que, para toda força de ação que é aplicada a um corpo, surge uma força de reação em um corpo diferente. Essa força de reação tem a mesma intensidade da força de ação e atua na mesma direção, mas com sentido oposto. Na queda livre, o objeto exerce uma força gravitacional igual e oposta à Terra, mas como a massa da Terra é muito maior do que a do objeto em queda, podemos considerar a Terra como estacionária.

Em termos simples, a gravidade é o que nos mantém ancorados à superfície da Terra e é a força que faz com que os corpos caiam em direção ao centro do planeta. Quando um corpo é deixado cair no vácuo (ou em um ambiente onde a resistência do ar é negligenciável), ele está sujeito apenas à força da gravidade que é aproximadamente 9,8 m/s² na superfície da Terra, esta aceleração devido à gravidade pode variar com a altitude e a latitude. A velocidade de um objeto em queda livre aumenta continuamente com o tempo, de acordo com equações que são fundamentais para prever e analisar o movimento em queda livre e são derivadas das leis do movimento de Newton.

Ao integrar a aceleração da gravidade para encontrar a velocidade ou a posição em função do tempo, precisamos considerar a forma funcional da aceleração. Como já derivamos, a aceleração $\vec{a}$ é constante e igual em módulo a $\vec{g}$ e na direção negativa de y, portanto, sua integral em relação ao tempo *t* é dada por:

$$\int a_y dt = -\int g dt$$
$$\int a_y dt = -g \int dt$$
$$v_y = -g \cdot t + C,$$

onde: C é uma constante de integração. Substituindo a condição inicial $v_y(t=0) = v_{0y}$, temos $C = v_{0y}$. Portanto, a equação da velocidade de um objeto em queda livre em relação ao tempo pode ser descrita pela equação:

$$v_y(t) = v_{0y} - g \cdot t. \tag{4}$$

A equação da posição (altura) de um objeto em queda livre em relação ao tempo pode ser descrita pela equação:

$$\int v_y(t)dt = \int (v_{0y} - g \cdot t)dt$$
$$y(t) = \int v_y(t)dt = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 + C_2 \quad ,$$

onde: C_2 é uma outra constante de integração. Se a posição inicial for y_0, então $C_2 = y_0$. Logo, temos:

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2} g {t_q}^2 \tag{5}$$

onde: $y(t)$ é a posição do objeto no tempo t,
y_0 é a posição inicial do objeto,
v_{0y} é a velocidade inicial do objeto,
g é a aceleração devida à gravidade.

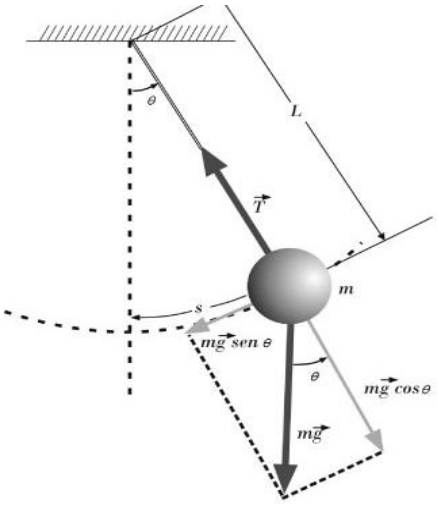
A equação da queda livre pode ser escrita de maneira a considerar o eixo y apontando para cima, onde a aceleração da gravidade g é negativa porque age no sentido contrário ao eixo positivo. Considerando que o objeto foi inicialmente solto a partir do repouso, v_{0y}=0 , a partir da altura inicial $y_0 = H$, obteremos o tempo de queda t_q quando o objeto toca o solo em $y(t = t_q) = 0$. A equação do movimento para um objeto em queda livre sob essas condições pode ser descrita como:

$$0 = H + 0 - \frac{1}{2} g {t_q}^2$$
$$H = \frac{1}{2} g {t_q}^2 \, . \tag{6}$$

4.3 Experimento 2 - Pêndulo Simples

O pêndulo simples (Figura 2) é um sistema físico fundamental que consiste em uma massa (ou massa pontual) suspensa por um fio de massa desprezível, com ausência do atrito. Este sistema tem sido objeto de estudo há séculos e desempenha um papel crucial em diversos campos da física, desde a mecânica clássica até a física moderna (HALLIDAY, 2012). Neste trabalho, vamos explorar as características físicas básicas do pêndulo simples e como seu movimento é governado pelas leis da física, especificamente as leis do movimento de Newton.

Figura 2 - Modelo físico de um pêndulo simples, no qual um corpo de massa *m* preso num fio de comprimento *L* oscila com ângulo $\theta(t)$ devido à ação da gravidade *g* e forças atuantes.



Fonte: (ARNOLD, v. 33, p. 4311-4311, 2011.)

Um pêndulo simples é um modelo idealizado consistindo de um objeto de massa que pode oscilar em torno de um ponto de equilíbrio, suspenso por um fio de comprimento *L*. Algumas situações familiares como uma criança em um balanço no parque ou uma bola de demolição presa por um cabo a um guindaste podem ser consideradas exemplos de pêndulo simples.

A massa é considerada pontual, o que significa que suas dimensões físicas são insignificantes em comparação com o comprimento do fio. O pêndulo pode oscilar em torno de um ponto de suspensão, geralmente horizontalmente.

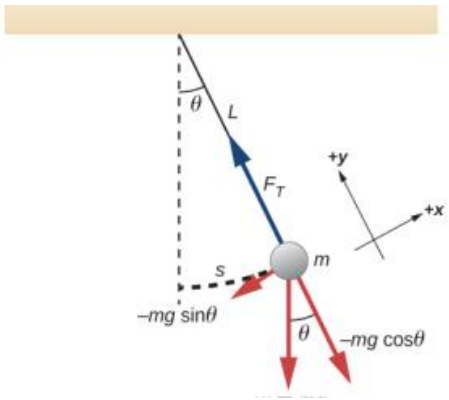
O movimento é governado pelas leis do movimento de Newton, em particular

pela segunda lei de Newton, que estabelece que a força resultante em um objeto é dada pela derivada do momento em relação ao tempo:

$$\vec{F}_{Res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \tag{7}$$

Quando um pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e solto para oscilar, ele experimenta uma força restauradora (Figura 3) que o direciona de volta ao ponto de equilíbrio.

Figura 3 - Ilustração da componente tangencial, atuando como força restauradora.



Fonte: Escola Virtual Moçambicana, 2024.

Essa força restauradora surge devido à componente tangencial da força peso da massa, que é proporcional ao deslocamento angular (θ) do pêndulo em relação à posição de equilíbrio. De acordo com a lei de Hooke, a componente tangencial desta força restauradora é dada pela equação:

$$F_t = -mg \cdot sin(\theta) \tag{8}$$

Onde: F_t é a componente tangencial da força restauradora,

m é a massa do objeto,

g é a aceleração devido à gravidade,

θ é o deslocamento angular.

Esta força restauradora cria um movimento oscilatório periódico no pêndulo, que segue uma trajetória de um arco de circunferência.

A interação entre a força peso e a tensão no fio é crucial para entender o comportamento dinâmico do pêndulo. Quando o pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e liberado, a força peso atua como a força restauradora, enquanto a tensão no fio fornece a componente centrípeta necessária para manter o movimento circular. A combinação dessas forças resulta em um movimento oscilatório periódico característico do pêndulo simples.

Quando o pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e solto, a única força que exerce torque sobre ele é a força gravitacional. Esta força é diretamente proporcional ao seno do ângulo de deslocamento do pêndulo e, portanto, produz uma aceleração angular. A partir dessa análise, é válida a segunda lei de Newton para o movimento angular que pode ser expressa como:

$$\vec{\tau} = I\vec{\alpha} \tag{9}$$

Onde: τ é o torque aplicado ao pêndulo,

I é o momento de inércia do pêndulo,

α é a aceleração angular do pêndulo.

No caso do pêndulo simples, o movimento é planar e precisamos apenas tomar a componente z da equação (5): $\tau_z = I\alpha_z$. Para pequenos ângulos de deslocamento (θ), o torque (τ_z) pode ser aproximado por $-mg \cdot Lsin(\theta) \simeq -mg \cdot L.\theta$, onde m é a massa do pêndulo. Além disso, o momento de inércia (I) para um pêndulo simples é aproximadamente mL^2.

Substituindo essas expressões na segunda lei de Newton para o movimento angular e rearranjando, obtemos:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\theta$$

Esta é uma equação diferencial de segunda ordem que descreve o movimento do pêndulo. A solução geral para essa equação diferencial é

$$\theta(t) = A\, cos(\omega t) + B\, sen(\omega t),$$

onde A e B são constantes de integração a serem determinadas pelas condições iniciais. Utilizando que o pêndulo é solto a partir do repouso: $\frac{d\theta}{dt}(t = 0) = 0$, portanto $B = 0$. Assumindo que $\theta(t = 0) = \theta_0$, é possível escrever a solução para o ângulo (θ) como função do tempo na forma:

$$\theta(t) = \theta_0 cos(\omega t)\ , \tag{10}$$

onde: θ_0 é o deslocamento angular inicial,

ω é a frequência angular ($\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$).

O período (T) é o tempo necessário para que o pêndulo complete um ciclo de oscilação, ou seja, o tempo necessário para que o ângulo θ varie de θ_0 para $-\theta_0$. Isso ocorre quando ωt aumenta de 0 a 2π, o que implica que o período é definido como:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \tag{11}$$

Substituindo $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$, obtemos a equação para o período do pêndulo simples:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\ \ , \tag{12}$$

onde: T é o período de oscilação,

π é uma constante matemática,

L o comprimento do fio,

g é a aceleração devido à gravidade.

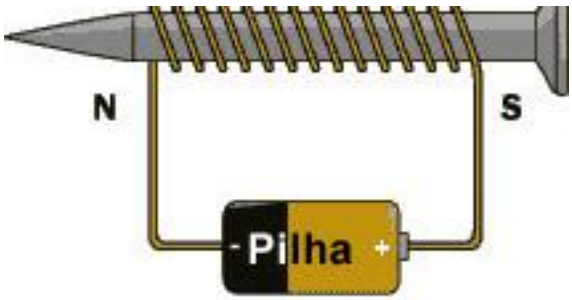
O período de oscilação de um pêndulo simples, é o intervalo de tempo que o objeto leva para percorrer toda a trajetória (ou seja, retornar a sua posição original de lançamento, pode ser determinado pelo seu comprimento e pela aceleração da gravidade.

4.4 Experimento 3 - Eletroímã

O eletromagnetismo é uma das teorias fundamentais da física que descreve a interação entre campos elétricos e magnéticos, ou seja, descreve uma interconexão entre eletricidade e magnetismo, tendo em vista que, cargas elétricas em movimento geram campos magnéticos, enquanto variações desses campos induzem correntes elétricas (HALLIDAY, 2012). Desenvolvido ao longo do século XIX por cientistas como Michael Faraday e James Clerk Maxwell, o eletromagnetismo revolucionou nossa compreensão do mundo físico e pavimentou o caminho para muitos avanços tecnológicos fundamentais, unificando os fenômenos elétricos e magnéticos em uma estrutura teórica coerente.

Um eletroímã (Figura 4) é um dispositivo capaz de gerar um campo magnético temporário quando uma corrente elétrica passa por uma bobina de fio condutor enrolada em torno de um núcleo ferromagnético. Dois dos pilares fundamentais do eletromagnetismo são as leis de Ampère e Faraday, que estabelecem as bases teóricas para entendermos como correntes elétricas e variações de campos magnéticos estão intrinsecamente ligadas. A lei de Ampère é essencial para compreender o funcionamento dos eletroímãs.

Figura 4 - Modelo de um eletroímã.



Fonte: Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia-a-Dia - UNESP/Bauru (2000).

A Lei de Ampère estabelece que uma corrente elétrica em um condutor gera um campo magnético ao seu redor, algo essencial para entender como uma corrente elétrica em uma bobina condutora cria um campo magnético ao redor do eletroímã.

Essa lei fundamental é aplicada na teoria dos eletroímãs de várias maneiras. Por exemplo, ao aumentar a corrente elétrica que passa pela bobina do eletroímã, a intensidade do campo magnético gerado aumentará.

A Lei de Ampère estabelece a relação entre a circulação do campo magnético (Figura 5) ao redor de uma curva fechada e a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada por essa curva, estabelecendo que a integral do campo magnético ($\vec{B}$) ao longo de uma linha fechada é igual à permeabilidade magnética (μ_0) multiplicada pela corrente elétrica que atravessa essa linha. Matematicamente, a Lei de Ampère é expressa como:

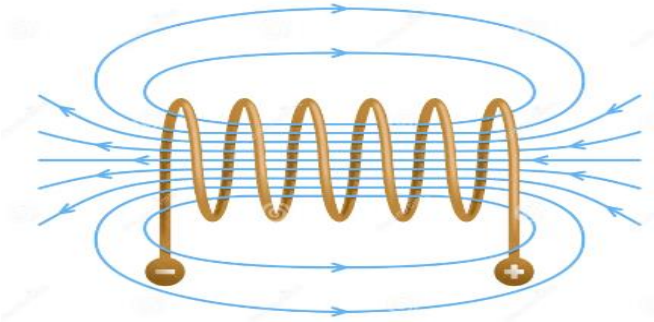
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc} \tag{13}$$

onde: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ é a circulação do campo magnético $\vec{B}$ ao redor da curva fechada,

μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo,

I_{enc} é a corrente elétrica total que atravessa a superfície delimitada pela curva.

Figura 5 - Ilustração do campo magnético dentro e fora do solenoide.



Fonte : Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia-a-Dia - UNESP/Bauru (2000).

Para um solenoide ideal e muito longo, o campo magnético dentro do solenoide é uniforme e paralelo ao eixo do solenoide, fora, o campo magnético é negligenciável. Considerando a contribuição do campo magnético apenas das seções paralelas ao eixo do solenoide (onde o campo é uniforme) e sabendo que o campo magnético ao longo dessas seções é aproximadamente constante. A partir dessa dedução, podemos obter uma expressão para o módulo do campo magnético dentro de um

solenoide ideal, que é dada por:

$$\vec{B} = \mu_0 . n . I . \hat{z} \tag{14}$$

Esta é a expressão para o campo magnético no interior de um solenoide infinitamente longo. Para solenoides finitos ou com outras configurações específicas, a dedução pode envolver técnicas mais avançadas de integração, mas o princípio básico permanece o mesmo: usar a Lei de Ampère para relacionar o campo magnético ao redor de um caminho fechado à corrente elétrica que passa por esse caminho. O campo magnético dentro de um solenoide ideal é diretamente proporcional à corrente elétrica que flui através dele e ao número de espiras por unidade de comprimento.

$$n = \frac{N}{L} \tag{15}$$

A equação pode ser reescrita como:

$$\vec{B} = \mu_0 . \frac{N}{L} . I . \hat{z} \tag{16}$$

Onde: $\vec{B}$ - é o campo magnético dentro do solenoide;

μ_0 - é a permeabilidade magnética do vácuo;

N - é o número de espiras;

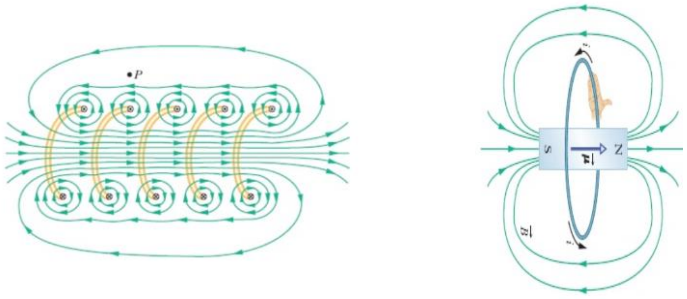
I - é a corrente elétrica que passa pelo solenoide;

L - é o comprimento do solenoide;

$\hat{z}$ - é a orientação do vetor $\vec{B}$.

O campo magnético gerado por um eletroímã em forma de solenoide é diretamente proporcional a corrente que o atravessa e ao número de espiras, ou seja, a intensidade de um eletroímã pode ser maior simplesmente aumentando-se a corrente que flui pelo dispositivo e o número de espiras. A Figura 6 abaixo nos mostra um solenoide percorrido por uma corrente elétrica I_{enc}, que possui as mesmas características que um imã natural.

Figura 6 - Comparação esquemática de um solenoide e um imã natural. Os campos magnéticos gerados são análogos.



Fonte: HALLIDAY, vol. 3, 2016.

Quando uma corrente elétrica passa pela bobina de fio condutor, ela gera um campo magnético ao redor do eletroímã de acordo com a Lei de Ampère do eletromagnetismo. A direção do campo magnético é determinada pela direção da corrente elétrica na bobina, seguindo a regra da mão direita. A corrente elétrica que flui pela bobina induz um campo magnético no núcleo ferromagnético. Os átomos no material ferromagnético tendem a se alinhar com esse campo magnético, criando um campo magnético líquido no interior do material. A intensidade do campo magnético gerado pelo eletroímã é proporcional à corrente elétrica que passa pela bobina e ao número de voltas na bobina. Quanto maior a corrente elétrica e o número de voltas, mais forte será o campo magnético produzido. Quando a corrente elétrica é interrompida, o campo magnético gerado pelo eletroímã desaparece e o material ferromagnético retorna ao seu estado original. Isso permite que os eletroímãs sejam ligados e desligados conforme necessário.

Uma bússola (Figura 7) é um instrumento magnético que utiliza a propriedade dos dipolos magnéticos de se alinhar com o campo magnético terrestre. Um dipolo magnético é a conjunção de um pólo norte e um polo sul magnético, ou seja, um pequeno imã. O comportamento magnético de uma bússola está intimamente ligado ao conceito de dipolo magnético. Quando uma bússola é colocada em um campo magnético externo, como o campo magnético terrestre, o momento magnético interno da bússola (um dipolo magnético) tende a se alinhar com o campo magnético externo. Isso ocorre de acordo com as linhas de campo magnético, com o pólo norte magnético da bússola apontando na direção do pólo sul magnético do campo externo. Esse

comportamento é o que permite que a bússola seja usada para determinar direções, como norte, sul, leste e oeste.

O dipolo magnético na bússola é essencialmente formado pelo alinhamento dos spins dos elétrons nos átomos constituintes do material magnético da agulha da bússola. Isso cria um momento magnético líquido na agulha da bússola, que se orienta na direção do campo magnético externo. Portanto, a agulha da bússola possui um momento de dipolo magnético permanente, capaz de responder ao campo magnético externo e se alinhar com o mesmo (caso a agulha esteja livre para girar).

Figura 7 - Foto de uma bússola. A ponta pintada de vermelho nos indica o polo norte do momento magnético da agulha e ela é livre para girar em torno do centro da bússola.

Fonte: Autor, 2024.

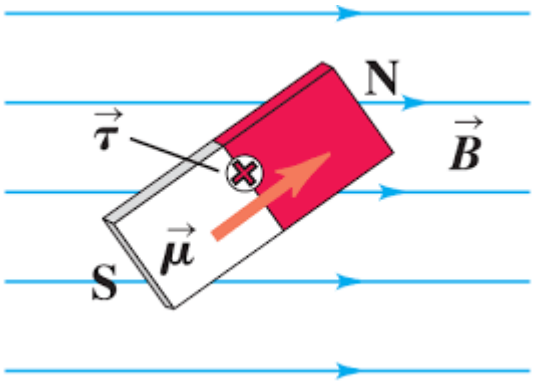
A agulha da bússola é magnetizada, e se comporta como um dipolo magnético com um polo norte magnético e um polo sul magnético, permitindo que a bússola indique direções, como norte, sul, leste e oeste. isso significa que um polo do dipolo magnético atrairá o polo oposto de outro dipolo magnético e repelirá o mesmo polo. O dipolo magnético é uma abstração útil para entender muitos fenômenos magnéticos na natureza e é frequentemente usado para descrever o comportamento de ímãs permanentes.

O momento de dipolo magnético é uma medida da intensidade e orientação do campo magnético produzido por um objeto magnético, como uma bússola. É uma grandeza vetorial e é definido como o produto da magnitude do polo magnético e o vetor que conecta os polos magnéticos. Em uma bússola, o momento de dipolo magnético é essencialmente representado pela agulha magnética. Esta agulha é

magnetizada e se comporta como um dipolo magnético, com um polo norte e um polo sul. A direção em que a agulha da bússola aponta é determinada pelo alinhamento do momento de dipolo magnético da agulha com as linhas de campo magnético da Terra. Isso ocorre devido à tendência do momento de dipolo magnético a se orientar na direção do campo magnético externo, buscando uma configuração de energia mínima.

O torque magnético (Figura 8) é uma medida da tendência de um objeto magnético, como uma agulha de bússola ou um ímã, a girar em resposta a um campo magnético externo. Assim como o torque é uma medida da tendência de um objeto a girar em resposta a uma força aplicada, o torque magnético é a tendência de um objeto magnético a girar em resposta a um campo magnético. Quando um objeto magnético é colocado em um campo magnético externo, as linhas de campo magnético exercem força sobre os polos magnéticos do objeto. Se o objeto não estiver alinhado perfeitamente com as linhas de campo magnético, um torque será aplicado, tentando girar o objeto para que ele se alinhe com o campo magnético externo.

Figura 8 - Representação do torque magnético.



Fonte: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

A relação entre o momento de dipolo magnético e o torque é dada pelo produto vetorial entre eles. Matematicamente, o torque magnético ($\vec{\tau}$) aplicado em um objeto magnético é igual ao produto vetorial entre o momento de dipolo magnético ($\vec{\mu}$) do objeto e o campo magnético externo ($\vec{B}$).

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad (17)$$

Onde: $\vec{\tau}$ - é o torque magnético;

$\vec{\mu}$ - é o momento de dipolo magnético;

$\overrightarrow{B}$ - é o campo magnético.

Essa equação significa que o torque magnético resultante no objeto magnético é perpendicular tanto ao momento de dipolo magnético quanto ao campo magnético externo. Isso implica que o torque tenderá a girar o objeto magnético até que seu momento de dipolo magnético esteja alinhado com as linhas do campo magnético externo. Portanto, o momento de dipolo magnético e o torque estão diretamente relacionados na medida em que o momento de dipolo magnético determina a magnitude do torque exercido em um objeto magnético quando este é colocado em um campo magnético externo. O torque, por sua vez, é responsável pela tendência do objeto a girar, ou seja, tende a alinhar-se o dipolo com o campo magnético.

4.5 Roteiros experimentais

Queda Livre

Nesta seção propomos um pequeno roteiro experimental para a gincana a ser realizada em sala de aula utilizando a queda livre. Utilizamos como referências roteiros experimentais universitários (DE PAULA, 2019, p. 38.), livros de propostas experimentais (PERUZZO, Jucimar, 2012), que permeiam a prática e o desenvolvimento dos estudantes, utilizando materiais de baixo custo. No entanto, simplificamos as análises dos dados experimentais para adequar ao tempo e nível do ensino médio.

Objetivo:

Será pedido aos alunos que meçam o tempo de queda de um objeto, ao ser solto de uma determinada altura pré estabelecida pelo professor, exemplificado neste roteiro como uma altura de $h = 1{,}5m$. No final da aula, o valor medido será comparado com a previsão teórica mostrada pelo professor e a equipe que obteve o valor mais próximo do resultado teórico mostrado será premiada.

Tempo proposto:

Para realização deste experimento, o professor poderá disponibilizar de 2 horas/aula, onde 20 minutos serão disponibilizados para a explanação dos conteúdos associados ao experimento, 50 minutos para sua realização e o restante será disponibilizado para a explicação e resultado final.

Pré-requisitos:

Para este experimento, é importante que o professor tenha passado alguns conteúdos para compreensão dos conceitos básicos de cinemática e MRUV, incluindo posição, velocidade, aceleração, e como esses parâmetros estão relacionados ao movimento de queda livre de um objeto.

Materiais Utilizados:

- Bolinha de gude ou objeto semelhante para ser solto na queda livre;
- Trena para medir distâncias próximas de 1,5 m;
- Cronômetro (que pode ser recurso de um celular).

Montagem e Procedimento experimental:

Nesta próxima etapa, propomos que o professor divida a turma em grupos de 3 pessoas, e que todos participem da gincana. De preferência, que sejam sorteadas as equipes, tendo em vista que, será observado a dedicação e a união de todos os componentes do grupo, em busca do objetivo final que será vencer a disputa e ficar com o prêmio. Dividiremos em 5 passos, as tarefas que o professor irá submeter aos alunos neste experimento.

Passo 1: Após dividir os estudantes em trios, os estudantes usarão bolinhas de gude como objeto para a realização do experimento. Cada grupo terá uma bolinha de gude, uma trena ou qualquer equipamento semelhante para medir comprimentos, e deverão ter um equipamento para medir intervalo de tempo, sendo mais comum um cronômetro, que poderá ser o de seus próprios celulares.

Passo 2: O professor pedirá que cada grupo esteja distribuído na sala de aula, mantendo uma pequena distância entre eles. Com o auxílio de uma trena, todos os grupos terão que medir na parede da sala, uma altura inicial da queda de $h = 1{,}50\ m$.

Após isso, deverão fazer uma marcação na parede para delimitar a altura inicial da queda, utilizando um adesivo ou algo similar.

Passo 3: Após os grupos marcarem a altura de $h = 1{,}50\ m$, o professor pedirá que todos os componentes do grupo soltem a bolinha da altura delimitada. Portanto, serão 3 lançamentos por equipe, de modo que todos os integrantes participem. Com o auxílio do cronômetro proveniente de seus celulares, os alunos deverão medir o tempo de queda até a bolinha chegar ao chão e anotarem em seus cadernos.

Passo 4: Feito isso, devido a imprecisão dos equipamentos de medição, será pedido que eles tirem uma média aritmética dos tempos medidos pela equipe, ou seja, serão somados todos os 3 tempos medidos pelo grupo e divididos por 3. Sendo assim, essa média será usada como valor final do tempo de queda da equipe.

Passo 5: Por fim, já realizado o experimento, o professor pedirá aos alunos que destaquem a folha com as anotações evidenciadas do valor experimental, e apenas um integrante de cada grupo entregue-o em mãos. Dessa forma, o professor agradecerá a participação e a dedicação de todos os estudantes, e será mostrado no quadro, o cálculo teórico do valor do tempo de queda para a altura de $h = 1{,}50\ m$, usando a equação da queda livre, que é o assunto abordado neste experimento. Sendo assim, o grupo que chegou mais próximo do resultado teórico vencerá a disputa e ganhará a premiação submetida pelo professor.

Pêndulo Simples

Nesta seção, daremos continuidade a mais um roteiro experimental para a gincana a ser realizada em sala de aula, utilizando o conteúdo de movimentos oscilatórios, seguindo o mesmo esquema de divisão de equipes e análise em relação ao experimento anterior. (PERUZZO, JUCIMAR, 2012).

Objetivo:

Será pedido aos alunos que meçam o período de oscilação de um pêndulo simples, ao soltar o pêndulo de um ângulo inicial não muito grande e observarem o seu comportamento oscilatório. Neste roteiro, propomos utilizar um comprimento do fio

de $L = 1{,}0m$ e um ângulo inicial θ_0<10°. Ao final, descobriremos qual equipe obteve o valor mais próximo do resultado teórico.

Tempo proposto:

Para realização deste experimento, o professor poderá disponibilizar de 1 hora/aula, onde 15 minutos serão disponibilizados para a explanação dos conteúdos associados ao experimento, 20 minutos para sua realização e o restante será disponibilizado para a explicação e resultado final.

Pré requisitos:

Para este experimento, é importante que o professor tenha passado alguns conteúdos para compreensão dos conceitos básicos de cinemática e dinâmica, como força e aceleração, sendo importante que eles entendam como a gravidade atua sobre o objeto em movimento. Portanto, compreender os princípios do movimento harmônico simples (MHS) é fundamental para entender o comportamento do pêndulo.

Materiais Utilizados:

• Fio ou corda resistente;
• Trena para medir distâncias próximas de 1,0 m;
• Um pequeno corpo massivo (pode ser uma chumbada de pesca, bola de gude, uma pedra ou objeto similar a ser amarrado na corda);
• Um suporte para fixar o fio (pode ser uma mesa, uma cadeira ou algo estável);
• Um transferidor;
• Cronômetro (que pode ser recurso de um celular).

Montagem e Procedimento:

Nesta próxima etapa, dividiremos em 5 passos um roteiro para montagem do experimento, sendo necessário dividir a turma em equipes ou em trio, na qual todos possam participar.

Passo 1: Após a divisão das equipes, o professor auxiliará os alunos na montagem do pêndulo simples, utilizando todos os materiais necessários para sua estrutura. Será pedido que os alunos prendam o objeto escolhido na extremidade do fio,

certificando de que o objeto esteja bem preso e não corra o risco de se soltar durante o movimento. Será usado um barbante de comprimento $L = 1{,}0m$, no qual eles possam medir esse comprimento com uma trena ou equipamento similar.

Passo 2: Feito isso, a próxima etapa será pendurar o fio em um suporte fixo, de forma que ele fique firme e não se mova durante o experimento, podendo ser em uma cadeira, mesa ou algo estável. Certificando de que o suporte esteja na altura desejada para o pêndulo.

Passo 3: Em seguida, o professor pedirá que todos os componentes do grupo soltem o pêndulo e deixem-no oscilar por 5 vezes até retornar para a sua mão. De forma que haja 3 lançamentos por equipe, e que todos os integrantes participem. Com o auxílio do cronômetro, proveniente de seus celulares, os alunos deverão medir o tempo que o pêndulo realiza cinco oscilações, quando sai de suas mãos e retornam a ela. O período de apenas uma oscilação será o tempo medido anteriormente dividido por 5.

Passo 4: Feito isso, devido a imprecisão dos equipamentos de medição, será pedido que eles tirem uma média aritmética dos tempos medidos pela equipe, ou seja, serão somados todos os 3 períodos medidos pelo grupo e divididos por 3. Sendo assim, essa média será usada como valor final do período de oscilação.

Passo 5: Por fim, já realizado o experimento, o professor agradecerá a participação e a dedicação de todos os estudantes, e será mostrado no quadro, o cálculo teórico do valor do período de oscilação do pêndulo simples, usando um comprimento de fio $L = 1{,}0\ m$.

Eletroímã

Nesta seção, daremos continuidade ao terceiro e último roteiro experimental para a gincana a ser realizada em sala de aula, utilizando o conteúdo de eletrodinâmica, seguindo o mesmo esquema de divisão de equipes dos experimentos anteriores (ROSAS, 2020).

Objetivo:

Será pedido aos alunos que construam um eletroímã, ou seja, eles irão criar um ímã muito parecido a um imã natural com o uso da eletricidade. Será pedido às equipes que descubram onde está localizado o polo norte do eletroímã, usando uma bússola como forma de orientação.

Tempo proposto:

Para realização deste experimento, o professor poderá disponibilizar de 2 horas/aula, onde 20 minutos serão disponibilizados para a explanação dos conteúdos associados ao experimento, 50 minutos para sua realização e o restante será disponibilizado para a explicação e resultado final.

Pré requisitos:

Para este experimento, é importante que o professor tenha passado alguns conteúdos para compreensão dos conceitos de eletrodinâmica, que trata das interações entre cargas elétricas em movimento e campos magnéticos, como corrente elétrica, campo magnético e propriedades dos ímãs.

Materiais Utilizados:

- Uma pilha de 1,5 volts ou uma voltagem maior;
- Um prego de ferro de 10 cm;
- 1 metro de fio de cobre esmaltado;
- Uma tesoura;
- Trena para medir distâncias próximas de 1,0 m;
- Uma fita adesiva;
- Clips e tachinhas;
- Uma bússola.

Montagem e Procedimento:

Nesta próxima etapa, dividiremos em 5 passos, as tarefas que o professor irá propor aos alunos, para a realização do último experimento do nosso roteiro.

Figura 9 - Foto de um eletroímã.

Fonte: Autor, 2024.

Passo 1: O professor auxiliará os alunos na montagem do eletroímã, utilizando todos os materiais necessários para sua estrutura. Será pedido aos alunos que enrolem o fio de cobre de 1 m ao redor do prego, de forma que deixe sobrando 20 cm de fio em suas duas extremidades, ou seja, precisará enrolar no prego cerca de 60 cm. Utilizando uma trena ou equipamento similar, os alunos medirão esses devidos comprimentos.

Passo 2: Feito isso, a próxima etapa será lixar as pontas do fio esmaltado, usando uma tesoura ou algo similar, para que assim possa facilitar o contato com a pilha. Em seguida, será pedido que eles liguem as duas pontas do fio aos polos da pilha, e com o auxílio de uma fita adesiva prenda as pontas nos seus dois polos.

Passo 3: Em seguida, o professor pedirá que eles aproximem os clipes e as tachinhas do prego e eles irão observar que esses objetos serão atraídos. Além disso, também poderá ser colocado uma pilha de voltagem maior para demonstrar como a eficiência do eletroímã aumenta com o aumento da corrente elétrica.

Passo 4: Depois disso, o professor pedirá que eles aproximem o eletroimã a uma bússola, de forma que eles testem com as duas extremidades do prego e observem se a bússola sofrerá mudança na sua orientação, analisando a direção em que a

agulha da bússola se move conforme o eletroímã se aproxima. A partir dessa verificação, o professor perguntará para as equipes, onde está localizado o polo norte do eletroímã.

Passo 5: Por fim, já realizado o experimento, o professor agradecerá a participação e a dedicação de todos os estudantes, e a resposta da pergunta do professor será mostrado no quadro com a sua devida explicação, e será declarado a equipe ou equipes que acertaram a resposta, vencendo a gincana.

4.6 Explicação dos experimentos

Queda Livre

Esta é a última etapa do nosso roteiro, e será o momento em que o professor explicará à turma como calcular o tempo de queda do objeto através de equações que governam o movimento. E desvendará qual foi o resultado teórico final na sala de aula.

O tempo de queda de um objeto em queda livre pode ser explicado teoricamente usando a física newtoniana. De acordo com a teoria da gravitação de Newton, nas vizinhanças da superfície terrestre, um objeto em queda livre sob a influência da gravidade terá uma aceleração constante em direção ao centro da Terra. Esta aceleração é representada pela aceleração devido à gravidade, denotada por "g", e tem um valor aproximado de 9,8 m/s² na superfície da Terra.

Para determinar o tempo de queda de um objeto em queda livre, podemos usar a equação da queda livre, definida por:

$$0 = H + v_{0Y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot gt^2 \quad (6)$$

Dado que a velocidade inicial v_{0Y} é zero (porque o objeto começa do repouso), a equação simplifica para:

$$H = \frac{g{t_q}^2}{2}$$

Podemos rearranjar essa equação para encontrar o tempo de queda (t):

$$t_{queda} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Esta é a equação teórica que nos permite calcular o tempo de queda de um

objeto em queda livre, dado o valor da aceleração devido à gravidade (g) e a altura que foi submetida a queda.

Substituindo $H = 1{,}50m$ teremos:

$$t_{queda} = \sqrt{\frac{2.1{,}5}{9{,}8}}$$
$$t_{queda} = \sqrt{\frac{3}{9{,}8}}$$
$$t_{queda} = \sqrt{0{,}306}$$
$$t_{queda} = 0{,}55 \text{ s}$$

Através do valor teórico, temos o valor esperado do tempo de queda do objeto. Comparando este resultado com os valores obtidos pelos estudantes e será declarado como vencedora a equipe que chegar mais próxima do resultado teórico. O professor poderá explicar aos alunos que o tempo de queda dependeu apenas da altura que o objeto caiu e do valor da gravidade na Terra, sendo interessante indagar aos estudantes por que motivo eles acham que as medidas experimentais não correspondem e em seguida incitar uma discussão sobre imprecisão de medidas reais.

Pêndulo Simples

Esta é a última etapa do nosso roteiro, e será o momento em que o professor explicará à turma como calcular o período de oscilação do pêndulo através da equação desvendando qual é o resultado final previsto teoricamente na sala de aula. O período de oscilação de um pêndulo simples é o intervalo de tempo que o objeto leva para percorrer toda a trajetória e retornar a sua posição original de lançamento, sendo afetado pelo comprimento do fio e pela aceleração devido à gravidade.

Para determinar o tempo que o pêndulo oscila até retornar à posição inicial, podemos usar uma equação já definida anteriormente:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\ . \qquad (12)$$

Usando o valor da aceleração da gravidade com:

$$g = 9{,}8\ m/s^2$$

e substituindo $L = 1{,}0m$ para o comprimento do fio, teremos:

$$T = 2.3{,}14\sqrt{\frac{1}{9{,}8}}$$

$$T = 6{,}28\sqrt{0{,}102}$$

$$T = 6{,}28\ .0{,}319$$

$$T = 2{,}00\ s$$

Através do valor teórico, temos o valor do período de oscilação do pêndulo. Sendo comparado aos valores das equipes e será declarado o vencedor quem chegou mais próximo do resultado. Desta forma, o período do pêndulo simples pode ser calculado por meio do comprimento do fio, dos valores de π e da gravidade que são constantes. Sendo assim, o professor poderá explicar para os alunos que o período não dependeu da massa do objeto, mas sim, do comprimento do fio.

Eletroímã

Esta é a última etapa do nosso roteiro, e será o momento em que o professor explicará à turma como determinar o polo norte de um eletroímã usando uma bússola, desvendando na sala de qual ou quais equipes acertaram.

Quando uma bússola se move na presença de um eletroímã, isso ocorre devido à interação entre os campos magnéticos gerados pela bússola e pelo eletroímã. A bússola, que é essencialmente um pequeno ímã, é influenciada pelo campo magnético produzido pelo eletroímã. A agulha magnetizada da bússola é livre para locomover e se alinhar de acordo com as linhas do campo na presença de um eletroímã.

O experimento nos mostra que a agulha da bússola se move em direção ou é repelida pelo eletroímã, dependendo da orientação relativa dos polos magnéticos envolvidos. Especificamente, observamos que quando a agulha da bússola é atraída em direção ao eletroímã, o polo da bússola que está apontando na direção do eletroímã é o polo oposto ao polo próximo do eletroímã. Por outro lado, quando a agulha da bússola é repelida pelo eletroímã, o polo da bússola que está afastado do eletroímã é o polo do mesmo nome.

Através desta análise, foi possível determinar quais são os polos de um

eletroímã e identificar qual é o seu polo norte. Sendo assim, as equipes vencedoras foram as que determinaram corretamente o resultado.

5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O presente estudo evidenciou 3 propostas de experimentos de baixo custo para o ensino de Física, destacando sua importância como uma abordagem criativa e acessível para promover uma educação em ciências mais inclusiva e eficaz. Através da revisão teórica, do design cuidadoso dos experimentos, foi possível compreender os benefícios significativos dessa abordagem e os desafios associados à sua implementação. Os experimentos de baixo custo oferecem uma oportunidade única para os educadores engajarem os alunos de forma prática e tangível, permitindo a exploração ativa dos conceitos físicos e o desenvolvimento de habilidades práticas essenciais. Além disso, eles abrem as portas da educação em ciências para uma gama mais ampla de alunos, incluindo aqueles em ambientes com recursos limitados, ao utilizar materiais acessíveis e disponíveis localmente.

Ao longo deste estudo, evidenciamos a importância da experimentação como ferramenta de aprendizagem e como essa prática poderá inspirar a curiosidade e a criatividade dos estudantes, transformando o processo em uma jornada emocionante e significativa. No entanto, apesar de suas muitas vantagens, os experimentos de baixo custo também enfrentam desafios, como a necessidade de desenvolver materiais instrucionais claros e acessíveis, garantindo que os experimentos sejam seguros e éticos, e a necessidade de fornecer suporte e formação adequados aos educadores. Em suma, o desenvolvimento e a aplicação de experimentos de baixo custo para o ensino de Física representam uma abordagem valiosa e promissora para aprimorar a educação. Ao superar os desafios e maximizar os benefícios dessa abordagem, podemos avançar em direção a uma educação em Física mais inclusiva, acessível e impactante, capacitando os alunos a se tornarem pensadores.

Portanto, a perspectiva sobre o desenvolvimento e a aplicação de experimentos de baixo custo para o ensino de Física é uma visão otimista e inspiradora para o futuro da educação. Ao aproveitar o poder da criatividade, da acessibilidade e da inovação, podemos transformar a maneira como a Física é ensinada e aprendida, capacitando os alunos e encorajando os educadores a desenvolverem seus próprios experimentos de baixo custo e adaptarem as práticas pedagógicas às necessidades específicas de seus alunos, podemos criar ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e personalizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALISON, R. B.; LEITE, A. E. Possibilidades e dificuldades do uso da experimentação no ensino da física. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor-Caderno PDE (Versão online)**, v. 1, p. 1-29, 2016.

ARNOLD, F. J.; et al. Estudo do amortecimento do pêndulo simples: uma proposta para aplicação em laboratório de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, p. 4311-4311, 2011.

BEZERRA, D. P.; et al. A evolução do ensino da física–perspectiva docente. **Scientia Plena**, v. 5, n. 9, 2009.

BRAQUEHAIS, J. P. B.; DE MORAIS, M. V. G. **Determinação Experimental da Aceleração da Gravidade com Pêndulo Simples e Câmeras Digitais**. 2015. Disponível em:<https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Modelo-fisico-de-um-pendulo-simples-ideal_fig1_283486894>.

COSTA, Y. S. Uso de experimentos didáticos como mediadores da aprendizagem em eletrostática numa escola pública de Maceió/AL. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional) - Instituto de Física, **Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física**, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

FINAZZO, S. I.; TAMBORILO, A. L.; SUAIDE, A. A. P. Ressonância não linear de uma bússola em campos magnéticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, p. 2302, 2011.

GIANI, K. A experimentação no ensino de ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa. 2010. 190 f. Dissertação (mestrado) - **Universidade de Brasília**, 2010.

GRASSELLI, E. C.; GARDELLI, D. O ensino da física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática. **Cadernos PDE, Curitiba**, v. 1, p. 1-21, 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física**, volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**, volume 3. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

JUNIOR, F. R.; FERRARO, N. G.; SOARES, T. **Os fundamentos da Física 3 – Eletricidade**. 9 ª edição. Editora Moderna. São Paulo, 2007.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de física.** São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de física**. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99, 2000.

Movimento em queda livre, **Escola Virtual Moçambicana**. Disponível em:<https://www.escolamz.com/2021/04/movimento-de-queda-livre.html>. Acessado em: 29/03/2024.

PELIZZARI, A; et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PERUZZO, J. **A Física Através De Experimentos. V Ii**. Clube de Autores (managed), 2012.

Pêndulo simples caseiro, labdemon - **Universidade Federal do Pará**. Disponível em:<https://www.labdemon.ufpa.br/ondulatoria/pendulo-simples>. Acessado em: 31/03/2024.

Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia-a-Dia - **UNESP/Bauru**, disponível em:<https://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele11.htm>. Acessado em: 31/03/2024.

ROSAS, A. W. P. Tópicos do eletromagnetismo abordados com uma sequência didática experimental para uma aprendizagem significativa no ensino médio, 2020.

149 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/CCET) - **Universidade Federal do Maranhão**, São Luís, 2020.

SHIGUNOV NETO, Alexandre; MACIEL, Lizete Shizue Bomura. O ensino jesuítico no período colonial brasileiro: algumas discussões. **Educar em revista**, p. 169-189, 2008.

SILVA, J. N. A. et al. A experimentação como ferramenta motivacional no ensino de física. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 102473-102485, 2020.

UEDA, M. CADERNOS, P. D. E. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, 2014.