



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA

FRANCISCO CASSIMIRO DE SOUSA ALBUQUERQUE

**ELETROMAGNETISMO EXPERIMENTAL PARA OS ENSINOS FUNDAMENTAL
E MÉDIO**

FORTALEZA

2022

FRANCISCO CASSIMIRO DE SOUSA ALBUQUERQUE

ELETROMAGNETISMO EXPERIMENTAL PARA OS ENSINOS FUNDAMENTAL E
MÉDIO

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A31e Albuquerque, Francisco Cassimiro de Sousa.
Eletromagnetismo Experimental para os Ensinos Fundamental e Médio / Francisco Cassimiro de Sousa
Albuquerque. – 2022.
46 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Física, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. Ensino de Física. 2. Eletromagnetismo Experimental. 3. Materiais de baixo custo. 4. Ensino
fundamental. 5. Ensino médio. I. Título.

CDD 530

FRANCISCO CASSIMIRO DE SOUSA ALBUQUERQUE

ELETROMAGNETISMO EXPERIMENTAL PARA OS ENSINOS FUNDAMENTAL E
MÉDIO

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de licenciado em Física.

Aprovada em: 19/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Giovanni Cordeiro Barroso
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Wellington de Queiroz Neves
Universidade Estadual do Ceará (IFCE)

À minha família, à minha futura esposa e aos
amigos que estiveram comigo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, aos meus pais, Roberto Rivelino e Claudia Maria, e à minha irmã, Isabel Socorro, pelo apoio e suporte neste trajeto chamado vida. À minha avó Matilde pela ajuda com dinheiro da passagem e pela preocupação eterna. Aos meus primos, Felipe Santiago e José Victor, pelos momentos de diversão e aventuras, especialmente nos períodos de férias.

À minha noiva e futura esposa Lis Verissimo por todo seu companheirismo, por todo o amor que vejo em seus olhos, pelo carinho do seu abraço, pela inspiração e pela força. Por estar comigo desde o começo, nos piores e nos melhores dias, com seus conselhos, seus sorrisos, suas conversas e nossos sonhos compartilhados nesta e nas próximas jornadas da vida.

Agradeço também aos meus sogros, Carlos Rui e Katia Verissimo, pelo apoio, carinho e conselhos nesses anos em que entrei para a família e cuja bondade já me salvaram mais vezes do que posso lembrar.

Ao Prof. Dr. Nildo Loiola Dias pela orientação neste trabalho e por ter me “adotado” ao longo dos anos como monitor, ao Prof. Dr. José Marcos Sasaki pela ajuda com a marcenaria na construção dos experimentos, ao Mestrando Márcio Freitas, pela ajuda na parte eletrônica e de soldagem, e aos outros professores durante a graduação que me proporcionaram ensinamentos e momentos marcantes.

Agradeço a todas as pessoas com que tive experiências ao longo da minha jornada nos dois cursos, bacharelado e licenciatura. Em especial ao Vasco Stascxak, Cleber Silva, Lara Hissa, Carlos Miguel e Isabel Castro por terem sido as pessoas mais próximas e companheiras nesses longos anos, pelas experiências compartilhadas e pelo *RPGzim* que mestreí e que tornou um período da pandemia mais tolerável (e que a ordem de apresentação foi definida pelos seus rolamentos no d20, ideia do Cleber). Agradeço também pelos outros membros do grupo do primeiro RPG de D&D que mestreí, por terem tornado tão divertido meu último semestre no bacharelado antes de mudar para a licenciatura: Eduardo Rocha, Vitor (que teve 3 personagens), Celestia Sousa, Diêgo Canafistula, Josué Alves, Hellen e ao Jônatas Evangelista por ter me feito voltar a narrar e jogar RPG. Agradeço também ao William Jonathan, Timoteo Lopes, Italo Bezerra, Danilo Augusto e Ester Lemos pelas ajudas nas correrias durante as cadeiras na pandemia e pelas dicas da licenciatura. Também agradeço à Mariana Coriolano, Virna Diolino e ao Rômulo Reinaldo por sempre me fazerem rir e me divertir quando estava no CH e, também, pela amizade e cuidado com a minha gatinha.

À Universidade Federal do Ceará e à Pró-Reitoria de Graduação (Prograd) pelo apoio financeiro por meio das bolsas e pelas vivências.

Por último, à mim.

“Per aspera ad astra.”(Lucius Annaeus Seneca,
Séc. I d.C)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar experimentos que foram construídos com materiais de baixo custo voltados ao ensino de eletromagnetismo — conteúdo que se encontra dentro da disciplina de Física — para turmas do Ensino Fundamental e Médio, dando ênfase na visualização dos fenômenos que comprovam o eletromagnetismo. Tendo-se noção das dificuldades de muitos alunos quanto ao estudo da Física, ciência que possui tanto conceitos palpáveis e fáceis quanto abstratos e extensos, os experimentos foram feitos de maneira a serem rápidos, simples e visualmente atrativos, a fim de estimular o estudante ao questionamento, à compreensão e à busca por respostas.

Palavras-chave: ensino de física; eletromagnetismo experimental; materiais de baixo custo; ensino fundamental; ensino médio.

ABSTRACT

This work aims to present practical experiments with low-cost materials aimed at teaching electromagnetism — content that is within the discipline of Physics — for elementary and high school classes, emphasizing the visualization of the phenomena that prove electromagnetism. Being aware of the difficulties of many students regarding the study of Physics, a science that has both palpable and easy concepts as well as abstract and extensive ones, the experiments were carried out in a way that they were quick, simple and visually attractive, in order to stimulate the student to questioning, understanding and searching for answers.

Keywords: physics teaching; experimental electromagnetism; low-cost materials; elementary school; high school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação do campo magnético gerado por uma corrente em um fio retilíneo	23
Figura 2	Regra da mão direita para a determinação do campo magnético gerado por uma corrente em um fio retilíneo	23
Figura 3	Ilustração do fluxo magnético gerado por uma bobina	24
Figura 4	Aparato do pêndulo com LEDs e imagens dos LEDs piscando	27
Figura 5	Ímãs sobre a bobina do experimento 1	27
Figura 6	Aparato do pêndulo com as placas metálicas	29
Figura 7	Aparato de Oersted	30
Figura 8	Mudança nos ponteiros do aparato de Oersted	30
Figura 9	Aparato da força magnética	31
Figura 10	Aparato do eletroímã	32
Figura 11	Ilustração do fluxo magnético em um solenóide	33
Figura 12	Aparato do motor elétrico simples	34
Figura 13	Aparato do gerador de energia elétrica	35
Figura 14	Aparato do gerador de energia elétrica (com gaveta aberta, vista frontal)	35
Figura 15	Fonte ATX usada nos experimentos e suas especificações.....	36
Figura 16	Esquema do pêndulo magnético com LEDs	37
Figura 17	Esquema do pêndulo magnético com placas metálicas	38
Figura 18	Esquema do aparato de Oersted	39
Figura 19	Esquema do aparato da força magnética	40
Figura 20	Esquema do eletroímã	41
Figura 21	Esquema do motor elétrico simples	42
Figura 22	Esquema do gerador de energia elétrica	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
Dep.	Departamento
Fig.	Figura
Lab.	Laboratório
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LED	Diodo Emissor de Luz
MEC	Ministério da Educação e Cultura
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PVC	Policloreto de Vinila

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Física no Brasil: Ensino Fundamental e Médio	16
2.2	Dificuldade na aprendizagem: a experimentação como um auxílio	17
2.3	Teoria eletromagnética: principais fenômenos utilizados nos experimentos	21
3	DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS	26
3.1	Pêndulo magnético com LEDs	26
3.2	Pêndulo magnético com placas metálicas para frenagem	28
3.3	Aparato de Oersted	29
3.4	Força magnética sobre um fio conduzindo corrente	31
3.5	Eletroímã	32
3.6	Motor elétrico simples	33
3.7	Gerador de energia elétrica	34
4	CONFECÇÃO DOS EXPERIMENTOS: MATERIAIS E MONTAGEM	36
4.1	Montagem do Pêndulo magnético com LEDs	36
4.2	Montagem do Pêndulo magnético com placas metálicas de frenagem	37
4.3	Montagem do Aparato de Oersted	38
4.4	Montagem Força magnética com um aparato	39
4.5	Montagem do Eletroímã	40
4.6	Montagem do Motor elétrico simples	41
4.7	Montagem do gerador de energia elétrica	42
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência ampla e extensa, abordando desde os conhecimentos de mundo prévios dos alunos até conteúdos que apresentam novas concepções da natureza e enriquecem suas perspectivas acerca das situações que os circundam. Um desses conteúdos é o Eletromagnetismo, sendo apresentado, principalmente, pela separação entre eletricidade e magnetismo — com maior foco na área de eletricidade —, como era imaginado o comportamento desses dois campos da Física antes de sua unificação. Na parte final do conteúdo de magnetismo, é comum dizer que os dois conteúdos são uma coisa só — sem mostrar que, de fato, são, mesmo sem as ferramentas matemáticas do Ensino Superior. Por ser um conteúdo extenso, o eletromagnetismo é pouco estudado durante o Ensino Médio, isso se deve, infelizmente, à pouca ou nenhuma infraestrutura oferecida pelas escolas fora das salas de aula e à carência dos recursos necessários que ofereçam a didatização dessa disciplina, como a utilização de laboratórios voltados para o ensino da Física.

Tendo isso considerado, o ensino-aprendizagem do conteúdo de eletromagnetismo não é realizado como o esperado, havendo, assim, uma aprendizagem pouco efetiva devido à forma como as aulas são ministradas em sala de aula: as aulas expositivas são priorizadas, uma vez que, em muitos casos, as escolas favorecem a exposição do conteúdo, isso se deve, em particular, ao teor conteudista que as escolas vêm adotando em seu sistema de ensino. Essa metodologia adotada pelo ensino expositivo precisa de atualização e, tanto durante o período de pandemia da Covid-19 como depois dela, isso ficou mais evidenciado pelos relatos dos discentes. Ela privilegia a exposição e a memorização de fórmulas dadas pelo professor, a repetição — exaustiva — da realização de exercícios e a pouca participação dos alunos, esse método de ensino tradicionalista resulta no não aproveitamento total da compreensão do conceito físico objetivado. Seguindo por essa linha de pensamento, é importante utilizar de abordagens práticas, didáticas e perceptíveis no dia a dia dos alunos para que permitam a associação dos conteúdos claramente para, assim, cativá-los e apresentar-lhes uma mudança de perspectiva, dado que a maioria não possui conhecimentos anteriores que deem a noção dos fenômenos eletromagnéticos no cotidiano. A partir disso, pensando conforme Freire (1987), a educação “não pode ser um ato de depósito de conteúdos, mas sim o da problematização dos homens em suas relações com o mundo”, por isso, objetivamos uma educação libertadora que busca pela autonomia crítica e de conhecimento de seus educandos, para que possam encontrar respostas para os seus questionamentos.

Ademais, ressalta-se a reformulação do Ensino Médio — com aplicação iniciada no ano de 2022 para os primeiros anos — que na parte de Formação Geral Básica do seu currículo faz a diminuição dos conteúdos e foca no desenvolvimento das Competências e Habilidades determinadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), uma nova problemática a ser considerada quanto ao tempo dedicado ao eletromagnetismo no Ensino Médio.

Com isso, a alternativa para a utilização de experimentos de baixo custo é justificada como uma resposta ao problema da carência de recursos e de infraestrutura das escolas e, também, como forma de despertar o interesse e a curiosidade dos alunos, sendo uma metodologia capaz de torná-los agentes ativos nas aulas em vez de meros espectadores que estão dentro de sala apenas para absorver, passivamente, os conteúdos. E, neste trabalho, o autor apresenta experimentos de baixo custo de simples montagem e compreensão para didatizar o aprendizado de eletromagnetismo e, conseqüentemente, instigar o interesse dos discentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão detalhados todos os pontos teóricos abordados neste trabalho. Primeiramente, será discutido acerca da situação geral do Ensino de Física no Brasil, relacionando-a com a Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDB), com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e com base no relato de docentes. Em seguida, trataremos das dificuldades para a aprendizagem de Física e a importância da parte experimental no aprendizado dos discentes. Por fim, serão abordados os aspectos teóricos do eletromagnetismo que foram trabalhados nos experimentos.

2.1 Física no Brasil: Ensino Fundamental e Ensino Médio

Nas últimas décadas, tem ocorrido muito empenho dos professores para melhorar o Ensino de Física na educação brasileira. Novas estratégias metodológicas foram abordadas e criadas para se combater, por exemplo, a carência de interdisciplinaridade, o currículo desatualizado, a falta de contextualização com o mundo, a deficiência na visão crítica do aluno e a negligência entre o equilíbrio de teoria e prática (CURVINA, 2019). É crucial darmos um passo para trás e notarmos que esse problema aflige também o Ensino Fundamental — não somente o Ensino Médio, foco da disciplina —, com precarização ou ausência total de laboratórios de Física e com casos de certos professores que lecionam a disciplina em escolas mesmo não sendo graduados nela, esses docentes que possuem formação em áreas adjacentes e acabam por não proporcionar uma qualidade de ensino que um professor licenciado em Física poderia oferecer, acentuando os problemas citados anteriormente (MELO; CAMPOS; ALMEIDA, 2015).

À luz dessas complicações dentro do âmbito escolar, políticas públicas foram criadas para enfrentá-los e minimizá-los, tais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) em 1996, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) em 1999, os PCNs+ em 2002, e as Orientações Curriculares em 2006 (CURVINA, 2019). Essas políticas têm como propósito, resumidamente, formar os discentes como cidadãos e prepará-los para o mercado de trabalho, expandindo seus conhecimentos e visões de mundo junto de seus sentidos críticos sobre a realidade da sociedade atual, por meio de orientações metodológicas de professores qualificados em sólidos sistemas e dinâmicas do processo de ensino-aprendizagem, das áreas do conhecimento da base curricular feita pelos PCN+ que dão mais foco na

interdisciplinaridade e contextualização e também por meio dos projetos político-pedagógicos das escolas.

Para o Ensino de Física e a utilização de experimentos, destacam-se os princípios norteadores dentro dos PCNs, responsáveis por auxiliar no combate às problemáticas do ensino da disciplina de Física. Esses princípios norteadores são: a interdisciplinaridade, a contextualização, a competência e habilidades (CURVINA, 2019). O foco desta pesquisa está relacionado ao terceiro princípio norteador, a competência e habilidade. O sentido de competência, que mais aproxima-se da Didática, é a aptidão de resolver situações adversas usando de habilidades e recursos cognitivos bem desenvolvidos para que, ao ser inserido na sociedade e no mercado de trabalho, os discentes estejam preparados para atingirem seus objetivos e lidarem com as situações que surgirem. (CURVINA, 2019)

Com o tempo, foi ficando claro que os docentes e as escolas não devem ficar presos ao passado, com as metodologias tradicionais e ultrapassadas de ensino-aprendizagem — que repetem o ciclo de aulas-exercícios-provas —, mais focadas no professor, detentor de todo o conhecimento, e com os alunos vistos como ouvintes, passivos, pacientes e, muitas vezes, incapazes de raciocinar, recebendo o papel de um expectador memorizador. Portanto, as instituições de ensino e seus docentes urge pela utilização de metodologias ativas, focadas nos alunos, com posturas problematizadoras e investigativas, com o dever de suprir carências e resolver os problemas enfrentados pelo ensino antiquado. E, nesse cenário, a experimentação com materiais de baixo custo serve como uma alternativa de metodologia ativa, e, quando bem conduzida, é responsável por contribuir com a autonomia e desenvolvimento dos estudantes.

2.2 Dificuldade na aprendizagem: a experimentação como um auxílio

É de conhecimento comum o receio e a desmotivação de alunos quanto ao aprendizado de Física nas escolas, seja pelo medo associado à disciplina devido a sua dificuldade de compreensão conceitual ou ao uso da matemática, disciplina esta que já carrega uma grande carga dificultosa na formação de diversos alunos.

Na Física, mais precisamente no estudo do Eletromagnetismo, é apresentado e desenvolvido conceitos da realidade, provavelmente, fora dos conhecimentos prévios dos discentes, seja de seu aprendizado em anos escolares anteriores, seja de seus conhecimentos de vida. Como exemplo simples, podemos perguntar ao aluno o por quê de uma lâmpada

acender quando acionamos o interruptor. A resposta comum será algo como “por causa da eletricidade”, podendo haver algumas variações ou alguns detalhes extras, mas não irá muito além disto. E, apesar de correto, a compreensão de todo o fenômeno eletromagnético estará limitado a essa pequena parcela do nosso cotidiano. Ao ser ministrada uma aula sobre campo elétrico e outra sobre campo magnético, no modelo tradicional, por exemplo, esses conceitos novos e abstratos do eletromagnetismo quando trazidos para a realidade dos discentes, eles encontram dificuldades para o entendimento, uma vez que, em uma aula conteudista e expositiva, os discentes, sem instigação ao questionamento, percebem o assunto como algo inquestionável e buscam, pelo menos, memorizar fórmulas para obterem boas notas nas avaliações. Como consequência, lamentavelmente, em uma aprendizagem incompleta e deficiente a respeito da temática tratada em sala de aula. Quando não há compatibilidade com o que está sendo aprendido e o que o discente já sabe, a aprendizagem não é relevante (GUIMARÃES, 2009). E é nessa situação em que está um dos graves problemas e desafios no ensino de Física e do Eletromagnetismo.

Neste trabalho, focamos na perspectiva experimental do ensino da Física. A experimentação tem maior dinamismo e maior capacidade de despertar o entusiasmo e o interesse dos alunos, além de ser uma quebra de rotina da sala de aula convencional. Ela, quando pensada e feita da maneira correta, por exemplo, engrandece a compreensão dos conceitos físicos, facilita o foco nas atividades e aprendizados pela aprendizagem ativa, contribui para o florescimento e desenvolvimento de reflexões e sentidos críticos sobre o mundo material e contextos sociais.

Também é sabido a dificuldade de reintroduzir as aulas de modelos tradicionais após a pandemia da Covid-19 (SARS-CoV-2) que começou em 2020 e impediu a ida à sala de aula tradicional até o começo de 2022. A pandemia foi responsável por aflorar transtornos mentais já pré-existentes nos brasileiros, com ênfase nos jovens universitários (CARVALHO et al, 2022). Em 2022, é comum ver o relato de docentes sobre a queda de desempenho de alunos pós-pandemia, sobre os transtornos de atenção, problemas psicológicos devido às experiências passadas no decorrer da pandemia e as dificuldades de se adequar à reintrodução do regime antigo. Durante a pandemia de Covid-19, o modo de aula tradicional foi duramente criticado, o método de aulas no modelo EaD (Educação à distância), modelo que já sofria dos problemas sociais e psicológicos citados anteriormente quanto aos discentes — após o período de suspensão das atividades escolares devido ao *lockdown* —, sendo necessário uma variação de métodos de lecionar por parte dos docentes. Após a pandemia, o regime

tradicional de aulas voltou e foi criticado novamente, com os discentes sofrendo com as dificuldades agravadas por 3 anos de Covid-19.

Azevedo et al. (2009), em 2009, fizeram um levantamento da importância de experimentos no Ensino de Física em nove das principais revistas em ensino de ciências no Brasil e notaram que 18% dos artigos publicados referem-se à disciplina de Eletromagnetismo e salientam que a experimentação melhora o processo de aprendizagem. As práticas com experimentos contribuem para formação de conceitos e de conhecimentos pela fabricação de situações com caráter investigativo por meio de conflitos cognitivos e inclusão dos estudantes em processos ativos de ensino aprendizagem (ROCHA, 2016).

Para os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), o uso de experimentos no processo de ensino-aprendizagem é indispensável para desenvolvimento de habilidades e competências. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2002):

Para o aprendizado científico, matemático e tecnológico, a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno a tomada de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas (BRASIL, 2002, p. 52-53)

De acordo com os PCNs, a experimentação é imprescindível para o desenvolvimento do Ensino de Física. Vale destacar também que a situação atual da educação brasileira é complicada quanto ao ensino de ciências, especialmente ao de Física. Essa complicação é um ponto muito significativo que não deve ser ignorado. Segundo Kohori (2015):

O cenário atual das escolas do ensino básico é o número reduzido de aulas práticas. Não existem locais apropriados para a realização dos experimentos e armazenamento dos utensílios e reagentes. Uma grande parcela dos diretores e coordenadores não possui conhecimento adequado do trabalho e o tempo necessário para que os experimentos ocorram no cotidiano escolar. É necessária, além de tudo, a mudança da postura dos professores de Física, deixando de lado as críticas e passando a agir sobre as mudanças necessárias para a melhoria do ensino. (KOHORI, 2015, p. 6)

Kohori (2015) também afirma, com base no autor Valadares (2001), que as aulas experimentais devem ser simples, de baixo custo e rápidas devido a maioria das escolas não possuírem recursos físicos e temporais para laboratórios. Portanto, experimentos simples e

baratos acabam sendo os ideais para que a experimentação seja uma realidade no cotidiano das escolas, como podemos ver a seguir:

Embora a falta de recursos financeiros e o pouco tempo que os educadores dispõem para conceber aulas mais atraentes e motivadoras sejam fatores que contribuem para o cenário dominante nas escolas, talvez o obstáculo mais decisivo seja de natureza cultural. Neste contexto, propomos uma metodologia de ensino de ciências simples, factível e de baixo custo e, mais importante ainda, que leve em conta a participação dos alunos no processo de aprendizagem (VALADARES, 2001, p. 38 apud Kohori, 2015, p. 6).

E também podemos ver no trecho a seguir:

Uma ideia dominante em nossa proposta é o uso de protótipo e experimentos como instrumentos de descoberta, que permitem a alunos e professores desenvolver 7 atitudes científicas em contextos relevantes ao nosso dia-a-dia. Temos observado que quanto mais simples e conceitual é o experimento ou protótipo, tanto mais atraente ele se torna. Nesta linha de atuação, o professor pode e deve instigar seus alunos a simplificar os experimentos e protótipos até a reduzi-los a um mínimo em termos de materiais empregados, minimizando custos e maximizando o valor pedagógico de cada projeto específico. Esta estratégia permite aos alunos desenvolver novas habilidades e a buscar soluções alternativas e mais baratas, que é a base de grande parte da pesquisa e desenvolvimento realizados nos laboratórios tecnológicos. Deste modo, a escola dá uma oportunidade única a seus alunos de vivenciar concretamente o conhecimento “construído” por eles próprios e de internalizar o significado dos conceitos científicos aplicados a contextos bem definidos. Tudo isso em um ambiente favorável ao desenvolvimento social, científico, tecnológico e pessoal dos alunos (VALADARES, 2001, p. 38 apud Kohori, 2015, p. 6-7).

Os experimentos devem ser feitos por todos os alunos com o intuito de serem os protagonistas, autores de seus próprios conhecimentos, e que as aulas sejam de caráter investigativo, propondo a escrita, a fala e a leitura como instrumentos imprescindíveis da discussão dos conceitos dos experimentos (KOHORI, 2015).

As aulas de ciências, e de Física, com experimentos não são exclusivas do Ensino Médio nem do Ensino Fundamental II, podendo também serem aplicadas as primeiras séries do Ensino Fundamental I, como estuda Schroeder (2004), com as estruturas das aulas e tipos de atividades sendo propostas em sua dissertação. O processo de ensino por meio de experimentos sugerido por ele já foi aplicado em escolas de países como EUA, Alemanha, Suíça e Holanda, os professores tiveram auxílio de direções de escolas, centros de pesquisas em ensino e universidades para a aplicação dessa metodologia que sofreu adaptação a cada escola e, respectivamente, a cada turma em que foi adotada. Schroeder (2004) analisou a criação de relatórios individuais explicativos sobre os cenários propostos nas diferentes turmas e notou que as crianças a partir de 7 anos, com desenhos, vão incorporando com o

tempo, até que com 10 anos já são capazes de criar relatórios completos. Notou também que o medo de estarem certas ou erradas aflige muito as crianças, como podemos perceber em:

Embora seja exaustivamente destacado por mim durante as atividades que não há necessidade de as conclusões serem cientificamente corretas, apenas que deve haver uma relação não-aleatória entre estas e os resultados observados, as crianças mais velhas (a partir dos nove anos) se revelam progressivamente mais preocupadas com a possibilidade de estarem “certas” ou “erradas” e, muitas vezes, entregam relatórios sem conclusão ou com conclusões excessivamente vagas (nesses casos, os relatórios são devolvidos aos alunos para serem refeitos); (Schroeder, 2004, p. 93)

E Schroeder (2004) também concluiu seu trabalho com:

No entanto, a física ainda está longe das salas de aula das quatro primeiras séries. Um dos motivos mais facilmente identificáveis dessa ausência é a pouca intimidade dos professores dessas séries com a física, mesmo ela que possui um grande valor em potencial como instrumento para desenvolver as habilidades necessárias para tornar as crianças capazes de aprender-a-aprender. O tipo de atividades proposto por este trabalho não requer que os professores tenham formação em física, mas sim que adotem práticas de sala de aula mais condizentes com as necessidades de seus alunos.

A inclusão do ensino de física desde a primeira série do ensino fundamental pode ir além de qualquer aspecto utilitário. Obviamente, é importante que as crianças comecem a construir conceitos físicos desde cedo e consigam, quando já no ensino médio, explorar aspectos mais formais desses conceitos para também aplicá-los à Química e à Biologia e sejam beneficiadas em um Vestibular. Também é importante que os cidadãos sejam minimamente alfabetizados em física para poderem compreender e formar sua própria opinião a respeito de temas controversos e relevantes, como o uso de energia nuclear ou o efeito estufa. Porém, o ponto central que norteia a presente proposta de inclusão do ensino da física, é a oportunidade de aprender-a-aprender que ela oferece às crianças. (Schroeder, 2004, p. 94)

Dessa forma, retomando toda a discussão deste tópico, observa-se que, nos dias atuais, os docentes e as escolas não devem mais prender-se à metodologia tradicional de ensino-aprendizagem, e, portanto, a utilização de experimentos de baixo custo é uma das alternativas para uma aprendizagem mais significativa e ativa. Com isso, os experimentos elaborados neste trabalho visam todos os aspectos discutidos aqui.

2.3 Teoria eletromagnética: principais fenômenos utilizados nos experimentos

De forma geral, os fenômenos eletromagnéticos despertam a curiosidade das pessoas e são bastante atrativos, dependendo do intuito e do modo de uso. O eletromagnetismo também é um dos princípios das tecnologias modernas, sendo a base de funcionamento de vários equipamentos de uso comum (Latha, 2018 apud Cruz et al, 2020). Assim, podemos utilizar

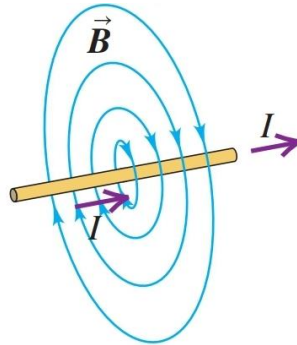
desses fenômenos para criar experiências pedagógicas que fujam da abordagem tradicional, sendo mais ativas e mais focadas nos estudantes como agentes ativos da construção de suas percepções de mundo.

Este trabalho utiliza de aplicações da teoria eletromagnética como base para a elaboração de todos os experimentos criados na próxima seção. Nesta seção será abordada a teoria de forma objetiva, focando nos principais fenômenos eletromagnéticos apresentados nos experimentos, sendo eles: um campo magnético gerado por uma corrente elétrica, a força magnética sobre um fio conduzindo uma corrente elétrica junto da variação do sentido da força dependendo da orientação do campo magnético e dos sentidos da corrente elétrica, e a variação do fluxo magnético induzir uma força eletromotriz. Ou seja, não apresentamos os aspectos históricos nem uma abordagem geral da teoria, apesar de não ser ignorado; reiterando que o foco desta seção são os fenômenos eletromagnéticos principais dos experimentos propostos. Visando isso, apresentamos uma abordagem objetiva para os fundamentos dos experimentos.

Primeiro, a corrente elétrica, base para os experimentos utilizados neste trabalho, é qualquer movimento de cargas de uma região para outra (SEARS; ZEMANSKY, 2015). Hans Christian Oersted, físico dinamarquês, em 1819, notou a relação entre eletricidade e magnetismo, quando a agulha de uma bússola foi afastada nas proximidades de uma corrente elétrica. Coulomb, Ampère, Faraday, Kirchhoff, Henry, Gauss, Lenz e Maxwell tiveram grandes contribuições para o eletromagnetismo, sendo os maiores nomes de referência desse campo da Física, por meio da formulação de leis quantitativas e por outras demonstrações de conexões entre eletricidade e magnetismo. Por exemplo, a produção de uma corrente elétrica em um circuito pelo movimento de ímãs nas proximidades como também a produção de um campo magnético pela variação de um campo elétrico (CURVINA, 2019).

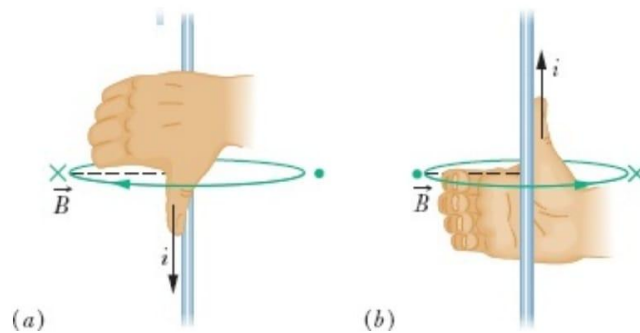
O fenômeno citado anteriormente, notado por Oersted, é a criação de um campo magnético gerado por uma corrente elétrica. É um dos fenômenos que acontece em máquinas de ressonância eletromagnética, por exemplo. Em 1826, foi descoberta uma forma de calcular o campo magnético gerado por uma de correntes em que seja possível utilizar um tipo de simetria, esta forma mais prática é uma das famosas equações de Maxwell e trata-se da Lei de Ampère, em homenagem ao físico que a formulou. Para fios retilíneos muito longos, as linhas do campo magnético são círculos em planos perpendiculares ao fio, Figura 1, com a orientação obedecendo a regra da mão direita (apontamos o polegar no sentido da corrente e a forma como fechamos a palma da mão com os dedos indica o sentido do campo magnético), Figura 2.

Figura 1 — Representação do campo magnético gerado por uma corrente em um fio retilíneo.



Fonte: Sears e Zemansky (2015).

Figura 2 — Regra da mão direita para a determinação do campo magnético gerado por uma corrente em um fio retilíneo.



Fonte: Halliday e Resnick (2016).

A fórmula integral da Lei de Ampère-Maxwell é dada por:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \phi_E}{\partial t} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

A Lei de Ampère-Maxwell é dada pela integral de linha sobre uma curva fechada (curva que chamamos de “amperiana”), ela será igual a μ_0 , a permeabilidade magnética do vácuo, vezes a corrente elétrica constante que passa por dentro dessa curva fechada, em que $d\vec{l}$ é sempre tangente à curva orientada; ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo e o último termo é o fluxo elétrico a partir de uma superfície.

Segundo, aproveitando o cenário de uma corrente elétrica em um fio retilíneo, agora vamos trabalhar com a força magnética sobre um condutor conduzindo uma corrente. Assim, temos um fio transportando uma corrente, ele está no interior de um campo magnético uniforme, ou seja, um segmento de fio retilíneo conduz uma corrente i na direção e no sentido

de l enquanto há um campo magnético B englobando o fio, conseguimos saber o sentido da força magnética usando a regra da mão direita: o sentido de vetor l usamos o dedo indicador, o sentido do vetor campo magnético B usamos no dedo médio e a força magnética apontará no sentido do polegar. Para determinarmos o valor da força magnética utilizamos as expressões:

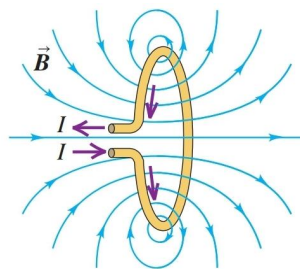
$$F = il \times B \quad (\text{Eq. 2.2})$$

E com a intensidade do vetor da força magnética sendo dado pela seguinte equação:

$$F = ilB \sin \theta \quad (\text{Eq. 2.3})$$

Finalmente, chegamos na indução eletromagnética, responsável pela indução de uma força eletromotriz, porém, primeiro deve ser esclarecida a definição de fluxo magnético. Vemos na Figura 3, um esquema de fluxo magnético proporcional ao número de linhas de campo magnético que atravessam a área da bobina ilustrada e o fluxo magnético é calculado pela integral do produto escalar do campo magnético com a área, em que a integral é calculada em toda a área.

Figura 3 — Ilustração do fluxo magnético gerado por uma bobina.



Fonte: Sears e Zemansky (2015).

Com a equação do fluxo magnético sendo:

$$\Phi = \int BA \quad (\text{Eq. 2.4})$$

No SI, a unidade do fluxo magnético é o Weber (Wb), sendo 1 Wb igual a 1 T.m².

Na Figura 3, observa-se que o fluxo é gerado pela corrente que circula a espira, com as linhas azuis representando as linhas de campo magnético. Em 1834, Heinrich Lenz afirmou que o sentido da corrente induzida irá gerar um campo magnético que é contra a variação do fluxo magnético original, ou seja, caso o fluxo magnético esteja aumentando, ele induzirá uma corrente que gerará um fluxo magnético que se opõe ao crescimento do fluxo original e, também, quando o fluxo estiver diminuindo, a corrente induzida gerará um fluxo que se opõe à diminuição do fluxo magnético, ou seja, criará um fluxo que tenta aumentar o fluxo magnético que está diminuindo. Assim, podemos enunciar a Lei de Faraday-Lenz como a força eletromotriz induzida em um circuito é igual a menos a variação do fluxo magnético no tempo.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

3 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Nesta seção, são descritos os experimentos montados — suas características, funcionalidades e intuítos — e quais os fenômenos eletromagnéticos alvos associados a cada um deles. Os experimentos foram selecionados de modo a contemplar a maioria dos assuntos que, normalmente, são abordados na disciplina de Eletromagnetismo, com perspectivas simples para uma compreensão clara e objetiva, sem sacrificar o quesito questionador necessário para o interesse dos discentes.

3.1 Pêndulo magnético com LEDs

Este experimento foi pensado para despertar nos alunos uma mistura de familiaridade e novidade. Eles podem saber como a maior parte daquilo funciona, mas não tudo nem como funciona.

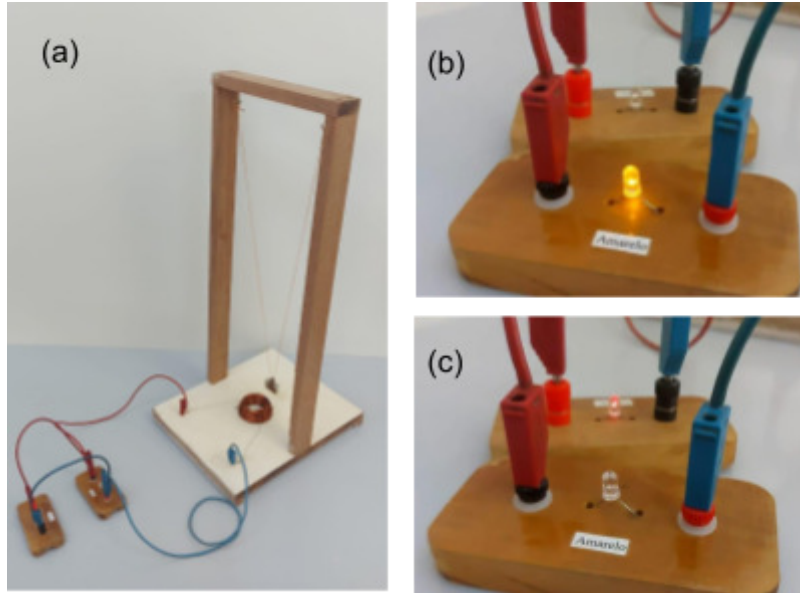
O aparato é simples: um pêndulo com uma arruela metálica presa à corda e nela está fixado um ímã de neodímio ímã como peso e uma bobina, conectada a sua base, associada a LEDs. Ajustando-se o sistema, o ímã, quando em repouso, está a uma posição bem próxima do centro da bobina de forma que, quando em movimento, possa oscilar livremente sem impactos acidentais com a estrutura.

Quando colocado em movimento, o ímã, ao se aproximar da bobina, provoca uma variação do fluxo do campo magnético no interior da bobina. Pela Lei de Faraday-Lenz, à medida que o ímã se aproxima da bobina, devido ao seu movimento, ocorre um aumento do fluxo magnético, crescendo mais e mais, isso induz uma corrente elétrica que, por si só, gerará um campo magnético induzido de forma a se opor ao campo magnético gerado pela aproximação do ímã. Pela geração da corrente elétrica induzida, os LEDs piscam e, enquanto o ímã estiver se movimentando a uma certa velocidade, os LEDs continuam a piscar cada vez que o ímã passa pela bobina.

Este experimento foi feito, como dito anteriormente, com o intuito de ser familiar e novo ao mesmo tempo. Um aluno que não estudou Eletromagnetismo, ao se deparar com o aparato, percebe que ele *provavelmente* sabe o que vai acontecer, pois aquilo em sua frente é um pêndulo, mas qual a função da bobina e das lâmpadas? É aí que estimulamos a curiosidade, a atenção e o estímulo dele, como mostrado na Figura 4 (b) e (c). E — quando o fator *visual* é acionado pelos LEDs piscando — o aluno é totalmente do docente, um ser cheio

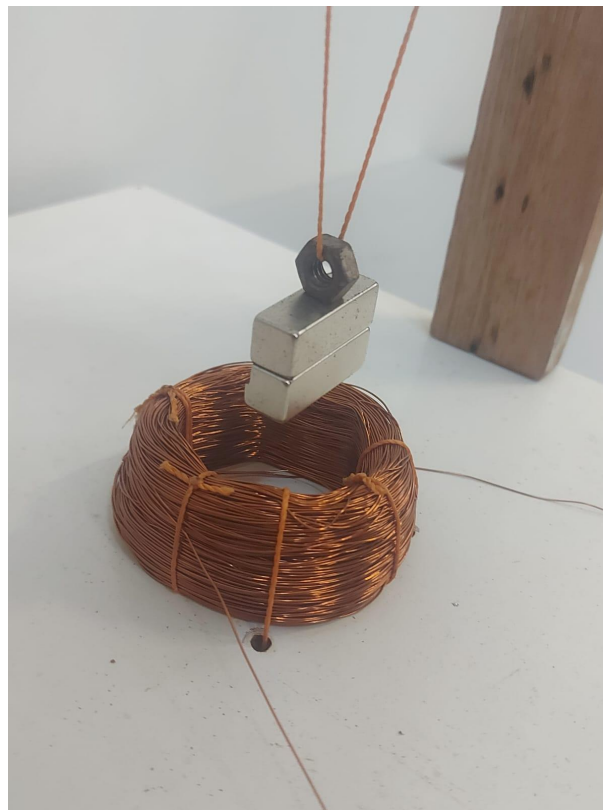
de energia querendo saber o porquê das lâmpadas piscarem sem haver qualquer coisa conectada a uma tomada ou pilha.

Figura 4 — Aparato do pêndulo com LEDs e imagens dos LEDs piscando.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 — Ímãs sobre a bobina do experimento 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O LED amarelo acende com a aproximação do pêndulo (devido à produção de uma corrente em um sentido) e, com o afastamento do pêndulo, o LED vermelho acende (por causa da produção de uma corrente no sentido contrário à anterior). Os LEDs são conectados à bobina com suas polarizações em oposição.

3.2 Pêndulo magnético com placas metálicas para frenagem

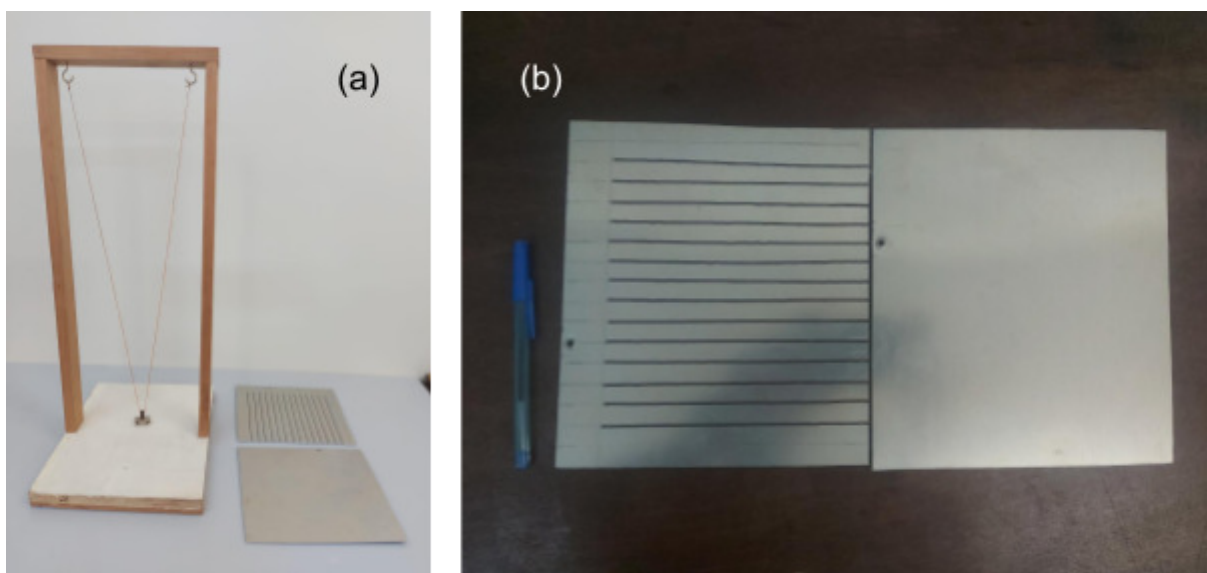
Este experimento funciona de forma semelhante ao anterior, outra demonstração da Lei de Faraday, porém não tão visualmente atrativa, mas igualmente capaz de gerar bons questionamentos. Temos um pêndulo, um ímã de neodímio como peso e duas placas metálicas de alumínio, uma inteira e uma serrada, Figura 5.

Antes de tudo fazemos uma demonstração de que o pêndulo funciona de forma normal quando o soltamos sem nenhuma das duas placas em sua base.

Então, colocamos a placa inteira na base do pêndulo, erguemos o peso e o soltamos. Notamos que o pêndulo sofre freios a cada momento em que passa próximo da placa metálica e, em poucas voltas, ele fica tão lento pela frenagem que logo para. Em seguida, colocamos a placa metálica serrada e repetimos o processo. Observamos que o pêndulo sofre, sim, uma resistência quando passa próximo da placa, contudo a situação é mais fraca do que acontece com a placa inteira, leva-se um tempo maior e um número maior de voltas do peso para que ele pare e fique estático. Para o aluno, o fenômeno é intrigante, pois é sabido que o alumínio não apresenta propriedades magnéticas, não sendo atraído ou repelido por um ímã.

O que ocorre é: quando o ímã passa pelas placas, a variação do fluxo magnético induz uma corrente elétrica na superfície das placas e essa corrente induz um campo magnético que vai contra o campo do ímã, causando uma resistência em seu percurso e, ao longo de suas voltas, sua frenagem até que, enfim, ocasiona sua parada. Por que com a placa serrada, o processo é mais fraco e demorado? O motivo se deve, justamente, pelo formato da placa. Ela por não ter sua superfície completamente uniforme e “preenchida” produz uma corrente elétrica menos intensa, menos livre e, conseqüentemente, um campo magnético induzido mais fraco, precisando de mais tempo até que o ímã fique inerte.

Figura 6 — Aparato do pêndulo com as placas metálicas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Aparato de Oersted

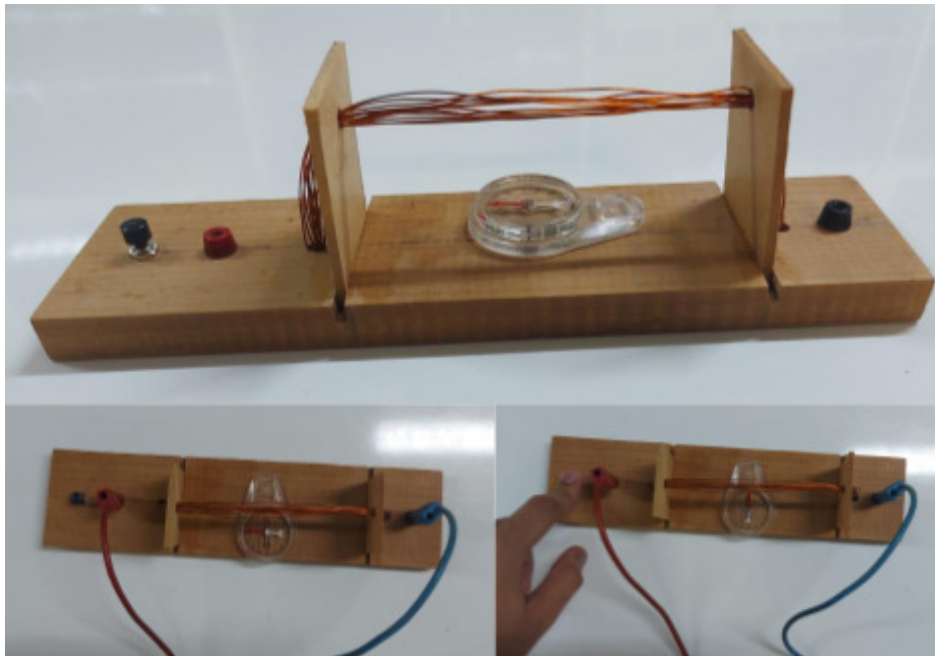
Neste experimento, mostramos que uma corrente elétrica gera um campo magnético. O campo magnético produzido por fios pode alterar uma bússola, uma demonstração simples do campo magnético — muito citada em exemplos na aula de introdução da relação da eletricidade e do magnetismo —, porém eficaz para ilustrar a existência do campo magnético, justamente como Oersted descobriu a relação eletromagnética em 1819.

A bússola, devido ao campo magnético da terra, é sempre atraída para o norte geográfico do planeta — que é o sul magnético —, e seus ponteiros estão alinhados com os pólos magnéticos da Terra. Para a comprovação de um campo magnético produzido por uma corrente elétrica, fizemos o aparato de Oersted, um instrumento de simples conceito e montagem. Trata-se de uma base de madeira, na qual estão fixados dois suportes de madeira com um furo em cada um, transpassados por fio de cobre esmaltado e, embaixo dos fios, em repouso, na base de madeira, é colocada a bússola, conforme mostra a Figura 7. Quando conectamos os terminais a uma fonte de força eletromotriz, observamos a ação do campo magnético produzido diretamente no movimento do ponteiro da bússola, que muda devido à

influência do campo magnético do aparato como está apresentado na Figura 8. Quando invertemos os terminais, mudamos, também, a orientação do ponteiro por causa da nova configuração da corrente elétrica, seu sentido obedece à regra da mão direita.

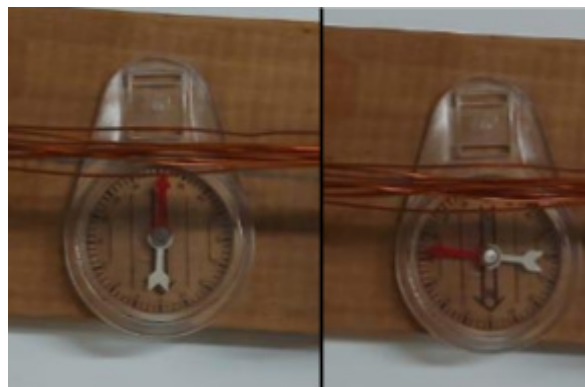
Este é um experimento de fácil visualização e compreensão do fenômeno eletromagnético. O campo magnético gerado por uma corrente elétrica impõe sua influência no ponteiro da bússola, comprovando a existência do campo mesmo que, embora ele não seja visível a olho nu, seus efeitos podem ser facilmente percebidos pelos estudantes, fazendo com que eles aprendam, didaticamente, os conceitos físicos objetivados pelo assunto e pelo professor acerca do conteúdo.

Figura 7 — Aparato de Oersted.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 — Mudança nos ponteiros do aparato de Oersted.



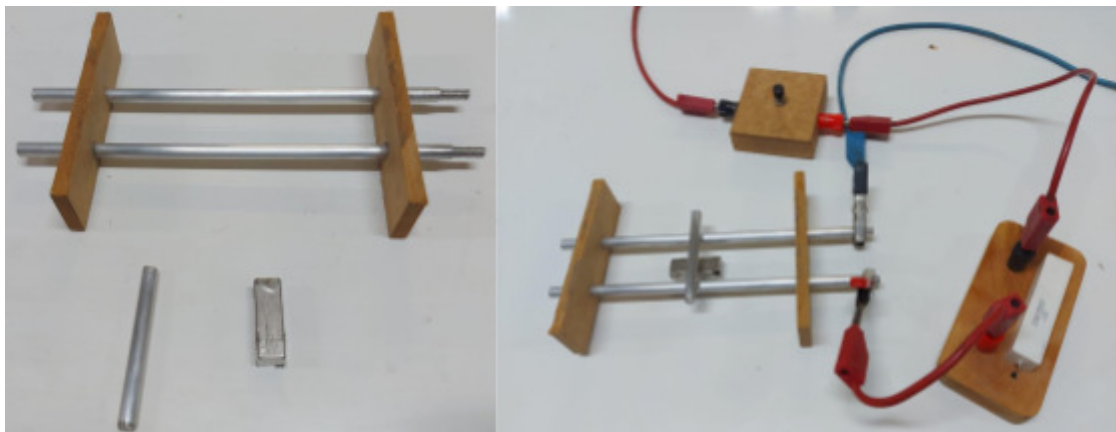
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Força magnética sobre um fio conduzindo corrente

Neste experimento temos um exemplo da ação da força magnética. Dois suportes de madeira unem duas hastes metálicas numa forma de trilho, Figura 9. Colocamos um ímã de neodímio no meio do trilho e uma pequena vareta metálica posta sobre o trilho, de forma que ela também fique acima do ímã. Depois, conectamos o aparato a uma fonte de tensão, a um resistor e a uma chave. Quando acionamos a chave, uma corrente elétrica se estabelece pelo sistema, ou seja, essa corrente passa pela primeira das hastes, depois, pela vareta que está conectando o trilho e, enfim, pela outra haste. Com isso, temos a situação de um condutor conduzindo uma corrente elétrica sob a ação de um campo magnético provocando uma força magnética. O campo magnético do ímã interage com a corrente elétrica passando pela vareta metálica que sofre uma força magnética. Por ela não ser fixa, é empurrada pela força magnética, movimentando-se sobre os trilhos. Dependendo da orientação do campo magnético do ímã (norte para cima ou sul para cima) e do sentido da corrente elétrica na vareta, o movimento dela será para um lado ou para o outro, seguindo a regra da mão direita.

Este experimento é importante para mostrar a ação de forças a distância, algo que não é comum no cotidiano dos educandos. Uma coisa é, na aula, eles saberem que há uma força magnética que interage entre objetos, outra é eles *observarem* que, de fato, há uma força magnética que age, sem a necessidade de contato físico, apenas com a interação dos dois campos magnéticos. O processo de visualização ajuda na assimilação do conceito que, antes, era totalmente abstrato e, depois, torna-se algo mais perceptível.

Figura 9 — Aparato da força magnética.



Fonte: Elaborado pelo autor.

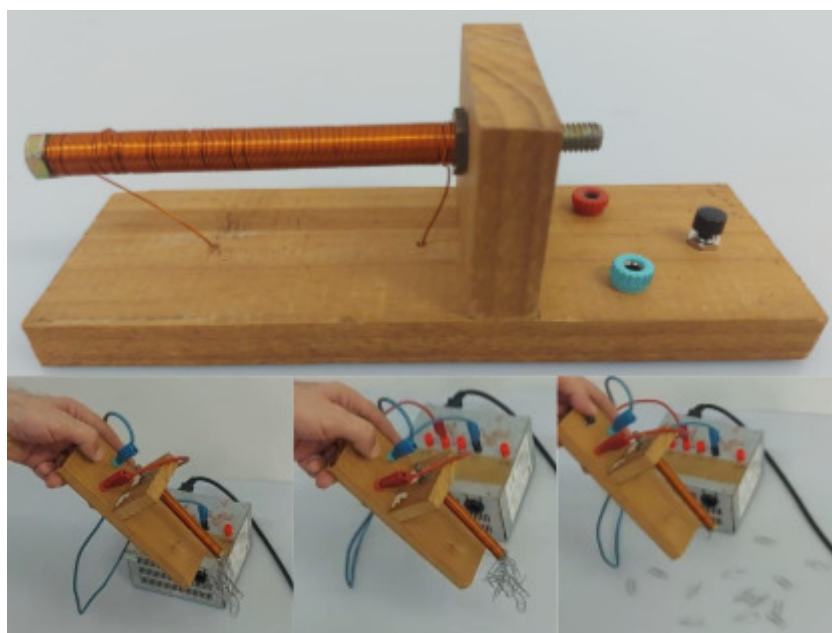
3.5 Eletroímã

Neste experimento, fizemos outro exemplo de campo magnético gerado por uma corrente elétrica, um eletroímã de baixo custo. Contudo, o foco é ensinar sobre o que são eletroímãs, esses dispositivos modernos que utilizam da corrente elétrica para gerar um campo magnético, de maneira bem simples e objetiva.

O aparato é formado por uma base de madeira com uma haste metálica de material ferromagnético preso em um suporte. Na haste, há uma bobina de 435 voltas (3 camadas de 145 voltas) ligada a dois terminais. O eletroímã funciona quando o conectamos a uma fonte de força eletromotriz, em corrente contínua, que gera um campo magnético concentrado no interior da haste metálica, devido ao enrolamento do fio, e é capaz de atrair objetos metálicos, como clipes de papel na Figura 10. As linhas de força do eletroímã funcionam como as de um solenóide, Figura 11.

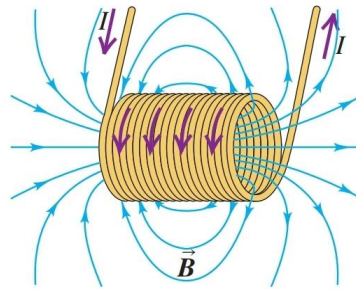
Com o objetivo de mostrar aos educandos uma forma comum de utilização do campo magnético por meio de bobinas, o eletroímã é um experimento bastante funcional para atingir esse intuito, uma vez que, quando dispostos de outros materiais metálicos, os discentes podem usar o eletroímã de forma empírica, aprendendo também, por exemplo, sobre os materiais com e sem propriedades magnéticas, testando e comprovando que aquilo que eles estudam em sala de aula funciona e é *real*. A critério do professor, pode-se fazer, também, uma multidisciplinaridade com um conteúdo de eletrônica.

Figura 10 — Aparato do eletroímã.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 — Ilustração do fluxo magnético em um solenóide.



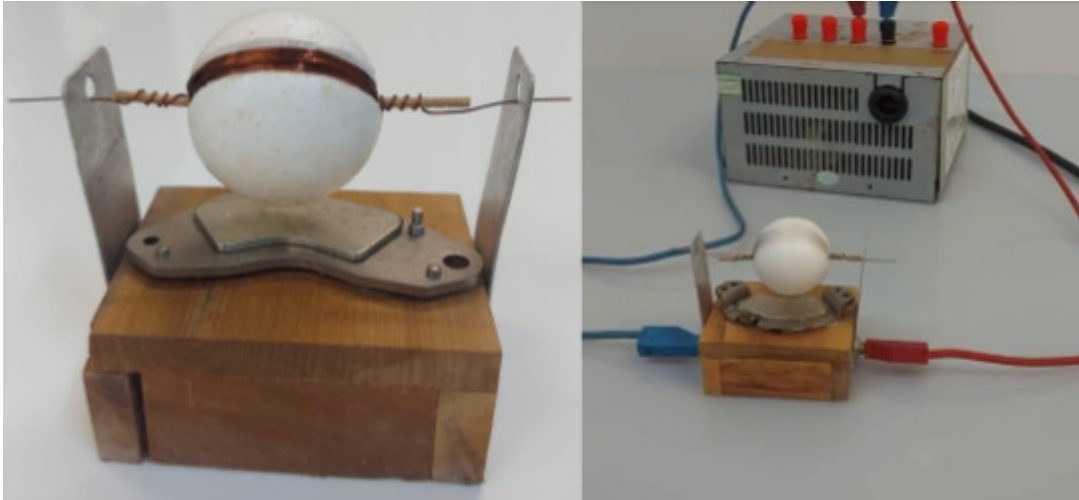
Fonte: Sears e Zemansky (2015).

3.6 Motor elétrico simples

Neste experimento, fizemos um motor elétrico simples. Ligamos o aparelho a uma fonte de tensão e pedimos para um dos alunos aplicar uma pequena força na bolinha de isopor, o bastante para que ela inicie seu movimento. Feito isso a bolinha começa a girar e não para. A pergunta que pode surgir é: “Como isso acontece?”.

No aparelho temos quatro componentes principais: a fonte de tensão, os suportes metálicos ligados à base de madeira, a bobina enrolada na bolinha de isopor e o ímã de neodímio na base da madeira. Na bobina, as duas extremidades do fio de cobre - em que uma teve o esmalte retirado completamente e a outra, apenas parcialmente -, tocam o suporte metálico. Quando ligamos a fonte ao sistema, a corrente passa pela bobina e ela se torna um eletroímã. O eletroímã é atraído pelo ímã na base de madeira. Quando o aluno aplica a força para a bolinha girar, ele estará ajudando na força de atração. Contudo, ao girar a parte esmaltada da extremidade do fio de cobre em que o esmalte está parcialmente retirado, a parte esmaltada toca o suporte metálico e desliga o sistema, o eletroímã é desligado e a atração deixa de existir. O giro continua, porém, por causa da inércia do movimento de rotação, a parte não esmaltada da extremidade do fio de cobre com o esmalte parcialmente retirado toca o suporte metálico outra vez, reiniciando o eletroímã junto da atração para com o ímã na base de madeira e, assim, continuando o movimento de giro. Caso tudo tenha sido confeccionado corretamente, o processo de desligamento do eletroímã é repetido e a bolinha de isopor continuará girando enquanto houver fornecimento de corrente elétrica.

Figura 12 — Aparato do motor elétrico simples.



Fonte: Elaborado pelo autor.

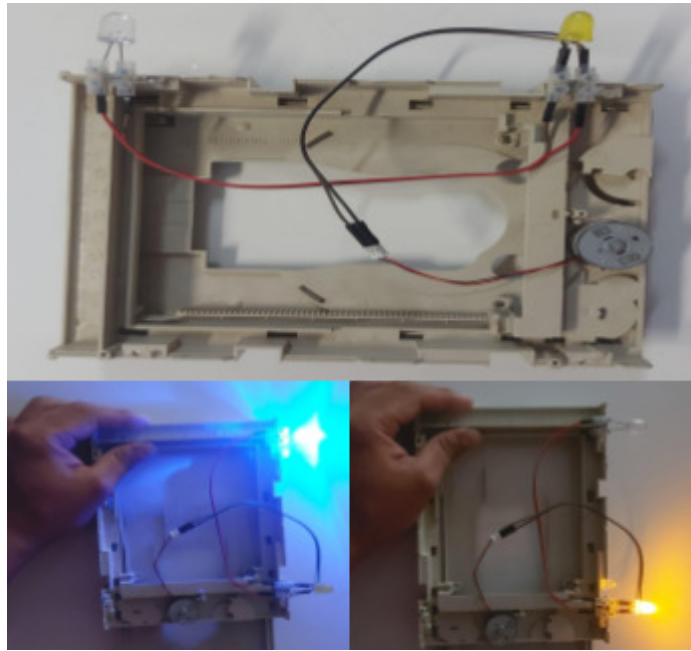
3.7 Gerador de energia elétrica

Este é um experimento simples, chamativo e outra demonstração da Lei de Faraday, Figuras 13 e 14. Temos aqui um aparato explícito: um driver de CD para computadores e duas LEDs anexadas. Um discente curioso pega o objeto em suas mãos e o analisa, gira a gaveta, observa os fios, o motor de CD Rom (também conhecido popularmente como motor de passo para CD/DVD), as lâmpadas e, então, por curiosidade, ele abre a gaveta e uma das lâmpadas acende. Ao fechar a gaveta, a outra lâmpada acende. Ele repete o processo várias vezes e vê que segue um padrão: ao puxar a gaveta, uma lâmpada pisca e, ao fechá-la, a outra pisca. Por quê?

Ao abrir a gaveta, as engrenagens do mecanismo giram e fazem com que o enrolamento em sua composição também gire em um sentido A (sentido da abertura da gaveta), induzindo uma corrente elétrica. Em uma análise mais técnica, no interior do motor presente, há várias bobinas de eletroímãs, o “enrolamento”, e, ao girá-las, variando o fluxo magnético, ocorre a indução de uma corrente elétrica no sentido A que acende uma dos LEDs, que está polarizado para o mesmo sentido da corrente induzida ao abrir a gaveta. Com o fim da abertura da gaveta, o giro do enrolamento é parado e, conseqüentemente, a corrente induzida. Ao fechar a gaveta, ocorre o mesmo fenômeno, porém a corrente elétrica induzida terá sentido B (sentido do girar das bobinas ao fechar a gaveta), sentido contrário ao A, e, então, a outra lâmpada acende, tendo a polarização configurada para produzir luz conforme esse sentido específico da corrente elétrica induzida.

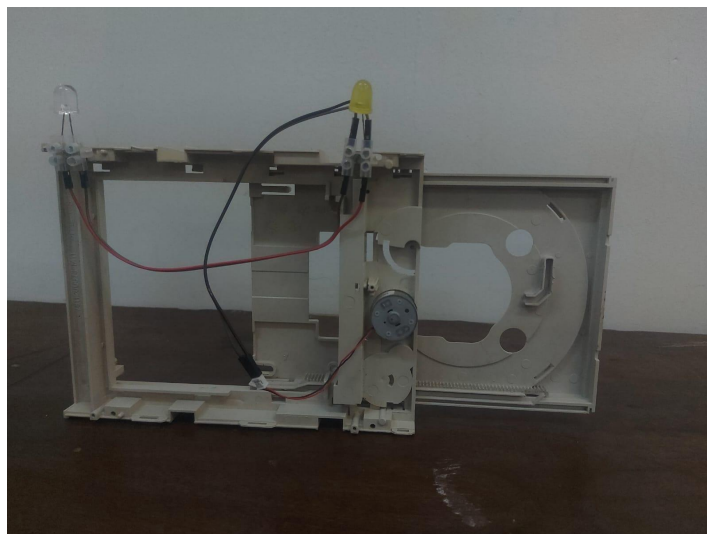
Sendo assim, fizemos uma maneira exibicionista e intuitiva do fenômeno da Lei de Faraday, reforçando o conceito de campo, fluxo magnético e sua variação, sendo capaz de produzir uma força eletromotriz efetiva (de até 3,4 V dependendo das lâmpadas usadas) para acender as LEDs e, além disso, mostrando a polarização da corrente elétrica, nos sentidos A e B.

Figura 13 — Aparato do gerador de energia elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 — Aparato do gerador de energia elétrica (com gaveta aberta, vista frontal).



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CONFECCÃO DOS EXPERIMENTOS: MATERIAIS E MONTAGEM

Os experimentos foram feitos usando materiais disponíveis no Laboratório de Instrumentação do Departamento de Física da UFC e foram montados usando as ferramentas existentes no Laboratório de Instrumentação e na Oficina Mecânica do Dep. de Física da UFC. Conteí com a instrução e auxílio do meu orientador Dr. Nildo Loiola Dias, do professor Dr. José Marcos Sasaki, e do mestrando Márcio Freitas nas parte de marcenaria e soldagem.

Para alimentar os aparelhos com altas correntes, utilizamos a fonte da Figura 15, ela é uma fonte de computador ATX adaptada para fornecer tensões contínuas com diversos valores resultantes das combinações possíveis de seus terminais. A fonte de tensão adaptada apresenta saídas de tensão de -12 V, 3,3 V, 5,0 V, +12 V e uma saída comum. Permite obter tensões de: 1,7 V ($5\text{ V} - 3,3\text{ V}$), 3,3 V, 5 V, 7 ($12\text{ V} - 5\text{ V}$), 8,7 V ($12\text{ V} - 3,3\text{ V}$), 12 V, 15,3 V ($3,3 - (-12\text{ V})$), 17 V ($5\text{ V} - (-12)$) e 24 V ($12\text{ V} - (-12)$). Pode fornecer correntes de até 5 A (saída de -12 V e 12 V) e correntes de até 30 A (saídas de 3,3 V e de 5 V). Sugerimos não usar as correntes no limite. Pode ser utilizada para substituir pilhas, conjunto de pilhas, baterias etc.

Figura 15 — Fonte ATX usada nos experimentos e suas especificações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Montagem do Pêndulo magnético com LEDs

Este experimento é composto fundamentalmente pelo pêndulo, pela bobina, pelo ímã e pelos LEDs já estavam disponíveis no Laboratório de Instrumentação e foram utilizados no experimento.

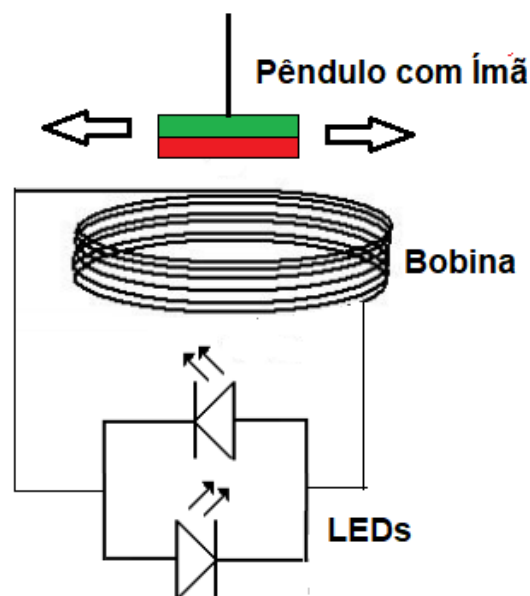
Na confecção do pêndulo, utilizamos 61 centímetros de altura para as hastes de suporte (tanto neste experimento quanto no seguinte). Para a base, pegamos uma placa de madeira que estava disponível no laboratório, serrando-a ao meio (a outra metade da placa foi

usada como base para o experimento seguinte), com dimensões de 32 cm de comprimento e 26,5 de largura. E, para conectar tudo, usamos cola e colocamos cavilhas. Para segurar a corda do pêndulo, foram feitos pequenos furos e colocados ganchos onde a corda que segura a porca (o peso do pêndulo) foi amarrada.

As extremidades do fio da bobina estão conectadas a bornes fêmeas para pinos tipo banana de 4 mm. Esses bornes permitem a conexão com circuitos externos. No nosso caso, utilizamos dois LEDs ligados em paralelo com polaridades opostas.

Para a montagem da bobina utilizamos fio esmaltado AWG 23. Construímos uma bobina com 700 voltas de diâmetro interno de 5cm. O esquema do experimento pode ser visto na figura 16.

Figura 16 — Esquema do pêndulo magnético com LEDs.



Fonte: Elaborado pelo autor.

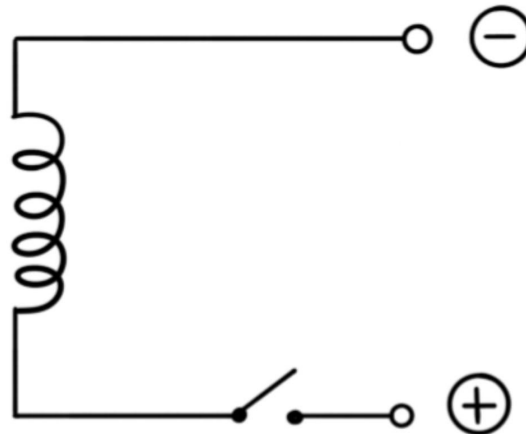
4.2 Montagem do Pêndulo magnético com placas metálicas de frenagem

A criação deste experimento é similar à do experimento anterior. Para a montagem da estrutura do pêndulo, aproveitamos a outra placa de madeira que havia sido cortada e as medidas da estrutura foram as mesmas do pêndulo com a bobina. A confecção de toda a estrutura também foi idêntica ao procedimento descrito no item anterior.

Para a criação das placas metálicas de alumínio, pegamos uma placa grande disponível no Lab. de Instrumentação de Física e a levamos para a Oficina Mecânica do Dep. de Física

da UFC. Lá, a placa foi cortada, dividida em duas placas menores, de dimensões de 19,5 cm por 22,5 cm. Uma ficou inteira e a outra foi serrada, de forma que criasse os “dentes” da placa, necessários para realizar a demonstração do experimento. O esquema do experimento pode ser visto na figura 17.

Figura 17 — Esquema do pêndulo magnético com placas metálicas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Montagem do Aparato de Oersted

Para confecção deste experimento, utilizamos uma base de madeira, com 24,5 cm de comprimento, 6 cm de largura e 1,5 cm de espessura. Usamos a fonte para 3,3 V, alternativamente a uma bateria de 9 V, devido à resistência do aparato ser de 0,3 Ω , a corrente produzida era de até 11 A.

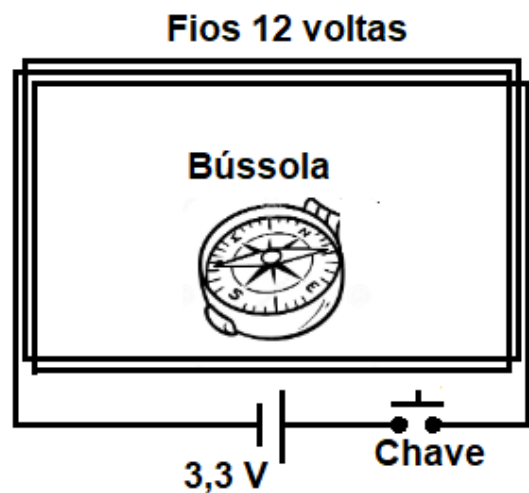
Uma plaquinha de madeira que estava solta pela oficina foi dividida ao meio para servir de suporte para as voltas do fio de cobre esmaltado. As dimensões dessa última placa variam com o quão alto é o intuito de se colocar as voltas do fio esmaltado e o quão espesso deseja-se que elas sejam, no caso deste experimento, a espessura era de 1 mm.

Os suportes foram furados com a broca em um espaço suficiente para passarmos o fio de cobre esmaltado no total de 12 voltas.

Na base, fizemos duas linhas com a serra, onde foram colados os suportes. Na parte inferior da base, foi onde mais trabalhamos. Um corte retilíneo foi feito de uma extremidade a outra da base, percorrendo todo seu comprimento, onde seria montado o fio de cobre e a conexão com as bornes fêmeas (mesmas do experimento 1). Com a broca, fizemos cinco furos: dois para passarmos o fio de cobre pelas partes superior e inferior da base de madeira,

dois para os terminais de conexão com uma fonte e um para colocarmos a chave. Seguindo o processo dos experimentos anteriores, usamos uma broca circular para facilitar a fixação da chave e dos terminais. Após isso, enrolamos o fio de cobre com 12 voltas e fizemos as conexões, soldando as partes que se juntam aos terminais. O esquema do experimento pode ser visto na figura 18.

Figura 18 — Esquema do aparato de Oersted.

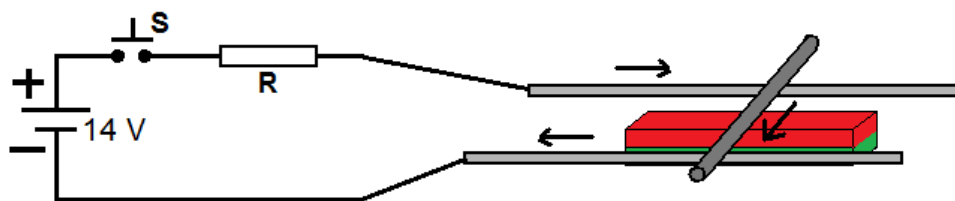


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Montagem Força magnética com um aparato

Para este experimento, cortamos madeira para formar duas plaquinhas de tamanhos iguais a 5,5 cm por 3,5 cm e, depois, furamos essas plaquinhas. Os furos ficaram com uma distância entre si de poucos milímetros. Nos furos, conectamos dois cilindros metálicos de alumínio (esses foram pedaços de hastes disponíveis na oficina e que foram cortadas para ficar com um tamanho menor do que o original), de forma familiar a um trilho. Foi cortado outro pedaço da haste para fazer a parte metálica responsável por demonstrar a ação da força magnética, fazendo com que esse pedaço de haste virasse uma vareta. Neste experimento, foi necessário o uso de um resistor para limitar a ação da corrente elétrica e não prejudicar a fonte de tensão, para isso usamos a fonte em 3,3 V e funcionou como esperado. O esquema do experimento pode ser visto na figura 19.

Figura 19 — Esquema do aparato da força magnética.



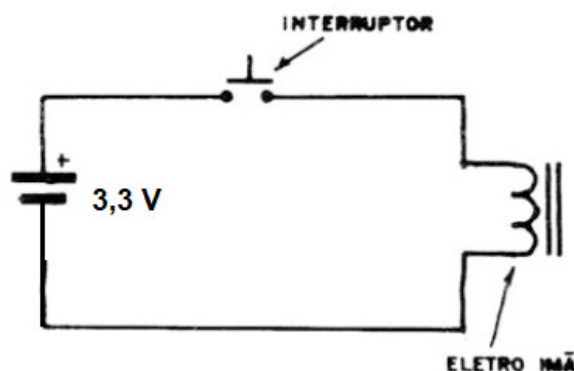
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 Montagem do Eletroímã

Foram usados dois pedaços de madeira para a confecção, um é a base do experimento com 18,5 cm de comprimento por 6,5 cm de largura por 1,5 cm de espessura e, a outra, é o suporte no qual foi colocado a haste ferromagnética. O suporte foi furado com uma broca em um diâmetro suficiente para pôr a haste metálica e, também, foram feitos dois furos na parte onde seria conectado com a base. Esses furos foram feitos para a conexão das duas madeiras com cavilhas e cola. Na haste ferromagnética, usamos o fio de cobre esmaltado AWG 23 em toda a extensão determinada com o total de três camadas de fio. A resistência do aparato era de $10,4 \Omega$, usamos a fonte em 5 V e foi produzida uma corrente de 0,48 V. Podendo também ser usada, alternativamente, uma bateria de 9 V.

Na base de madeira, foram feitos cinco furos com broca: um para a chave, dois para os terminais e os dois últimos, bem menores, para que o fio de cobre da haste metálica passasse para a parte debaixo do aparato. Na parte debaixo da base, fizemos uma linha com a serra de uma extremidade a outra da madeira de modo que criasse espaço para as conexões elétricas com o fio de cobre, e, para criar espaço suficiente para os terminais e para a chave, usamos uma broca circular, tirando apenas o suficiente de madeira para que a instalação fosse feita sem danificar a parte superior. As conexões com os fios e as chaves foram soldadas onde necessário. O esquema do experimento pode ser visto na figura 20.

Figura 20 — Esquema do eletroímã.



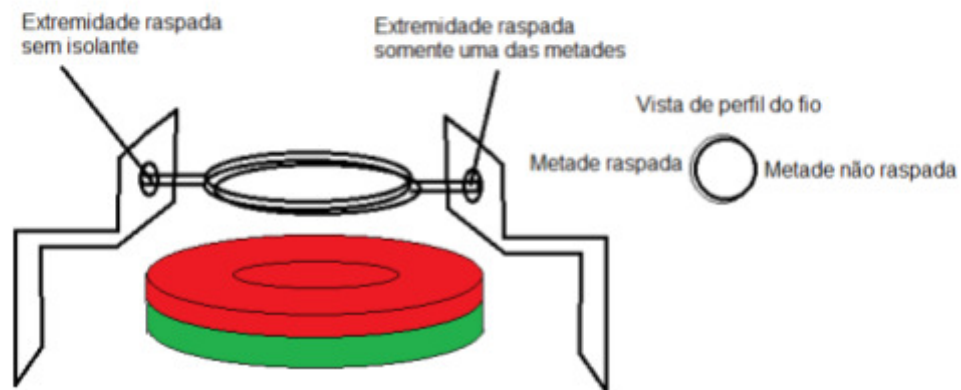
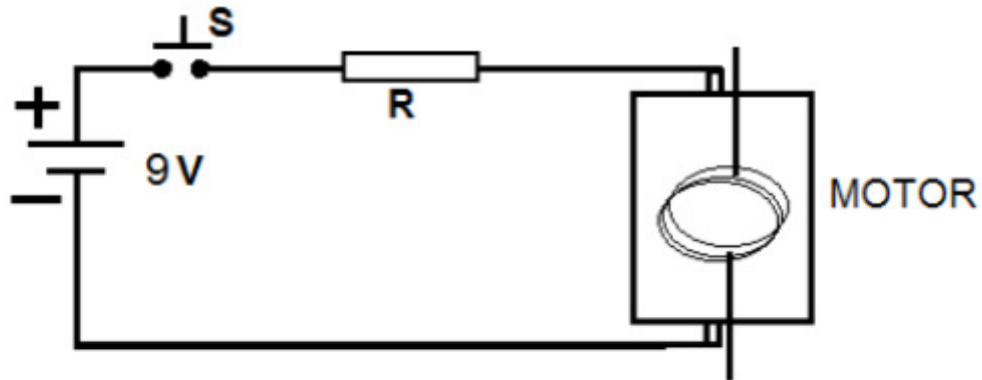
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Montagem do Motor elétrico simples

A confecção desse experimento consiste em: uma esfera de isopor, um fio de cobre esmaltado, alguns suportes e um ímã. Primeiramente, atravessamos a esfera de isopor com um palito bem fino de PVC e fizemos a bobina que contorna a esfera. Segundo, em cada extremidade do palito de PVC, enrolamos o fio de cobre e deixamos alongamentos do fio em cada lado, esses alongamentos tocarão os suportes metálicos responsáveis pela condução da corrente elétrica na bobina. Depois, raspamos totalmente o esmalte de um dos alongamentos, e o outro foi raspado apenas parcialmente.

O suporte de madeira foi montado com algumas plaquinhas de madeira sobressalentes. Esse suporte foi feito um pouco maior do que o tamanho da esfera de isopor, de modo que também ficasse esteticamente bonito, em um formato de paralelepípedo e o interior oco para os terminais. Colocamos na base de madeira, um ímã retirado de um HD de computador. Os suportes metálicos, disponíveis no Laboratório de Instrumentação, foram colocados no lado exterior da base de madeira, fazendo um furo tanto na parte metálica quanto na madeira. Assim colocamos os terminais em ambos os lados para a conexão com a fonte. A fonte podia ser usada tanto em 5 V como em 3,3 V, ambas as tensões foram igualmente satisfatórias para a realização do experimento. O esquema do experimento pode ser visto na figura 21.

Figura 21 — Esquema do motor elétrico simples.

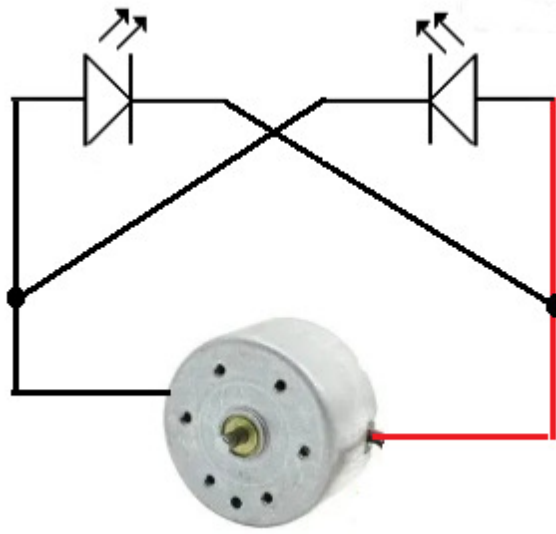


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7 Montagem do gerador de energia elétrica

A confecção da gaveta foi, de certa forma, a mais fácil de todas as montagens. Pegamos a carcaça de uma CPU abandonada e retiramos o leitor de CD/DVD. Ele já veio com tudo, fora os LEDs. O soquete, as engrenagens, o motor com ímã embutido, tudo veio com a peça que foi retirada. Contudo, o motor veio conectado a uma placa de circuito que tivemos que retirar a partir de uma dessoldagem e, desse modo, os terminais ficaram livres. Depois que o soquete estava retirado e sem a placa de circuito, fizemos um circuito em série de corrente contínua que ligava os dois LEDs, conectando os terminais do motor com os terminais dos LEDs. O esquema do experimento pode ser visto na figura 22.

Figura 22 — Esquema do gerador de energia elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram desenvolvidos 7 experimentos para auxiliar no ensino de Eletromagnetismo no Ensino Fundamental e Ensino Médio, bem como no ensino universitário. O material utilizado para confeccioná-los é de baixo custo e de fácil aquisição. A montagem não requer nenhum equipamento que fuja dos encontrados no cotidiano. Destaca-se que os experimentos foram feitos no Laboratório de Instrumentação do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC), com ferramentas mais profissionais disponíveis no laboratório, mas podem ser feitos com equipamentos que temos em casa.

Os experimentos não foram utilizados em uma sala de aula, mas foram testados e todos estão funcionando adequadamente. Todavia, os experimentos ficarão guardados nos laboratórios de Ensino de Física do Departamento de Física da UFC para futuras aplicações em turmas que tenham aulas práticas de laboratório.

O intuito deste trabalho foi tratar de uma temática significativa para o ensino de Física no Ensino Fundamental e Ensino Médio, a aplicação desses experimentos de baixo custo tem por objetivo facilitar o ensino de uma disciplina que, para os estudantes, carrega um estigma de ser complicada. Infelizmente, muitas escolas ainda sofrem com a falta de infraestrutura e recursos que possibilitem a construção e a manutenção de um laboratório. A partir dessa problemática, surge o motivo deste estudo, ajudar professores - que buscam didatizar suas aulas - e alunos que possuem dificuldades de aprendizagem e que necessitam de um ensinamento voltado para a prática. Esses experimentos de baixo custo são, de certa forma, uma possibilidade de inclusão, de facilitar o ensinamento de discentes que precisam de uma explicação prática de como funciona um determinado conceito ou conteúdo. Pensando em um estudante ativo, a partir de uma metodologia ativa, o professor pode focar, junto com seus alunos, no processo da montagem a partir das instruções desta pesquisa para que, juntos - professor de Física e aluno -, possam chegar ao resultado esperado.

A didatização de ciências que são estigmatizadas como “difíceis” ou “impossíveis” de aprender abre espaço para uma aprendizagem mais ativa e de fácil compreensão, dando oportunidade à curiosidade e ao impulso para a elaboração de pesquisas no campo da Física, incentivando, assim, a chegada de novos pesquisadores que possam contribuir para futuros estudos no ramo dessa ciência.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, H. L.; MONTEIRO JÚNIOR, F. N.; SANTOS, T. P.; CARLOS, J. G.; TANCREDO, B. N. O uso do experimento no ensino da Física: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...**[...]. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.
- BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: ciência da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- CARVALHO, B. S.; SANTANA, L. G. H.; ZANONI, R. D.; CRUZ, F. M. P. da; CARVALHO, D. P. P. de; MACHADO, R. da S.; BERTONI, J. T.; SARAH, T. L.; SOUSA, A. M. de; AGUIAR, C. S. de. Formação acadêmica durante a pandemia de COVID-19: análise e impacto na saúde mental dos alunos. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.] , v. 11, n. 10, p. e586111033360, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.33360. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33360>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- CRUZ, Matheus Pereira Simões et al. Física na Prática: experimentos de eletromagnetismo com materiais de baixo custo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA*, 1., 2020, Diamantina(MG). Anais [...] Diamantina (MG), 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/icobicet2020/269068-FISICA-NA-PRATICA--EXPERIMENTOS-DE-ELETROMAGNETISMO-COM-MATERIAIS-DE-BAIXO-CUSTO-I>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- CURVINA, B. B. **Construção de kit didático de experimentos fáceis e de baixo custo em eletromagnetismo para Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto Federal do Maranhão, São Luís, 2019.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GUIMARÃES, C.C. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 198-202, ago. 2009.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Fundamentos de Física: eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 3.
- NICOLI JUNIOR, Roberto Bovo; MATTOS, Cristiano. **História e memória do ensino de física no Brasil: a faculdade de medicina de São Paulo**. 2007. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/pJ4MM7H9K6YNmNj8wkccPLC/?lang=pt> . Acesso em: 15 nov. 2022.

KOHORI, Rodolfo Kasuyoshi. **Estratégias experimentais de ensino visando contribuir com o ensino de Física de modo significativo**: atividades de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/135949>. Acesso em: 15 nov. 2022.

MELO, Marcos Gervânio de Azevedo; CAMPOS, Joaquina Silva; ALMEIDA, Wanderlan dos Santos. Dificuldades enfrentadas por Professores de Ciências para ensinar Física no Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 241-251, 29 dez. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v8n4.2780>. Acesso em: 29 nov. 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013. v. 3.

PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI**: a formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ROCHA, Carlos Henrique da Silva. **A melhoria do processo de aprendizagem do eletromagnetismo com a utilização de experimentos de baixo custo**. 2016. 179 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências na Educação Básica) - Universidade do Grande Rio "Prof. José de Souza Herdy", Duque de Caxias, 2016.

SCHROEDER, C. **Um currículo de física para as primeiras séries do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2004.

SEARS, F.; YOUNG, H. D.; ZEMANSKY, M.W. **Física III**: eletromagnetismo. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2015.

VALADARES, E. C. Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. **Química Nova na Escola**, n. 13, 2001.

VYGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.