

Desenvolvimento e construção de experimentos didáticos de eletromagnetismo

Development and construction of electromagnetism experiments

RESUMO

Núiquer Silva Resende de Oliveira
nuiquer@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Elizandra Sehn
elizandra@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz
gustavov@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

O desempenho dos estudantes brasileiros de ensino médio em Ciências é inferior à média mundial. É evidente que a busca por novas metodologias não tradicionais de ensino e aprendizagem tornam-se cada vez mais necessárias no ensino de Física. O objetivo geral deste trabalho consiste no desenvolvimento de experimentos voltado ao estudo do conteúdo de Eletromagnetismo. Os experimentos foram desenvolvidos com auxílio de uma máquina de gravação e corte a laser. Para a construção dos experimentos foi utilizado chapas de MDF, acrílico, fios condutores e componentes eletrônicos de baixo custo. Ao todo cinco experimentos foram elaborados. Um experimento para abordar o conceito de condutividade elétrica em diferentes materiais. Um protótipo para estudo das curvas características de corrente elétrica em função da diferença de potencial para vários componentes eletrônicos. Dois experimentos demonstrativos para visualização das linhas de campo magnético em um solenoide e em uma bobina. Por fim, um protótipo para observar o efeito de indução magnética.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Médio. Protótipo. Campo Magnético.

ABSTRACT

The performance of Brazilian high school students in science is below the world average. It is evident that the search for new non-traditional teaching and learning methodologies is increasingly required in the teaching of Physics. The general objective of this work is the development of experiments aimed at studying the content of Electromagnetism. The experiments were developed with the aid of a laser cutting and engraving machine. For the construction of the experiments, it was necessary to use MDF, acrylic sheets, conducting wires and electronic components. In all, five experiments were developed. An experiment to address the concept of electrical conductivity in different materials. A prototype for studying the characteristic curves of electric current as a function of the potential difference for different electronic components. Two demonstration experiments for visualizing the magnetic field lines on a solenoid and on a coil. Finally, a prototype to observe the effect of magnetic induction.

KEYWORDS: High School. Prototype. Magnetic Field.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O desempenho dos estudantes brasileiros de ensino médio em Ciências é inferior à média mundial, segundo o Relatório Brasil no PISA 2018-2 (*Programme for International Student Assessment*) (BRASIL, 2019). Dentro os seis níveis de proficiência em Ciências, no qual o nível 6 é o maior, o Brasil apresentou no PISA 2018, 45% de estudantes no Nível 2 ou acima, e 55% abaixo do Nível 2, o que evidencia o declínio do interesse dos jovens pela educação científica e tecnológica, especialmente na área da Física.

É evidente que a busca por novas metodologias não tradicionais de ensino e aprendizagem, aliados com atividades experimentais investigativas, tornam-se cada vez mais necessárias no ensino de Física. Apesar de ser uma ferramenta pouco utilizada, a aplicação de experimentos em sala de aula é indicada por alunos e professores como uma das maneiras mais eficientes de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

A importância da realização de atividades experimentais está ressaltada nas Diretrizes Curriculares de Ciências para o Ensino Fundamental do Estado do Paraná, que cita:

As atividades experimentais estão presentes no ensino de Ciências desde sua origem e são estratégias de ensino fundamentais, pois, podem contribuir para a superação de obstáculos na aprendizagem de conceitos científicos, não somente por propiciar interpretações, discussões e confrontos de ideias entre estudantes, mas também pela natureza investigativa (PARANÁ, 2008, p. 23).

O Eletromagnetismo é um dos conteúdos primordiais da Física, nele investiga-se as relações entre eletricidade e magnetismo. Levando em consideração a importância do tema e seu grau de abrangência em diversas áreas, viu-se a necessidade de destacar experimentos demonstrativos que evidenciassem a observação dos conceitos relacionados ao conteúdo.

O objetivo geral deste trabalho consiste no desenvolvimento de experimentos voltado ao estudo do conteúdo de Eletromagnetismo. Mais especificamente, os experimentos propostos são: Protótipo para o estudo da condutividade elétrica; Protótipo para experiência sobre elementos ôhmicos e não ôhmicos; Experimentos para visualização das linhas de campo magnético; Experimento para o estudo da indução eletromagnética.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração dos experimentos, primeiramente realizou-se o projeto contendo o desenho e detalhamento dos protótipos para posterior confecção dos moldes e montagem dos mesmos. Todos os projetos foram desenvolvidos com auxílio de uma máquina de corte e gravação a laser MAFRAN, mod. MF-13090, instalada no Departamento Acadêmico de Física (DAFIS) do Câmpus Medianeira da UTFPR. O equipamento com tecnologia CNC permite o corte de diversos materiais como: MDF, acrílico, borracha, papel, tecidos, entre outros. Possui área de corte de (1200 x 900) mm e potência do laser CO₂ de 130 W. Para a elaboração dos moldes dos experimentos foi utilizado o software AutoCAD. Para realizar o corte

laser dos layouts, o arquivo é salvo em um formato específico, conhecido como DXF, é exportado para o software Inkscape para o procedimento de corte.

Para a construção dos experimentos é necessário chapas de MDF, acrílico, fios condutores e componentes eletrônicos de baixo custo, sendo que vários materiais podem ser reaproveitados de lixo eletrônico, como: lâmpada incandescente 12 V, bornes banana fêmea, botão gangorra, resistores, LEDs e potenciômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo cinco experimentos foram elaborados. Um experimento para abordar o conceito de condução elétrica em diferentes materiais. Um protótipo para estudo das curvas características de diferentes componentes eletrônicos. Dois experimentos demonstrativos para visualização das linhas de campo magnético em um solenoide e em uma bobina. Por fim, um protótipo para observar o efeito de indução magnética.

Condutividade elétrica. A condutividade elétrica é uma propriedade que descreve quão bem os materiais permitem a passagem de corrente elétrica. Livros didáticos costumam trazer de forma tabelada o valor de condutividade de certos materiais, que normalmente são classificados em condutores, semicondutores ou isolantes.

A finalidade desse experimento é demonstrar as diferentes capacidades dos materiais conduzirem corrente elétrica. Na Figura 1 pode-se observar a imagem do protótipo de estudo da condutividade elétrica. Neste protótipo foi utilizado um circuito com uma lâmpada incandescente em série, que é ligada a uma fonte de alimentação 110/220V. Através dos bornes fixados na estrutura de MDF, a lâmpada é conectada a extremidade de diferentes materiais, como: metais, plástico, madeira, borracha e grafite. A corrente flui da fonte através de cada um dos materiais, sendo possível visualizar as diferentes condutibilidades de cada material. O cobre por exemplo é um bom condutor de eletricidade, e, por esse motivo, a lâmpada acenderá com grande intensidade. No entanto, ao conectar o circuito a borracha, a lâmpada não acenderá, visto que a borracha é um mau condutor.

Figura 1 – Protótipo para estudo da condutividade elétrica de materiais.



Fonte: Autoria própria (2020).

Elementos ôhmicos e não ôhmicos. Um componente obedece à lei de Ohm se a corrente que o atravessa varia linearmente com a diferença de potencial aplicada ao componente para qualquer valor da diferença de potencial (HALLIDAY, RESNICK & WALKER, 2020). Já elementos que não seguem a Lei de Ohm, conhecidos como elementos não ôhmicos, podem assumir uma grande variedade de formas nas curvas $i \times V$ resultantes.

Estas curvas são comumente empregadas como uma ferramenta para determinar o comportamento de um componente eletrônico, podendo ser utilizadas para modelar matematicamente a atuação do dispositivo dentro de um circuito elétrico. Sendo assim, o objetivo desse experimento é permitir o estudo das curvas características $i \times V$ de diferentes componentes eletrônicos. Na criação deste protótipo levou-se em conta a versatilidade e aplicabilidade e praticidade do experimento, para que possa ser reproduzido em maior quantidade para os alunos em sala de aula.

O protótipo é composto por uma estrutura feita em MDF, com quatro componentes eletrônicos distintos fixados em sua face superior, sendo eles: um resistor destacável da estrutura, dois LEDs distintos e uma lâmpada incandescente de 12V. Uma bateria 9V é a responsável por energizar todo o circuito do experimento através de um conector *jack*. Na Figura 2 pode-se observar a imagem do protótipo.

A medição de tensão dos componentes é realizada através dos bornes ligados em paralelo com cada elemento. Já a corrente é medida por meio de bornes conectados em série com o circuito. Os botões possibilitam a energização de cada um dos componentes.

Com auxílio de um resistor variável, acoplado a um conector *knob*, o aluno será capaz de variar a corrente do circuito, tornando possível a medida da curva característica de cada elemento.

Figura 2 – Protótipo para estudo das curvas características $i \times V$.



Fonte: Autoria própria (2020).

Linhas de campo magnético em um solenoide. Uma das principais dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Eletromagnetismo é a dificuldade dos alunos de diferenciar o campo elétrico e campo magnético. A impossibilidade da visualização a olho nu do campo elétrico e magnético causa confusão entre muitos. O objetivo desse experimento é observar, de forma didática, a orientação

do campo magnético no interior de um solenoide que possui passagem de corrente elétrica.

O protótipo é composto por fio condutor enrolado no formato de um solenoide, dois bornes e base feita em MDF, como apresentado na Figura 3. Após ser aplicada uma diferença de potencial entre os terminais do solenoide, através dos dois bornes frontais, a corrente elétrica irá gerar um campo magnético nas proximidades. O protótipo foi idealizado para que as linhas de campo magnético possam ser visualizadas com limalha de ferro colocada sobre a estrutura ou com a utilização de uma bússola no interior da bobina. Com isso, os alunos podem mover a bússola dentro e ao redor da bobina, e, dessa forma, podem verificar a orientação do campo magnético que envolve o objeto. Para facilitar e tornar o experimento ainda mais acessível, as dimensões do aparato foram adaptadas para ser viável a inserção de um aparelho celular no seu interior, dessa maneira será possível utilizar a bússola do dispositivo para realizar o experimento. Na Figura 4 é apresentado a foto do protótipo finalizado e o experimento em execução. No caso do solenoide sem passagem de corrente elétrica, a bússola é orientada para o polo norte da Terra. Ao conectar o solenoide em uma fonte de tensão, a corrente elétrica gera um campo magnético que orienta a bússola na direção do eixo do solenoide.

Figura 3 – Protótipo para estudo da orientação do campo magnético em um solenoide.



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 4 – Protótipo do solenoide construído.



Fonte: Autoria própria (2020).

Linhas de campo magnético em uma bobina. A finalidade desse experimento é mostrar, de forma visual, como as linhas de campo magnético estarão orientadas no sentido norte-sul dos polos de um eletroímã.

Após montada, a estrutura de acrílico é preenchida com um líquido viscoso, conhecido como xarope de glucose. Junto com a glucose misturou-se pó de ferro, obtido em restos de fuligem na oficina mecânica da universidade. O objetivo de utilizar um líquido viscoso misturado ao pó de ferro é impedir que o pó se disperse rapidamente e fique localizado no fundo do recipiente. Dois pequenos furos que atravessam as faces do acrílico fixam uma bobina de cobre esmaltado no centro da estrutura. Essa, por sua vez, é conectada a dois bornes na extremidade do protótipo. Na Figura 5 pode-se observar o layout da montagem final do experimento.

Ao ser energizada, a bobina se transformará em um eletroímã, gerando um campo magnético ao seu redor. O pó de ferro envolvido no xarope de glucose ao redor da bobina será magnetizado devido a suas propriedades magnéticas, ocasionando o alinhamento das partículas de ferro com as linhas de campo. Dessa maneira, será possível que os alunos visualizem a olho nu as linhas de campo magnético.

Figura 5 – Protótipo para estudo das linhas de campo magnético de uma espira.

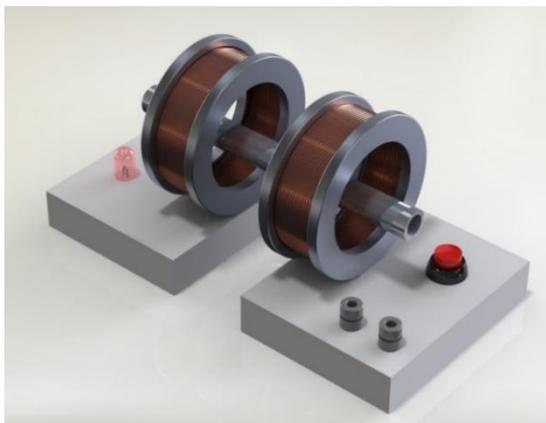


Fonte: Autoria própria (2020).

Indução eletromagnética. A indução eletromagnética é um tópico de difícil compreensão por parte dos alunos por envolver conhecimento de várias leis e conceitos do eletromagnetismo. Ao raciocinar sobre indução eletromagnética, os alunos precisam integrar e aplicar seus conhecimentos sobre conceitos como, campo magnético, fluxo magnético, força eletromotriz (fem), campo elétrico e corrente elétrica. Em razão disso, o objetivo desse experimento é demonstrar, de forma didática, a indução eletromagnética, usando duas bobinas e uma barra metálica para acender dois LEDs.

O projeto consiste em duas bobinas, cada uma fixada em uma base individual de MDF, sendo uma delas com maior número de voltas que a outra. Mediante a aplicação de uma diferença de potencial nas extremidades da bobina, através de dois bornes, a mesma se tornará um eletroímã. Uma segunda bobina conectada a dois LEDs será posicionada próxima a ela e uma barra metálica será introduzida entre as duas, de forma que, haja indução eletromagnética entre ambas. Na Figura 6 pode-se observar o protótipo final do experimento de indução eletromagnética.

Figura 6 – Experimento de indução eletromagnética, composto por duas bobinas.



Fonte: Autoria própria (2020).

A corrente induzida poderá ser observada ao pressionar o botão (interruptor), no lado da bobina maior, e ser verificado o acendimento dos LEDs, no lado da bobina menor. Deste modo, será possível a verificação da ocorrência da indução eletromagnética. Um experimento adicional ainda pode ser realizado. Usando a bobina com menor número de espiras é possível inserir de forma repetitiva um ímã no seu interior e observar o acendimento dos LEDs, evidenciando assim a Lei de Faraday.

CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo desenvolver e construir produtos de caráter educacional voltados ao ensino de física, mais especificamente nos conteúdos relacionados ao eletromagnetismo. Utilizando uma máquina de corte a laser e materiais de baixo custo, reaproveitados de lixo eletrônico e do laboratório de Física, foram desenvolvidos os projetos para construção dos protótipos.

Ao todo cinco experimentos foram elaborados. Um experimento para abordar o conceito de condutividade elétrica em diferentes materiais. Um protótipo para estudo das curvas características de corrente elétrica em função da diferença de potencial para diferentes componentes eletrônicos. Dois experimentos demonstrativos para visualização das linhas de campo magnético em um solenoide e em uma bobina. Por fim, um protótipo para observar o efeito de indução magnética.

O projeto de iniciação científica teve início em novembro de 2019. Em 18 de março de 2020 foi publicada pelo reitor da UTFPR a Ordem de Serviço N° 01 que determina ações de prevenção ao contágio pelo coronavírus no âmbito da UTFPR. A suspensão das atividades presenciais impossibilitou a construção de alguns dos protótipos elaborados. Contudo, em todas as partes da concepção dos produtos educacionais foi exigido a pesquisa e investigação de diversos conhecimentos extracurriculares, sendo necessário o desenvolvimento de várias novas capacidades e competências nas áreas aqui trabalhadas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Relatório Brasil no Pisa 2018-2**. Inep, 2019. Disponível em: http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf. Acesso em: 23 ago. 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física - Vol. 3 - Eletromagnetismo**, 10ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

PARANÁ. Secretaria de estado da Educação do Paraná. Superintendência da educação. **Diretrizes Curriculares de Ciências para o Ensino Fundamental**. Paraná, 2008.