



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso

O Uso de Experimentos de Baixo Custo para o Ensino de Eletromagnetismo

Acadêmico: Emanuel Gonçalves de Paula

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Maia Santos

Maringá, 12 de fevereiro de 2024



Universidade Estadual de
Maringá Centro de Ciências
Exatas Departamento de Física

Trabalho de Conclusão de Curso

O Uso de Experimentos de Baixo Custo para o Ensino de Eletromagnetismo

Monografia apresentada ao
Departamento de Física da Universidade
Estadual de Maringá, sob orientação do
professor Dr. Guilherme Maia Santos,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de licenciado em Física.

Acadêmico: Emanuel Gonçalves de Paula

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Maia Santos

Maringá, 12 de fevereiro de 2024

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao prof. Dr. Guilherme Maia Santos pela orientação durante a produção do trabalho.

Aos meus amigos que ingressaram comigo juntos na graduação. Que apesar de cursos distintos sempre se fizeram presentes de alguma forma. Muito Obrigado!

A todos os meus amigos da UEM, os do curso e os que encontrei ao longo do caminho, que, estavam juntos em sala, trabalhos, apresentações e dias exaustivos. Obrigada pelo suporte!

À professora Dr. Hatsumi Mukai, muito obrigada pela coordenação de monografia e auxílio na organização do todo.

E por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer minha família pelo apoio e incentivo contínuo, que foram essenciais neste caminho.

RESUMO

A educação desempenha um papel fundamental no desenvolvimento humano, visando não apenas transmitir conhecimentos, mas também cultivar habilidades e pensamento crítico. No entanto, o ensino de física tradicional muitas vezes enfrenta desafios que afetam sua eficácia. A abordagem centrada na transmissão de conhecimento por meio de aulas expositivas pode resultar em uma compreensão superficial dos conceitos, enquanto a falta de conexão entre teoria e prática pode dificultar a internalização do conhecimento. Para superar esses problemas, diversas metodologias educacionais têm sido propostas, como a Taxonomia de Bloom, a aprendizagem baseada em projetos e a aprendizagem baseada em problemas. Essas abordagens buscam promover uma educação mais ativa e significativa, estimulando o pensamento crítico e a resolução de problemas. A introdução de experimentos no ensino de física é uma estratégia valiosa para tornar o aprendizado mais tangível e envolvente. Os experimentos proporcionam uma oportunidade para os alunos explorarem conceitos de forma prática, estimulando a curiosidade e o pensamento investigativo. A construção de uma sequência didática baseada nas metodologias mencionadas, é essencial para garantir uma abordagem integrada e eficaz no ensino de física. Essa sequência permite que os alunos desenvolvam habilidades cognitivas de forma progressiva, promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura. Em suma, os experimentos de física desempenham um papel crucial na melhoria do ensino, proporcionando uma experiência prática e concreta dos conceitos abordados em sala de aula. Aliados a uma sequência didática bem estruturada e baseada em metodologias educacionais eficazes, os experimentos contribuem para uma educação mais significativa e para o desenvolvimento integral dos alunos.

Palavras Chaves: Trens Magnéticos, Experimentos no Ensino de Física, Abordagem Prática

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1. <i>Campo Magnético.....</i>	<i>11</i>
2.2. <i>Corrente elétrica.....</i>	<i>13</i>
2.3. <i>Força magnética.....</i>	<i>14</i>
2.4. <i>Lei de Ampère.....</i>	<i>16</i>
2.5. <i>Lei de Faraday.....</i>	<i>17</i>
2.6. <i>Lei de Lenz.....</i>	<i>19</i>
2.7. <i>Motores elétricos.....</i>	<i>20</i>
2.8. <i>Trens magnéticos.....</i>	<i>21</i>
2.9. <i>Metodologias do ensino.....</i>	<i>22</i>
2.9.1. <i>Taxonomia de Bloom.....</i>	<i>22</i>
2.9.2. <i>Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning - PBL).....</i>	<i>26</i>
2.9.3. <i>Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning – PBL).....</i>	<i>28</i>
2.10. <i>Conceito de Sequência Didática.....</i>	<i>29</i>
3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	30
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	39
4.1. <i>Apresentação dos resultados obtidos no experimento.....</i>	<i>39</i>
5. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

A educação é o alicerce sobre o qual se constrói o desenvolvimento humano e social. Mais do que a mera transmissão de conhecimentos, a educação é um processo dinâmico que visa não apenas fornecer informações, mas também cultivar habilidades, valores e o pensamento crítico. Ela desempenha um papel crucial na formação de indivíduos autônomos, capazes de compreender o mundo, adaptar-se às mudanças e contribuir para a sociedade^[1].

O artigo 65 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional deixa claro os objetivos que o ensino médio deve promover para os alunos. Esse dispositivo estabelece diretrizes para a construção curricular, ressaltando a importância de uma educação que promova não apenas o desenvolvimento cognitivo, mas também habilidades socioemocionais e o pensamento crítico:

“Art. 65. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.”^[2]

Nesse contexto, a educação é percebida como um processo multifacetado que visa preparar os estudantes não apenas para os desafios acadêmicos, mas também para sua participação ativa na sociedade, consolidando a compreensão de que a educação vai além da sala de aula, sendo um instrumento essencial para a formação integral dos indivíduos^[3].

A participação do cidadão na sociedade implica em diversas responsabilidades, e o entendimento dos princípios fundamentais que regem a natureza e o funcionamento do universo auxilia na abordagem dos desafios cotidianos. Nesse contexto, o ensino de Física emerge como uma ferramenta fundamental, proporcionando uma base sólida para a compreensão dos fenômenos naturais e o desenvolvimento de habilidades essenciais.

Essa perspectiva ressalta a necessidade premente de reconhecer a importância do ensino de Física no ensino médio, não apenas como uma disciplina acadêmica, mas como um componente essencial para capacitar os alunos a enfrentar os desafios complexos do mundo moderno.

O ensino de Física há muito tempo é caracterizado por métodos expositivos e abordagens teóricas, centrando-se na transmissão de conhecimento através de aulas magistrais e resolução de problemas em sala de aula. Muitas vezes essa abordagem enfrenta desafios significativos que impactam a eficácia da aprendizagem. Em primeiro lugar, a abordagem centrada na transmissão de

conhecimento por meio de aulas expositivas pode resultar em uma compreensão superficial por parte dos alunos. A ênfase excessiva na memorização de fórmulas e conceitos, sem uma contextualização prática, tende a criar uma desconexão entre a teoria e a aplicação real, dificultando a internalização e a retenção do conhecimento^[4].

O ensino de Física tradicional tem uma limitação na abordagem de experimentação e aplicação prática. A redução do tempo dedicado a atividades práticas e experimentos devido a restrições de recursos, infraestrutura inadequada ou abordagens pedagógicas desatualizadas impede que os alunos vivenciem de maneira concreta os princípios físicos aprendidos em sala de aula. Essa lacuna entre teoria e prática pode resultar em uma compreensão fragmentada dos conceitos, prejudicando a formação de uma visão integrada e aplicada da Física.

Contudo, nas últimas décadas, tem-se observado um crescente reconhecimento da importância de métodos mais interativos e práticos para promover uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos. Nesse contexto, a introdução de experimentos no ensino de Física tem se destacado como uma abordagem valiosa, proporcionando uma experiência mais envolvente e concreta para os estudantes^[5].

O uso de experimentos no ensino de Física traz consigo uma série de benefícios. A realização prática de experimentos permite aos alunos uma aprendizagem mais tangível, estimulando a curiosidade e o pensamento crítico. Além disso, os experimentos proporcionam uma oportunidade para os estudantes testarem hipóteses, analisarem resultados e desenvolverem habilidades práticas, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura dos princípios físicos^[6].

A implementação de experimentos em sala de aula tem sido objeto de estudo na literatura educacional devido ao seu impacto significativo no ensino de Física. Diversos pesquisadores têm investigado a influência dessas práticas pedagógicas no aprendizado dos alunos, buscando compreender como a realização de experimentos pode contribuir para uma educação mais efetiva nessa disciplina.

Segundo relatado por Mourão e Sales, (2018)

“O ensino investigativo, ao longo deste estudo, se mostrou como uma ferramenta importante no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de Termologia, promovendo a aquisição de habilidades fundamentais para que o aluno possa aprender outros tópicos de ciências”^[7].

Segundo Silva, (2022)

“A montagem e execução dos experimentos pelos alunos despertou a curiosidade e a participação dos alunos nas aulas de Física, os mesmos conseguiram relacionar os conceitos

aprendidos em sala de aula com a prática e possivelmente traçaram um paralelo com suas vivências diárias. O fato dos alunos participarem da sua própria aprendizagem traz grandes benefícios na relação ensino/aprendizagem, portanto, o uso de experimentos gerou uma aprendizagem significativa para os alunos”^[8].

Conforme descrito por Benfica 2020, “Fica claro que as atividades complexas e/ou inovadoras é uma forma de exercitar o cérebro e as práticas relacionadas à Física, além de serem interessantes por exigir concentração, criatividade e capacidade”^[9].

A literatura científica oferece uma variedade de experimentos de baixo custo para o ensino da física, proporcionando uma abordagem lúdica e eficaz. Santos (2022)^[29] destaca o emprego de experimentos como o carro movido a bexiga, úteis para compreender a Lei da Ação e Reação de Newton. Paiva (2022)^[30] apresenta o experimento da usina de calor, que investiga a propagação do calor nos fluidos, enquanto Souza e Carvalho (2014)^[31] abordam experimentos como "Doce de Leite" e "Labirinto Elétrico" para explorar conceitos como temperatura e eletricidade. Em uma abordagem investigativa, Jesus e Souza (2023)^[32] contextualizam sua prática com o filme 'O Menino que Descobriu o Vento', incorporando um dínamo e explorando o princípio da indução eletromagnética. Esses experimentos promovem a interação direta com fenômenos físicos, estimulando o pensamento crítico e fortalecendo a conexão entre teoria e prática, tornando o aprendizado mais significativo.

Através da realização de experimentos os professores tem a possibilidade de analisar o desempenho dos alunos, tanto em termos de raciocínio verificando suas conclusões e diagnosticando aqueles estudantes que tem dificuldade em determinado item específico do conteúdo, buscando novas estratégias de ensino para auxiliá-los.

O incentivo ao aprendizado e o interesse do aluno são aspectos cruciais para o sucesso do processo educativo. Nesse sentido, é fundamental que os educadores busquem estratégias para motivar os estudantes, despertando sua curiosidade e estimulando sua autonomia. A realização de experimentos em sala de aula pode contribuir significativamente para esse objetivo, uma vez que proporciona aos alunos a oportunidade de vivenciar situações reais e contextualizadas, aproximando o conteúdo teórico da realidade cotidiana e facilitando a construção do conhecimento^{[10][11]}.

Diante do exposto, este trabalho visa examinar a relevância dos experimentos em sala de aula para o ensino de Física, investigando como essa prática pedagógica pode promover a adoção de metodologias educacionais mais eficazes e estimular o aprendizado e interesse dos alunos. Para alcançar esse objetivo, serão realizados experimentos utilizando, predominantemente, fios, pilhas AAA e ímãs para elucidar o funcionamento de alguns motores, incluindo um trem magnético que

utiliza conceitos de indução para debatermos assuntos como Lei de Faraday, Lei de Ampère, Lei de Lenz, Campos Magnéticos, Corrente elétrica, entre outros.

Uma preocupação central no desenvolvimento desses experimentos em sala de aula é a questão dos recursos financeiros, dada a realidade de muitas escolas que enfrentam limitações orçamentárias. Nesse contexto, a proposta é utilizar experimentos de baixo custo como alternativa viável e eficaz para superar essa barreira. A utilização de materiais recicláveis, de fácil acesso e frequentemente presentes no cotidiano dos alunos possibilita a criação de atividades experimentais que abordam conceitos fundamentais da Física de maneira simples e acessível. Além disso, os experimentos de baixo custo incentivam a criatividade e a inovação, motivando os alunos a buscar soluções alternativas e sustentáveis para os desafios propostos. Desse modo, a adoção de experimentos de baixo custo contribui para a democratização do ensino de Física, tornando-o mais inclusivo e abrangente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

James Clerk Maxwell foi um renomado cientista cujas contribuições para o campo do eletromagnetismo são vastamente reconhecidas. Ele desenvolveu as bases teóricas fundamentais do eletromagnetismo ao unificar os fenômenos elétricos e magnéticos em um conjunto coeso de equações diferenciais parciais, conhecidas como as equações de Maxwell. Estas equações, representadas abaixo, também são conhecidas como lei de Faraday-Lenz (1), lei de Gauss (2), lei de Ampère-Maxwell (3) e lei de Gauss para o magnetismo (4). Essas equações descrevem de forma completa e precisa a interação entre campos elétricos e magnéticos, representando um marco fundamental na história da física teórica^[53]. A sequência didática terá um foco maior na demonstração das leis de Faraday-Lenz e de Ampère-Maxwell.

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (4)$$

Uma das principais contribuições de Maxwell foi sua previsão teórica da existência de ondas eletromagnéticas. Utilizando suas equações, Maxwell demonstrou que a variação dos campos elétricos e magnéticos no tempo poderia gerar ondas que se propagam pelo espaço com velocidade constante, equivalente à velocidade da luz^[53]. Essa previsão teórica foi confirmada experimentalmente por Heinrich Hertz em 1887, consolidando a teoria eletromagnética de Maxwell como uma das teorias mais bem-sucedidas da física.

Além disso, Maxwell avançou significativamente na teoria do campo magnético, introduzindo o conceito de campos vetoriais para descrever a distribuição das forças magnéticas no espaço. Essa abordagem inovadora proporcionou uma compreensão mais abrangente dos fenômenos magnéticos e serviu como fundamento para o desenvolvimento de numerosas tecnologias modernas, desde sistemas de levitação magnética até dispositivos de armazenamento de dados. Em resumo, as contribuições de Maxwell para o estudo do campo magnético não apenas redefiniram nossa compreensão do mundo físico, mas também impulsionaram uma revolução tecnológica sem precedentes.

2.1. Campo Magnético

O campo magnético representado na Figura 1 é uma propriedade intrínseca da matéria que exerce influência sobre partículas carregadas em movimento. Ele é gerado por correntes elétricas e por dipolos magnéticos, como os encontrados em ímãs. [12-14].

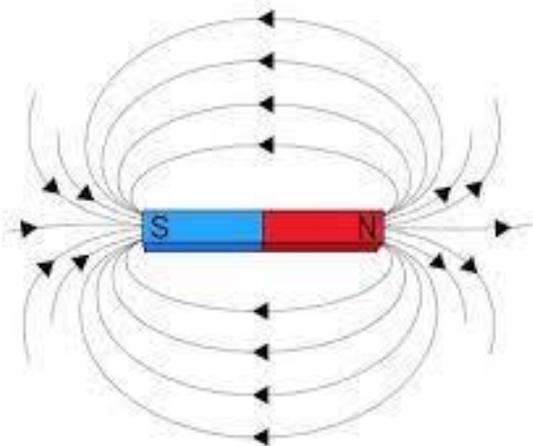


Figura 1. Linhas de campo magnético saindo do polo norte para o polo sul de um ímã. Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico.htm>

A Lei de Gauss para o magnetismo, também conhecida como uma das equações de Maxwell, é um princípio fundamental no campo do eletromagnetismo. A principal significação dessa lei é que o fluxo magnético total através de qualquer superfície fechada é igual a zero.

Isso implica que, ao contrário do campo elétrico, que tem fontes (cargas elétricas) e sumidouros, o campo magnético não tem "monopolos magnéticos" ou cargas magnéticas isoladas. Em outras palavras, as linhas de campo magnético são sempre contínuas e fecham sobre si mesmas, formando laços, sem início ou fim. Isso é consistente com a observação experimental de que não existem monopolos magnéticos isolados; em vez disso, os ímãs sempre têm um polo norte e um polo sul.

Em termos práticos, isso significa que se você imaginar uma superfície fechada como uma bolha ao redor de um ímã, o número de linhas de campo magnético que entram na bolha será exatamente igual ao número de linhas que saem da bolha.

A Figura 2 apresenta um dos exemplos mais fascinantes de campo magnético: o campo magnético terrestre. Esse campo é gerado principalmente pela movimentação do ferro líquido no núcleo externo da Terra. Este movimento cria correntes elétricas que, por sua vez, geram um campo magnético ao redor do planeta, essencial para a nossa proteção contra a radiação solar. Para

visualizar o campo magnético, podemos utilizar linhas de campo magnético. Essas linhas, que se estendem de um polo magnético ao outro, mostram a direção e a intensidade do campo em diferentes pontos ao redor do ímã^[13].

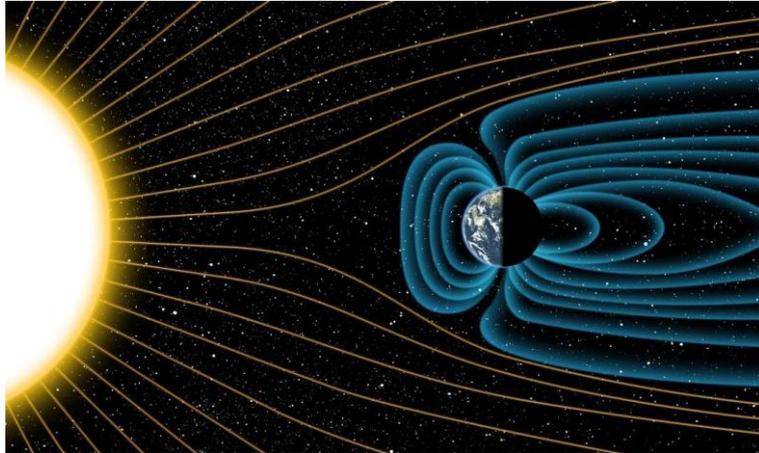


Figura 2. Campo Magnético Terrestre protegendo o planeta dos raios solares. Fonte: <https://oglobo.globo.com/saude/ciencia/campo-magnetico-da-terra-mais-antigo-que-se-imaginava-17020097>.

Para compreendermos melhor os campos magnéticos, é importante entender como eles se formam, incluindo os polos norte e sul. Os polos de um campo magnético são áreas onde as linhas desse campo se juntam ou saem. Esses polos desempenham um papel fundamental na maneira como ímãs interagem e na definição da direção e força do campo magnético. Existem dois tipos de polos: norte e sul. No polo norte, as linhas do campo magnético saem do material, enquanto no polo sul, elas entram no material. Essa diferença é essencial para entender como ímãs se comportam uns com os outros e com outros objetos^{[12][13]}.

Os polos magnéticos possuem propriedades específicas que influenciam sua interação uns com os outros e com outros objetos. De acordo com os princípios fundamentais do magnetismo, os polos opostos se atraem, enquanto os polos iguais se repelem. Isso significa que o polo norte de um ímã é atraído pelo polo sul de outro ímã, enquanto dois polos norte ou dois polos sul se repelem. Essa interação é essencial para o funcionamento de dispositivos magnéticos, como bússolas e motores elétricos. ^{[12][13]}.

Os polos magnéticos também desempenham um papel importante na orientação e navegação. Por exemplo, as bússolas utilizam a orientação dos polos magnéticos para indicar a direção do campo magnético da Terra. Os polos magnéticos da Terra não estão alinhados exatamente com os polos geográficos, o que resulta em uma diferença conhecida como declinação magnética.

Compreender os polos magnéticos é fundamental não apenas para a ciência e a tecnologia, mas também para atividades práticas, como navegação e orientação ao ar livre^{[12][13][14]}.

A importância do campo magnético transcende a teoria, influenciando diretamente muitas áreas da ciência e tecnologia. Na medicina, por exemplo, a ressonância magnética utiliza intensos campos magnéticos para criar imagens detalhadas do interior do corpo humano. Em engenharia, motores elétricos aproveitam as forças magnéticas para gerar movimento. Além disso, a exploração do campo magnético na física de partículas e em astronomia tem proporcionado *insights* valiosos sobre o universo em escalas tanto microscópicas quanto astronômicas^{[12][13][14]}.

O campo magnético continua a ser objeto de intensa pesquisa e exploração. Os cientistas estão interessados em entender melhor como os campos magnéticos são gerados em diferentes corpos celestes e como podemos aproveitá-los para desenvolver novas tecnologias. A preservação do campo magnético é de suma importância para a vida na Terra. Alterações significativas no campo magnético terrestre podem ter efeitos prejudiciais em muitos aspectos, desde a navegação até a proteção contra a radiação solar. É essencial que continuemos a monitorar e entender nosso campo magnético para garantir nosso bem-estar futuro e para a exploração contínua do universo ao nosso redor.

2.2. Corrente elétrica

A corrente elétrica é um conceito fundamental na eletricidade que descreve o fluxo ordenado de elétrons em um condutor, conforme a Figura 3. Essa movimentação de cargas ocorre devido à diferença de potencial, ou voltagem, entre os pontos de um circuito elétrico. A unidade padrão para medir a corrente elétrica é o ampère (A), representando o fluxo de uma carga de um coulomb por segundo. A direção da corrente é convencionalmente definida do polo positivo para o negativo, embora, na realidade, os elétrons, que têm carga negativa, se movam no sentido oposto^{[15][16]}.

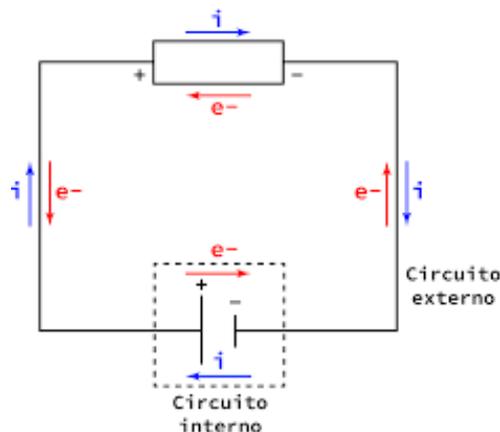


Figura 3. Representação de um circuito elétrico, em vermelho é a movimentação do elétron e em azul a corrente elétrica. Fonte: <https://realizeeducacao.com.br/wiki/corrente-eletrica/>

A intensidade da corrente elétrica depende da voltagem da fonte de energia e da resistência do circuito. A Lei de Ohm, formulada pelo físico alemão Georg Simon Ohm, estabelece que a corrente elétrica é diretamente proporcional à voltagem e inversamente proporcional à resistência. Isso significa que quanto maior a voltagem ou menor a resistência, maior será a corrente elétrica^{[15][16]}, sendo expressa pela equação (5):

$$I = \frac{V}{R} \quad (5)$$

no qual I é a intensidade da corrente, V é a voltagem e R é a resistência.

Os circuitos elétricos podem ser classificados em dois tipos principais: circuitos em série e em paralelo. Nos circuitos em série, os componentes elétricos estão conectados em uma única trajetória, de modo que a corrente elétrica passa por cada componente sucessivamente. Já nos circuitos em paralelo, os componentes estão dispostos em diferentes trajetórias, permitindo que a corrente se divida entre eles^{[15][16]}.

A corrente elétrica desempenha um papel crucial em muitos dispositivos eletroeletrônicos que usamos diariamente, como lâmpadas, eletrodomésticos, smartphones e computadores. Sem corrente elétrica, esses dispositivos não funcionariam, pois a energia elétrica é essencial para alimentar seus componentes e realizar as diversas funções para as quais foram projetados.

Além disso, a corrente elétrica tem aplicações importantes em outras áreas, como medicina e indústria. Por exemplo, é utilizada em procedimentos médicos, como a eletrocardiografia (ECG), que registra a atividade elétrica do coração, e em processos industriais, como soldagem e eletrólise, que envolvem a passagem de corrente elétrica através de materiais condutores^[36].

2.3. Força magnética

A força magnética é uma das forças fundamentais da natureza que surge devido à interação entre ímãs ou entre um ímã e um material magnético. Esse fenômeno é regido pelas leis do magnetismo, que descrevem como os objetos magnéticos interagem entre si. É importante destacar que os polos magnéticos opostos se atraem, enquanto os polos magnéticos iguais se repelem^[37].

A força magnética é uma das forças fundamentais da natureza que surge devido à interação entre ímãs ou entre um ímã e um material magnético. Esse fenômeno é regido pelas leis do

magnetismo, que descrevem como os objetos magnéticos interagem entre si. É importante destacar que os polos magnéticos opostos se atraem, enquanto os polos magnéticos iguais se repelem.

Além do mais, é uma manifestação fundamental da interação entre campos magnéticos e cargas em movimento. Quando uma partícula carregada, como um elétron, se move em um campo magnético, ela experimenta uma força magnética perpendicular à sua velocidade e à direção do campo. Essa força é descrita pela Lei de Lorentz, que afirma que a magnitude da força magnética é proporcional ao módulo da carga da partícula, à velocidade e à intensidade do campo magnético. A direção da força é determinada pela regra da mão direita, conforme representado pela Figura 4, sendo essencial para compreender o movimento de partículas carregadas em campos magnéticos^[17]. A equação do módulo da força magnética é apresentada na equação (6).

$$F_B = |q|.v.B.\text{sen}(\theta), \quad (6)$$

Em que F_B é o módulo Força magnética, q é o módulo da carga elétrica, v é o módulo da velocidade da carga elétrica, B é o módulo do campo magnético e $\text{sen}(\theta)$ é o seno do ângulo entre o vetor velocidade e o vetor campo magnético.

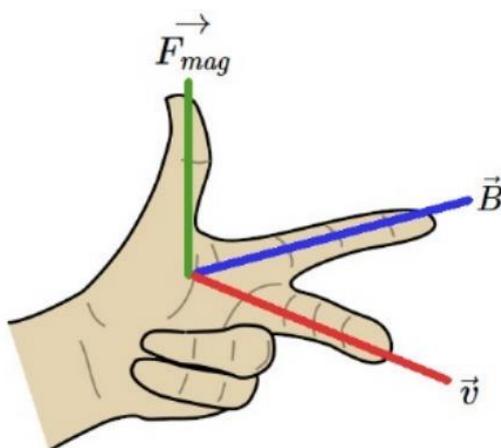


Figura 4. Regra da mão direita para representar a força magnética. Pela imagens vemos que a força magnética é perpendicular ao campo magnético e a velocidade. Fonte:

<https://www.infoescola.com/fisica/forca-magnetica/>

A intensidade da força magnética depende da magnitude dos polos envolvidos e da distância entre eles. Quanto mais próximos os polos magnéticos estão, maior é a força de atração ou repulsão entre eles. Além disso, a presença de materiais magnéticos influencia a força magnética, pois esses materiais podem amplificar ou enfraquecer os efeitos magnéticos.

A força magnética desempenha um papel crucial em muitos fenômenos naturais e aplicações tecnológicas. Por exemplo, é responsável pela orientação das bússolas, que utilizamos para determinar direções na navegação. Além disso, é essencial para o funcionamento de motores elétricos, que convertem energia elétrica em energia mecânica, e para a geração de energia em usinas elétricas^{[13-15][37]}.

Em nível microscópico, a força magnética é responsável pela organização dos átomos em materiais magnéticos. Essa organização magnética é o que confere propriedades magnéticas aos materiais, como o ferro, o níquel e o cobalto. Sem a força magnética, esses materiais não seriam capazes de se magnetizar e não teríamos acesso a muitas das tecnologias modernas.

2.4. Lei de Ampère

A Lei de Ampère é uma das leis fundamentais da eletricidade e do magnetismo, estabelecida pelo físico francês André-Marie Ampère no início do século XIX. Essa lei descreve a relação entre a corrente elétrica e o campo magnético que ela gera ao redor de um condutor.

$$\oint \vec{\beta} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{inte} \quad (7)$$

sendo $\vec{\beta}$ é o campo magnético e $d\vec{l}$ é um elemento infinitesimal ao longo de uma curva fechada, μ_0 é a permeabilidade do vácuo e I_{inte} é a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada pela curva fechada.

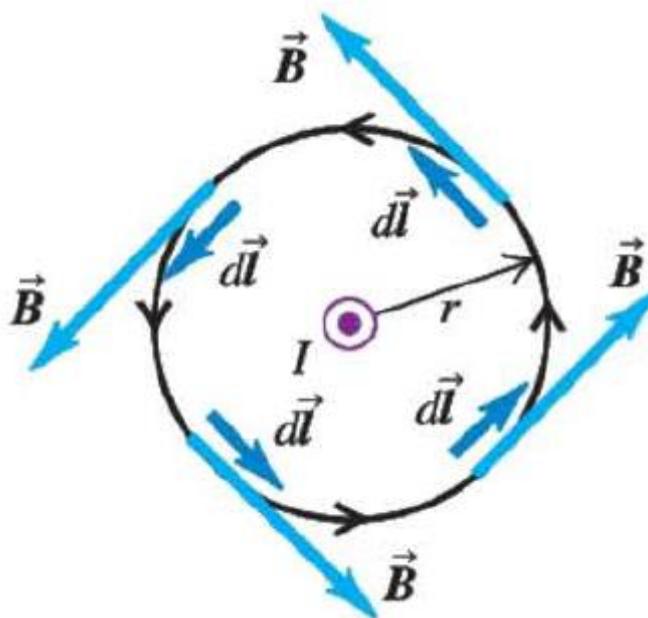


Figura 5. Representação da Lei de Ampère. Fonte: Young & Freedman, 2015.

De acordo com a Lei de Ampère, o campo magnético ao redor de um condutor retilíneo infinitamente longo é diretamente proporcional à corrente que o atravessa. Isso significa que quanto maior a corrente elétrica, mais intenso será o campo magnético gerado.

Essa lei é particularmente valiosa para análise de simetrias em distribuições de corrente, permitindo calcular o campo magnético em situações onde a simetria facilita a integração. Em casos de simetria cilíndrica ou esférica, por exemplo, a Lei de Ampère torna-se especialmente útil, simplificando os cálculos e proporcionando uma compreensão mais profunda das propriedades magnéticas do sistema.

A Lei de Ampère tem diversas aplicações, mas principalmente em motores elétricos e dispositivos eletroeletrônicos. Em aplicações reais, podemos ver que a relação estabelecida pela Lei de Ampère resulta em fenômenos observáveis. Nos motores elétricos, por exemplo, a corrente elétrica flui por bobinas de fio imersas em um campo magnético. Esse fluxo de corrente cria forças magnéticas que fazem as bobinas girarem e gerarem movimento mecânico. Esse movimento é então convertido em energia mecânica utilizável, como a rotação de um ventilador ou de uma máquina industrial^[18].

Os transformadores também operam com base nessa relação. Quando a corrente elétrica passa por uma bobina de fio, cria-se um campo magnético ao seu redor, induzindo correntes elétricas em outras bobinas próximas. Isso permite aumentar ou diminuir a voltagem em sistemas elétricos, sendo essencial em redes de distribuição de energia. Já nos alto-falantes, a variação da corrente elétrica em uma bobina de fio imersa em um campo magnético faz com que a bobina se mova, gerando vibrações que produzem som^[18].

2.5. Lei de Faraday

A Lei de Faraday, formulada pelo cientista britânico Michael Faraday no século XIX, é um dos princípios fundamentais da eletricidade e do magnetismo. Essa lei descreve a relação entre um campo magnético variável e a indução de uma corrente elétrica em um circuito elétrico^[19]. A forma integral da Lei de Faraday é expressa pela equação (8):

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{\partial \Phi_B}{\partial t} \quad (8)$$

Essa equação revela que a força eletromotriz induzida em um circuito é proporcional à taxa de variação do fluxo do campo magnético no circuito. Se o fluxo magnético através da área

delimitada pelo circuito aumenta com o tempo, a fem é induzida em uma direção; se o fluxo diminui com o tempo, a fem é induzida na direção oposta.

De acordo com a Lei de Faraday, quando um campo magnético atravessa um circuito elétrico ou varia em intensidade dentro do circuito, é induzida uma corrente elétrica nesse circuito. Essa corrente elétrica induzida é proporcional à taxa de variação do fluxo magnético no circuito, conforme expresso pela Lei de Faraday da indução eletromagnética.^[19]



Figura 6. Uma bobina em um campo magnético. Quando esse campo magnético é constante não existe nenhuma corrente induzida, a orientação e forma da bobina permanecem constantes. Quando alterarmos qualquer um desses três fatores, surge uma corrente induzida. Fonte: Adaptado do Livro Física III, Eletromagnetismo. 14a. ed. São Paulo: Editora Pearson Brasil, 2016.

Para entender essa lei fisicamente, podemos considerar o exemplo de um ímã sendo movido para mais perto ou para mais longe de uma bobina de fio condutor. Quando o ímã se move, o fluxo magnético através da bobina varia, o que induz uma fem no fio condutor. Essa fem, por sua vez, causa o movimento de cargas elétricas dentro do fio, gerando uma corrente elétrica.

Essa lei é fundamental para compreender a geração de corrente elétrica por meio da indução eletromagnética, sendo a base para o funcionamento de geradores elétricos e transformadores os quais a rotação de uma bobina de fio dentro de um campo magnético induz uma corrente elétrica no circuito, convertendo energia mecânica em energia elétrica. Ela também está intrinsecamente relacionada ao fenômeno da autoindução e à Lei de Lenz, que estabelece que a corrente induzida sempre age para opor-se à mudança no fluxo magnético que a produziu^[19].

2.6. Lei de Lenz

A Lei de Lenz, proposta pelo físico russo-alemão Heinrich Lenz no século XIX, é uma das leis fundamentais do eletromagnetismo e descreve a direção da corrente induzida por um campo magnético variável. Essa lei é frequentemente enunciada como: "A corrente induzida em um circuito fechado é sempre tal que se opõe à mudança do fluxo magnético que a produziu." Em outras palavras, quando ocorre uma variação no fluxo magnético através de um circuito^[20].

A Figura 7 ilustra a Lei de Lenz, cujo entendimento pode ser aprimorado com um exemplo prático. Quando um ímã se move em direção a uma bobina condutora, o fluxo magnético através da bobina aumenta. Conforme previsto pela Lei de Lenz, em resposta a essa mudança, uma corrente elétrica é induzida na bobina, de forma a gerar um campo magnético que se opõe ao aumento do campo magnético original.

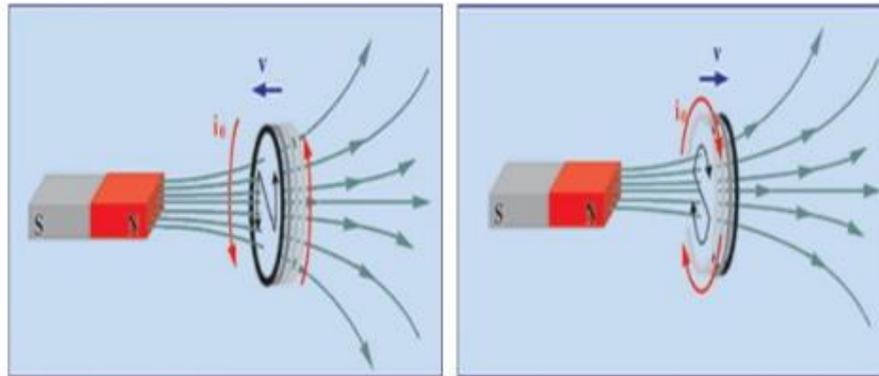


Figura 7. Representação da Lei de Lenz. Fonte: Adaptado de

<https://blog.ofitexto.com.br/outros/lei-de-lenz-e-sua-importancia-na-conservacao-de-energia/>

A Lei de Lenz está intimamente ligada ao princípio da conservação de energia. A oposição à mudança no campo magnético através do circuito resulta em uma dissipação de energia, conforme a corrente elétrica é gerada. Isso significa que a energia é convertida de uma forma (energia mecânica, por exemplo) para outra (energia elétrica), sem criar energia nova^[15].

Uma consequência importante da Lei de Lenz é que ela impede que um objeto se acelere infinitamente quando movido em direção a um campo magnético. Em vez disso, a resistência gerada pela corrente induzida de acordo com essa lei resulta em uma desaceleração do objeto.

A Lei de Lenz tem implicações práticas significativas, especialmente na compreensão do funcionamento de geradores elétricos e transformadores. Ela explica por que, ao girar uma bobina em um campo magnético, a corrente gerada cria um campo magnético que se opõe à mudança original, contribuindo para a eficiência desses dispositivos^[20].

2.7. Motores elétricos

Os motores elétricos são dispositivos fundamentais que convertem energia elétrica em energia mecânica, proporcionando movimento a uma ampla variedade de máquinas e equipamentos. Fisicamente, esses motores funcionam com base nos princípios do eletromagnetismo e na interação entre correntes elétricas e campos magnéticos.

Um motor elétrico é apresentado na figura 8 e o funcionamento básico de um motor elétrico envolve uma bobina condutora de fio, chamada de rotor, imersa em um campo magnético gerado por um ímã ou por bobinas fixas, chamadas de estator. Quando uma corrente elétrica é aplicada ao rotor, um campo magnético é criado ao redor da bobina de fio de acordo com a Lei de Ampère^[21].

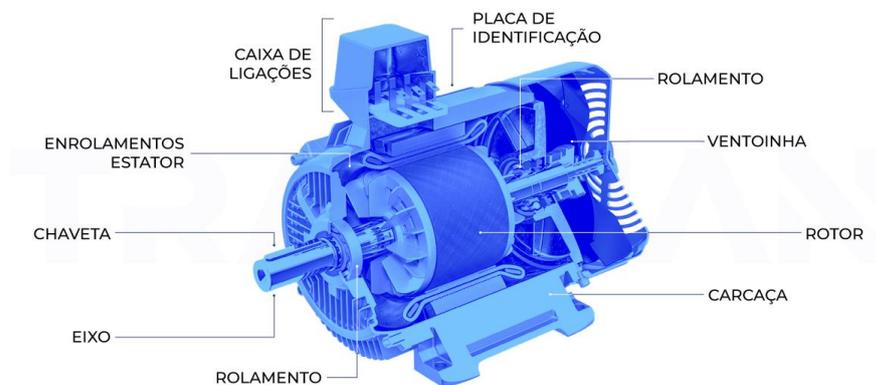


Figura 8. Representação de um motor elétrico com seus componentes. Fonte: <https://traction.com/blog/motores-eletricos-entenda-a-funcionalidade-desse-ativo>

A interação entre o campo magnético do estator e o campo magnético do rotor resulta em forças magnéticas que fazem o rotor girar. Essas forças magnéticas são proporcionais à intensidade da corrente elétrica no rotor e à intensidade do campo magnético no estator^[21].

É importante notar que a Lei de Lenz desempenha um papel crucial no funcionamento dos motores elétricos. Essa lei estabelece que a direção da corrente induzida no rotor é tal que ela se opõe à mudança que a produziu, garantindo que o rotor se mova em uma direção específica e de maneira controlada.

Além disso, a Lei de Faraday da indução eletromagnética também é relevante para entender como os motores elétricos funcionam. Essa lei descreve como uma corrente elétrica pode ser induzida em uma bobina condutora, como o rotor, sempre que há uma variação do fluxo magnético que a atravessa.

O desempenho e a eficiência dos motores elétricos podem ser melhorados por meio de diversos fatores, como o uso de materiais magnéticos mais eficientes, o design otimizado dos enrolamentos da bobina e a utilização de controladores eletrônicos de velocidade.

2.8. *Trens magnéticos*

A Figura 9 apresenta um trem magnético MagLev na Ásia. Esses trens tem princípios fundamentais da interação magnética para atingir um método de transporte inovador e eficiente. O principal conceito por trás do funcionamento dos trens Maglev é a levitação magnética^[22-23].



Figura 9. Trem magnético MagLev. Fonte:

<https://plamurblog.wordpress.com/2017/10/18/maglev-o-trem-que-se-locomove-por-levitacao/>

Existem duas principais categorias de trens magnéticos: os de levitação eletromagnética (Maglev) e os EMS (Sistema de Suspensão Eletromagnética) e EDS (Sistema de Suspensão Eletrodinâmica). Nos trens Maglev, a levitação é alcançada por meio da repulsão magnética entre ímãs supercondutores nos trilhos e no veículo. A propulsão é obtida por meio de campos magnéticos oscilantes que impulsionam o veículo ao longo dos trilhos. Já EMS e o EDS a levitação é induzida pela interação entre campos magnéticos variáveis nos trilhos e no veículo, enquanto a propulsão é gerada através da interação entre esses campos^{[38][39]}.

A física por trás dos trens magnéticos é complexa, envolvendo conceitos como a Lei de Faraday da indução eletromagnética, que descreve como a variação de um campo magnético pode induzir uma corrente elétrica em um circuito, e a Lei de Lenz, que estabelece a direção da corrente induzida. Essas leis são fundamentais para entender como os trens magnéticos funcionam e como a energia elétrica é convertida em movimento.

A Lei de Faraday descreve como uma mudança no fluxo magnético através de uma área delimitada por um circuito elétrico pode induzir uma corrente elétrica nesse circuito. Isso significa que quando há uma variação do campo magnético perto de um condutor elétrico, como o fio condutor em um trem magnético, uma corrente elétrica é induzida no fio. Essa corrente é essencial para criar os campos magnéticos necessários para a levitação e propulsão do trem^{[22][23]}.

A Lei de Lenz, por sua vez, estabelece a direção da corrente induzida. Ela afirma que a corrente induzida é sempre de tal forma que se opõe à mudança que a produziu. Isso é fundamental para garantir que a energia seja convertida de maneira eficiente em movimento. Por exemplo, nos sistemas de propulsão dos trens magnéticos, a corrente induzida cria campos magnéticos que interagem com os campos dos trilhos, gerando forças que impulsionam o trem para frente. A direção dessa corrente é tal que ela se opõe à mudança do campo magnético, garantindo um movimento suave e controlado^[22-23]

Para impulsionar o trem, é utilizado um segundo princípio, o da propulsão magnética. Ao longo dos trilhos, existem bobinas elétricas que podem ser magnetizadas em sequência, criando campos magnéticos que interagem com os ímãs no trem. Essa interação gera uma força que impulsiona o trem para frente^[22-23].

Dessa forma, a combinação da levitação magnética e da propulsão magnética permite que os trens magnéticos se movam sem atrito mecânico com os trilhos, o que resulta em velocidades mais altas, menor desgaste e menor ruído em comparação com os trens convencionais.

2.9. Metodologias do ensino

2.9.1. Taxonomia de Bloom

A Taxonomia de Bloom, proposta por Benjamin Bloom e colaboradores em 1956, é uma estrutura educacional que categoriza os objetivos de aprendizagem em seis níveis hierárquicos, abrangendo diferentes domínios cognitivos. Esses domínios incluem conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação^[54]. Esta taxonomia oferece uma maneira sistemática de pensar sobre a complexidade das habilidades cognitivas que os alunos podem desenvolver durante o processo de aprendizagem.

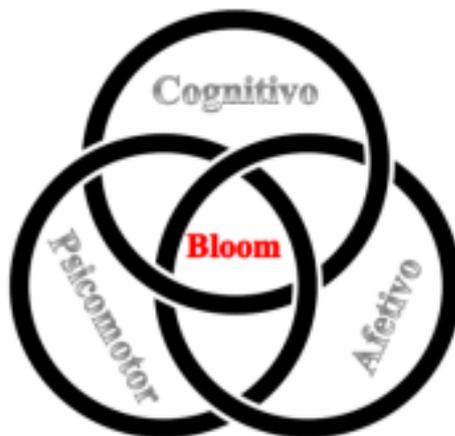


Figura 10. Domínios da Taxonomia de Bloom. Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2018.

Segundo Conklin (2005), apud Ferraz & Belhot (2010)^[40], os trabalhos de Bloom propõem uma mudança significativa na compreensão de que todos os alunos, sob as mesmas condições de ensino, alcançam resultados diversos. Eles argumentam que os estudantes não apenas aprendem de maneira diferente, mas também demonstram variações em termos de abstração e profundidade no entendimento do conteúdo estudado. Além disso, os autores destacam que a Taxonomia de Bloom e sua hierarquização dos objetivos de aprendizagem representam uma das contribuições mais significativas para os educadores, especialmente para aqueles que buscam promover o raciocínio e as habilidades de abstração de alto nível em seus alunos, sem se afastar dos objetivos instrucionais estabelecidos previamente.

De acordo com Amauro (2010)^[41], a taxonomia foi desenvolvida em três principais categorias: cognitiva, afetiva e psicomotora, as quais estão diretamente relacionadas à progressão dos alunos no contexto educacional. O domínio cognitivo engloba habilidades relacionadas à solução de problemas, criatividade e aprendizado em geral. Por sua vez, o domínio afetivo compreende processos mentais ligados à inteligência emocional e sentimental, enquanto o domínio psicomotor diz respeito às habilidades físicas. Em geral, a taxonomia é amplamente empregada no processo de ensino-aprendizagem, com ênfase especial no domínio cognitivo.

O quadro 1 apresenta os níveis cognitivos da taxonomia de Bloom, que incluem a lembrança, a compreensão, a aplicação, a análise, a síntese e a avaliação, proporcionam uma hierarquia clara para o desenvolvimento de habilidades intelectuais. Esses níveis correspondem diretamente aos processos mentais e às habilidades cognitivas mencionadas anteriormente, oferecendo aos educadores uma estrutura abrangente para planejar e avaliar o progresso dos alunos. Ao integrar os níveis de Bloom ao processo de ensino-aprendizagem, os educadores podem promover uma

abordagem mais holística e eficaz para o desenvolvimento dos alunos, abrangendo tanto os aspectos cognitivos quanto os afetivos e psicomotores^[42].

Quadro1. Estrutura da Taxonomia de Bloom no domínio cognitivo

Nível 1	É o conhecimento, que envolve a capacidade dos alunos de recordar informações, fatos e conceitos. Este é o ponto de partida para a aprendizagem, onde os alunos são expostos a novos materiais e começam a construir sua base de conhecimento. No entanto, a memorização por si só não é suficiente para uma compreensão profunda.
Nível 2	Compreensão, vai além da mera memorização, exigindo que os alunos entendam o significado e a importância do que aprenderam. Isso inclui a capacidade de interpretar informações, explicar conceitos e fazer conexões entre diferentes ideias.
Nível 3	Aplicação, requer que os alunos apliquem o conhecimento adquirido em novas situações ou contextos. Isso pode envolver a resolução de problemas, a execução de tarefas práticas ou a aplicação de conceitos em situações do mundo real
Nível 4	Análise, envolve a capacidade dos alunos de examinar as partes constituintes de um conceito ou ideia, identificando padrões, relações e estruturas subjacentes. Isso requer uma compreensão mais profunda e crítica do material.

Nível 5	Síntese, exige que os alunos integrem informações de várias fontes para criar algo novo. Isso pode incluir a criação de projetos, a escrita de ensaios ou a elaboração de soluções criativas para problemas complexos
Nível 6	Avaliação, capacita os alunos a fazerem julgamentos críticos, avaliando a validade de ideias, argumentos ou evidências. Eles são capazes de analisar diferentes pontos de vista e tomar decisões informadas com base no conhecimento adquirido.

A Taxonomia de Bloom tem sido amplamente utilizada na educação como um guia para o desenvolvimento de objetivos de aprendizagem, planos de aula e avaliações. Ela fornece aos educadores uma estrutura clara para projetar experiências de aprendizagem que promovam o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade^[43].

No entanto, é importante reconhecer que a Taxonomia de Bloom não é uma abordagem rígida e linear. Os diferentes níveis da taxonomia estão interligados e podem ser alcançados de maneira não sequencial. Além disso, a taxonomia não aborda outros aspectos importantes da aprendizagem, como habilidades socioemocionais e habilidades práticas.

Em 2001 foi realizada uma revisão do trabalho de Bloom por um de seus ex's alunos conhecido como Lorin Anderson. Em seu trabalho Anderson trouxe mudanças substanciais, especialmente na linguagem usada para descrever cada nível, substituindo substantivos por verbos como “lembrar”, “entender”, “aplicar”, “analisar”, “avaliar” e “criar”, o que enfatizou a ação e o processo de aprendizagem em cada domínio^[43].

Anderson, trouxe uma compreensão mais abrangente das habilidades cognitivas envolvidas na aprendizagem, fornecendo uma estrutura flexível e adaptável para educadores projetarem objetivos de aprendizagem e atividades de ensino que promovam o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade dos alunos. A análise detalhada dos verbos associados a cada nível da taxonomia permite uma compreensão mais precisa das habilidades cognitivas envolvidas em cada domínio, fornecendo orientação valiosa para educadores em suas práticas pedagógicas^[43].

A conexão entre a Taxonomia de Bloom e as leis de Faraday, Lenz e Ampère pode ser estabelecida através da compreensão da natureza interdisciplinar da aprendizagem e da aplicação dos conceitos científicos. A Taxonomia de Bloom descreve diferentes níveis de habilidades cognitivas, desde a simples memorização até a análise crítica e a síntese de informações. Ao aplicar esses níveis de habilidades à compreensão das leis de Faraday, Lenz e Ampère, podemos ver como os conceitos e princípios científicos são internalizados e aplicados.

No nível de "lembrar", os alunos podem memorizar as formulações matemáticas das leis de Faraday, Lenz e Ampère, bem como suas aplicações básicas. No entanto, no nível de "compreender", os alunos começam a entender o significado por trás dessas leis, reconhecendo como elas descrevem a relação entre campos elétricos e magnéticos e os fenômenos observados na natureza.

Ao avançar para os níveis mais altos da Taxonomia de Bloom, como "analisar" e "avaliar", os alunos são capazes de aplicar essas leis em contextos mais complexos. Por exemplo, eles podem analisar problemas práticos envolvendo indução eletromagnética, utilizando as leis de Faraday e Lenz para prever os efeitos de mudanças no campo magnético sobre circuitos elétricos.

Finalmente, no nível mais alto da Taxonomia de Bloom, "criar", os alunos são capazes de sintetizar seu conhecimento das leis de Faraday, Lenz e Ampère para projetar e construir dispositivos eletromagnéticos complexos, como geradores elétricos ou sistemas de transmissão de energia sem fio.

Essa conexão entre a Taxonomia de Bloom e as leis de Faraday, Lenz e Ampère destaca a importância da aplicação prática do conhecimento científico e da progressão através de diferentes níveis de habilidades cognitivas para alcançar uma compreensão profunda e significativa dos princípios fundamentais da eletricidade e magnetismo.

2.9.2. Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning - PBL)

A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) é uma metodologia educacional que tem sido amplamente adotada em diversos contextos acadêmicos, proporcionando uma abordagem inovadora e eficaz para promover o aprendizado ativo e significativo dos alunos. Originada na Escola de Medicina McMaster, no Canadá, na década de 1960, a PBL surgiu como uma alternativa ao modelo tradicional de ensino baseado em palestras, buscando enfatizar a construção do conhecimento pelos alunos por meio da resolução de problemas autênticos e desafiadores^[45].

A essência da PBL reside na sua metodologia, que envolve apresentar aos alunos problemas complexos e realistas, desafiando-os a investigar, analisar, colaborar e propor soluções. Os

problemas são geralmente abertos, ambíguos e multidisciplinares, incentivando os alunos a aplicarem o conhecimento adquirido em diferentes contextos e a desenvolverem habilidades críticas de pensamento, comunicação e resolução de problemas^[45].

Ela segue um processo estruturado composto por várias etapas cruciais que orientam a jornada de aprendizagem dos estudantes. A primeira etapa é a Identificação e Definição do Problema, na qual os alunos são apresentados a um problema complexo e desafiador. Esse problema serve como ponto de partida para o desenvolvimento do projeto e é selecionado cuidadosamente para estimular o pensamento crítico e a análise dos alunos.

Em seguida, os alunos iniciam a Investigação e Análise, onde buscam informações relevantes, coletam dados e identificam as principais questões relacionadas ao problema. Essa etapa promove a pesquisa ativa e o pensamento analítico dos alunos, permitindo-lhes compreender melhor o problema em questão^[45].

Após a investigação, os alunos passam para a Formulação de Hipóteses e Estratégias. Nesta etapa, eles desenvolvem hipóteses e estratégias para resolver o problema, estimulando a criatividade e o pensamento inovador. Os alunos trabalham em equipe para elaborar soluções potenciais e planejar como implementar suas estratégias. Com as estratégias planejadas, os alunos partem para a Execução e Implementação. Eles trabalham colaborativamente para colocar suas ideias em prática, realizando experimentos, testes e intervenções conforme necessário. Essa etapa envolve a aplicação prática do conhecimento adquirido e promove a colaboração eficaz entre os membros do grupo^[45].

Finalmente, os alunos concluem o processo com a Apresentação e Discussão das Soluções. Nesta etapa, eles compartilham suas soluções para o problema e participam de discussões reflexivas sobre o processo e os resultados alcançados. Isso promove a comunicação eficaz, a autoavaliação e a aprendizagem contínua dos alunos^[45].

No contexto do eletromagnetismo, essa metodologia pode ser extremamente eficaz para envolver os alunos e promover uma compreensão mais profunda dos conceitos e princípios subjacentes. Por exemplo, uma pergunta desafiadora que poderia ser explorada é: "Por que a agulha de uma bússola se move quando está próxima de um fio condutor com corrente elétrica passando por ele?" Essa questão pode levar os alunos a investigar os efeitos do campo magnético gerado por correntes elétricas e a compreender os princípios da lei de Ampère. Outra questão intrigante seria: "Por que a aproximação de um ímã de uma espira condutora induz corrente elétrica?" Isso poderia levar os alunos a explorar os princípios da indução eletromagnética, conforme descritos pela lei de Faraday e pela lei de Lenz. Ao enfrentar esses problemas, os alunos são desafiados a aplicar seus

conhecimentos teóricos e habilidades de resolução de problemas para entender os fenômenos eletromagnéticos na prática, promovendo uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

2.9.3. *Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning – PBL)*

A Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning - PBL) é uma abordagem educacional que coloca os alunos no centro do processo de aprendizagem, envolvendo-os em projetos autênticos e significativos que refletem desafios do mundo real. Essa metodologia oferece uma alternativa dinâmica ao ensino tradicional, permitindo que os alunos investiguem questões complexas, colaborem com colegas e apliquem o conhecimento em contextos práticos. Um dos aspectos fundamentais da PBL é a sua estruturação em fases, que incluem a definição do problema, investigação, planejamento, execução, apresentação e reflexão. Essas fases proporcionam aos alunos uma estrutura clara para o desenvolvimento e a conclusão de seus projetos, além de promoverem habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e comunicação^[44].

Os benefícios da PBL são diversos e impactam tanto o desenvolvimento acadêmico quanto socioemocional dos alunos. Através da PBL, os alunos têm a oportunidade de desenvolver habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e colaboração, fundamentais para o sucesso em suas vidas pessoais e profissionais. Além disso, a PBL promove um maior engajamento dos alunos com o conteúdo curricular, pois os projetos são contextualizados e relevantes para suas vidas. A PBL também estimula a criatividade e a autonomia dos alunos, incentivando-os a explorar diferentes abordagens para resolver problemas e tomar decisões^[44].

No entanto, a implementação eficaz da PBL pode enfrentar alguns desafios. Um dos principais desafios é a necessidade de tempo e recursos adequados para planejar e executar projetos significativos. Além disso, avaliar projetos de forma justa e objetiva pode ser um desafio, especialmente quando os resultados são subjetivos ou qualitativos. Além disso, a resistência à mudança por parte de educadores e alunos também pode ser um obstáculo, especialmente em ambientes onde o modelo tradicional de ensino é predominante.

Para superar esses desafios e maximizar os benefícios da PBL, é importante seguir algumas práticas recomendadas. Isso inclui a definição de objetivos claros e mensuráveis para os projetos, o planejamento cuidadoso das atividades e recursos necessários, a integração de *feedback* regular ao longo do processo e a avaliação contínua do progresso dos alunos. Além disso, é essencial fornecer suporte e orientação aos educadores na implementação da PBL, garantindo que eles tenham as habilidades e recursos necessários para facilitar com sucesso os projetos dos alunos^[44].

Dentro dessa metodologia os alunos podem ser desafiados a projetar e construir um modelo de trem magnético funcional. Eles podem começar pesquisando os princípios básicos da levitação magnética e do movimento linear motorizado, aplicando conceitos de eletricidade e magnetismo. Em seguida, eles podem trabalhar em equipes para projetar e construir o modelo do trem magnético. Ao final do projeto, os alunos apresentam seus modelos e compartilham suas descobertas com os companheiros de sala.

Ao utilizar a aprendizagem baseada em projetos como metodologia de uma sequência didática pode ser especialmente eficaz na promoção da aprendizagem significativa. Isso ocorre porque os projetos envolvem os alunos em atividades práticas e desafiadoras, onde eles podem aplicar seus conhecimentos teóricos de forma concreta e contextualizada.

2.10. Conceito de Sequência Didática

Uma abordagem instrucional chamada Sequência Didática (SD) é empregada no contexto escolar, consistindo em atividades planejadas e interconectadas de maneira sequencial. Seu propósito é converter fenômenos físicos em conteúdos envolventes, permitindo a construção ativa do conhecimento e envolvendo os alunos em discussões relevantes^[35]. A implementação dessa metodologia em aulas práticas, com foco na aprendizagem significativa, representa uma estratégia eficaz para introduzir métodos de ensino inovadores, motivando os alunos a explorar questões relacionadas ao fenômeno em estudo.

No âmbito da Sequência Didática, o papel do professor é crucial. Ele atua como facilitador, guiando os alunos através das diferentes etapas do processo educacional. A utilização dessa abordagem não apenas favorece a compreensão profunda dos conteúdos, mas também estimula a participação ativa dos alunos, inserindo-os no contexto da aprendizagem e incentivando a reflexão crítica^[34].

Além disso, a SD encontra grande utilidade em aulas práticas e experimentais. Ao incorporar essa abordagem em atividades, os alunos têm a oportunidade de aplicar os conceitos teóricos de maneira concreta, reforçando assim a compreensão e a retenção do conhecimento. Dessa forma, a Sequência Didática não apenas diversifica as estratégias de ensino, mas também contribui para a formação de indivíduos críticos e participativos no processo educacional.

3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para a execução deste estudo, o pesquisador realizará uma revisão bibliográfica abrangente, abordando tópicos essenciais para elucidar os fenômenos eletromagnéticos envolvidos nos experimentos, assim como conceitos correlatos que contribuam para uma compreensão aprofundada desses fenômenos. Subsequentemente, procederá à montagem dos experimentos, desenvolvendo um tutorial que delineará sistematicamente os passos para a construção dos dispositivos. Esse material instrucional será elaborado com o intuito de oferecer uma explicação didática, adaptando o conteúdo de maneira apropriada ao contexto do ensino médio.

O processo na instituição de ensino onde esta sequência didática será implementada deve começar com uma discussão junto à administração escolar e ao corpo pedagógico. É essencial obter a devida autorização para a aplicação dessa metodologia, preferencialmente formalizada por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em relação à condução da pesquisa. Adicionalmente, o educador precisa elucidar a natureza experimental da proposta de ensino e aprendizagem, explicando a finalidade da pesquisa aos alunos envolvidos.

Esta proposta de sequência didática surge como uma abordagem de ensino ativo, para aulas de cinquenta minutos, empregando experimentos de baixo custo para explorar diversos tópicos de Eletromagnetismo. Seu propósito principal é abordar as possíveis dificuldades que os alunos possam enfrentar na compreensão de conceitos físicos específicos. Destinada ao Ensino Médio, a sequência foi planejada para ser executada ao longo alguns encontros. É importante ressaltar que, caso a escola não disponha de um laboratório experimental, os encontros podem ser realizados diretamente na sala de aula.

No primeiro encontro, o professor inicia os trabalhos explicando aos alunos toda a estrutura da sequência didática, que parte de um questionário diagnóstico até as aulas experimentais com perspectivas de uma aprendizagem significativa como forma de implementar maneiras diferenciadas de ensino do Eletromagnetismo. O questionário diagnóstico pode ser aplicado individualmente, em duplas, em trio ou em equipes de quatro componentes. No Quadro 2, encontram-se as questões da avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios a serem respondidas pelos educandos.

Quadro 2. Avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios?

1)	O que é ímã?
2)	Quais materiais são atraídos por um ímã?
3)	O que é uma bússula?
4)	Para que serve uma bússula?
5)	Por que a agulha de uma bússula sempre aponta para a região do polo Norte Geográfico da Terra?
6)	Você já ouviu falar sobre campo magnético? Se sim, o quê?

Este diagnóstico visa identificar os conhecimentos prévios dos alunos, orientando-os na direção dos novos conhecimentos e da metodologia experimental que serão abordados nas atividades subsequentes. Dessa forma, os estudantes têm a oportunidade de perceber os elementos relevantes do processo de ensino e aprendizagem, adaptando-se à estrutura cognitiva individual de cada um. Após a conclusão do diagnóstico, os conteúdos iniciais de Eletromagnetismo, que abordam os fenômenos magnéticos, podem ser explorados. A partir dessa aula, os alunos já terão adquirido conhecimentos suficientes para participar das primeiras atividades experimentais propostas.

Para a segunda aula da SD, realiza-se uma atividade experimental de caráter investigativo intitulado de “Introdução ao Magnetismo”. Para essa atividade, o professor deve solicitar a formação de equipes que receberão um kit com os materiais a serem utilizados na atividade. Os kits podem ser oferecidos pela escola, porém, caso isso não seja possível, o professor pode solicitar que os alunos tragam os materiais de casa. O roteiro a ser seguido é exposto no Quadro 3, como segue.



Figura 11. Kit utilizado na segunda aula. Fonte: Autor

Quadro 3. Roteiro de atividade 1

Introdução ao Magnetismo
Objetivo: Construir a ideia de Campo magnético e interação entre campos
Materiais: Bússolas, ímãs, pregos de ferro, moedas de aço, cliques de aço, lacres de alumínio e fios de cobre.
Procedimentos e Questionário
Coloque a bússola sobre a mesa e movimente-a.
1ª) O que a agulha da bússola apontava?
Utilizando duas bússolas, coloque uma fixa sobre a mesa e movimente a outra em torno da primeira, mantendo-as sempre bem próximas.
2ª) Uma bússola exerce alguma influência sobre a outra? Como você explica o que foi observado?
Coloque agora um dos ímãs fixo sobre a mesa e movimente a bússola em volta do mesmo.
3ª) Qual o comportamento da agulha da bússola? Qual a explicação para isso?
4ª) Você notou diferença no comportamento da agulha nas proximidades dos dois lados do ímã? Que diferença foi essa?
5ª) Se há diferença de comportamento entre os lados, dê um nome para cada um deles e identifique-os?
Com os dois ímãs sobre a mesa, aproxime os extremos dos dois ímãs, faça todas as combinações possíveis.
6ª) Qual a conclusão que você pode tirar do comportamento observado?
Com um kit formado por um ímã, 3 clips de aço, uma moeda de 10 centavos de real, 3 lacres de latinha de refrigerante de alumínio, 2 pedaços de fio de cobre e 2 pregos de ferro, aproxime o ímã de cada um dos objetos.
7ª) Quais objetos foram atraídos pelo ímã?
8ª) Qual a conclusão que você pode tirar desse comportamento observado?

O objetivo dessa atividade é construir uma ideia de como ocorre a interação dentro de um campo magnético utilizando a prática investigativa. Esse tipo de atividade favorece o processo de ensino e aprendizagem, pois aproxima o cotidiano do aluno à investigação científica. E, pode aguçar o interesse dos alunos aos conteúdos do Eletromagnetismo proposto porque a execução dos experimentos conduz os mesmos a uma reflexão mais aprofundada do fenômeno magnetismo^[52]. Ao final dos experimentos, o professor deve comunicar que no próximo encontro os conteúdos

referentes a essa atividade serão abordados de forma teórica e dialogada, e que podem ser pesquisados no livro didático adotado, livros da biblioteca da escola ou em sites da internet.

No terceiro encontro, o professor deve ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo “Campo Magnético”, para explicar o surgimento do magnetismo, as características dos ímãs e como se dá a atuação de um campo magnético. A aula deve ser ministrada sempre relacionando as questões abordadas nos questionários propostos anteriormente para aprofundamento do conteúdo estudado pelo aluno, assim, o mesmo ancora os conhecimentos adquiridos durante os experimentos ao novo conhecimento. Em seguida, o professor pode promover uma roda de discussão para que os estudantes possam comentar seus pontos de vista em relação ao conteúdo e forma de ministração do mesmo, além de expor suas opiniões sobre a proposta inicial da sequência didática. Ao final do encontro, o professor apresenta a proposta do próximo encontro, sugerindo uma pesquisa sobre os eletroímãs, tema do próximo encontro.

A quarta aula segue com a realização de uma atividade experimental investigativa com o título de “Produzindo um eletroímã caseiro”. O professor deve solicitar que equipes sejam formadas, e em seguida faça a entrega dos materiais a serem utilizados no experimento. Essa tarefa tem como finalidade a observação do campo magnético de um solenoide percorrido por uma corrente elétrica, como mostra a Figura 11.



Figura 12. Eletroímã caseiro. Fonte: Autor

O objetivo dessa experiência é levar o estudante a observar o que acontece com o campo magnético quando um fio condutor em forma de um solenoide é percorrido por uma corrente elétrica. E, quais os elementos influenciam na intensidade com que o eletroímã atrai os utensílios metálicos. O roteiro da atividade encontra-se no Quadro 4, como segue.

Quadro 4. Roteiro de Atividade 2.

Produzindo um Eletroímã Caseiro

Objetivo: Confeccionar um eletroímã simples em sala de aula.
Fio condutor de cobre esmaltado; pilha grande comum de 9,0 V; prego de aço grande; lixa; cliques, tachinhas e outros objetos metálicos susceptíveis à atração magnética
Procedimentos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para fazer o solenoide, enrole o fio condutor em torno do prego feito de aço. Deve-se deixar livre duas pontas do fio condutor de aproximadamente 10 cm de comprimento, para a conexão com a pilha. 2. Lixem as duas extremidades do fio. 3. Ligue as extremidades do fio aos polos da pilha. 4. Aproxime o eletroímã de pequenos objetos metálicos com pesos e tamanhos diferentes para observar a intensidade da força de atração. 5. Aumente o número de espiras (voltas no fio) e observe se o campo magnético aumentou ou diminuiu de intensidade. 6. Retire o prego do interior do eletroímã e repita os procedimentos acima, comparando a sua força de atração com a do eletroímã completo.
Questionário
1ª) O número de voltas dadas no fio da bobina afeta a intensidade com que ele atrai os objetos metálicos?
2ª) Com o prego no interior da bobina, o que acontece com a intensidade da atração?
3ª) Este é o instrumento básico para muitos dispositivos eletromagnéticos, por exemplo, a campainha. Com base no que foi descrito nesta atividade, você pode descrever o seu funcionamento?
(4ª) Quais as aplicações práticas dos eletroímãs?

Seguindo a programação da sequência didática, no quinto encontro, o docente deve ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o tema “Campo magnético gerado por corrente elétrica”, explicando o comportamento magnético em um condutor retilíneo, em um condutor circular e no interior de um solenoide. Em seguida, o professor promove uma roda de discussão pedindo aos alunos que comentem sobre a montagem do experimento do eletroímã e que analisem as respostas dadas nos questionamentos do roteiro da referida atividade, e exponham as dúvidas a respeito do conteúdo. Ao final do encontro, o professor apresenta a proposta da próxima aula, sugerindo uma pesquisa sobre Motores elétricos simples, que faz parte do próximo encontro da SD.

No sexto encontro da SD, é realizada outra atividade experimental investigativa cujo título é: “Construindo um motor elétrico simples”. O professor deve solicitar que sejam formadas equipes, e, em seguida, é realizada a entrega dos materiais a serem utilizados no experimento. Os três experimentos a serem realizados pelas equipes são ilustrados na Figura 12.

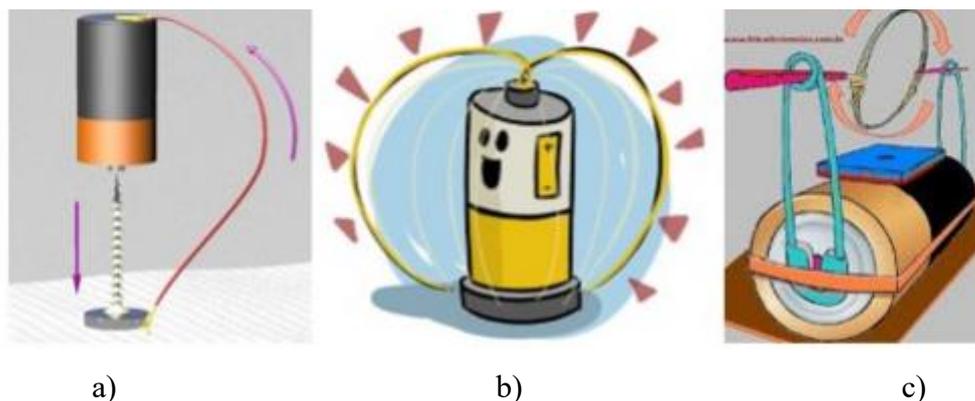


Figura 13. Ilustrações dos experimentos do encontro 6. Fonte: (a) e (b)

<https://www.passeidireto.com/arquivo/35699813/motor-de-faraday-finalizado-relatorio> e (c)

<https://www.imas-neodimio.com/news/Motor-M-nimo-67.html>

A confecção dos três motores elétricos simples distintos pode ser escolhida de forma aleatória ou através de sorteio, isso fica a cargo do professor. O roteiro para realização das três atividades ilustradas na Figura 10, encontra-se no Quadro 5.

Quadro 5. Roteiro da atividade 3.

Produzindo um Motor Elétrico Simples		
Objetivo: Confeccionar três motores elétricos simples em sala de aula		
Material motor a	Material motor b	Material motor c
Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, ímã de neodímio e parafuso simples de rosca.	Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, pincel atômico, ímãs de neodímio	Fio de cobre esmaltado, pilha comum de 1,5 V, ímã de autofalante, clips metálicos; fita isolante; lixa, suporte de madeira.
Procedimento motor a	Procedimento motor b	Procedimento motor c

<ul style="list-style-type: none"> - Coloque o ímã de neodímio na cabeça do parafuso; - Encoste a ponta do parafuso no terminal positivo (saliência) da pilha. Não se preocupe, o ímã manterá o parafuso “grudado” na pilha e não cairá; - Encoste uma extremidade do fio no terminal negativo da pilha e o mantenha nessa posição, pressionando com o dedo; - Encoste levemente a outra extremidade do fio à lateral do ímã de neodímio e veja o que acontece. 	<ul style="list-style-type: none"> - Com o fio de cobre, faça 5 voltas em espiral envolta do pincel atômico; - Em um dos lados da espiral, faça um círculo, de base reta, de tamanho em que o ímã consiga passar livremente; - No outro lado, faça um gancho virado para dentro da espiral; - Junte a pilha com os ímãs de neodímio; - Coloque a pilha com os ímãs dentro da espiral; - Solte a espiral que irá girar em volta da pilha. 	<ul style="list-style-type: none"> - Construa uma bobina com o fio de cobre, enrolando de 5 a 10 voltas em torno da pilha, deixando duas pontas livres; - Monte os suportes da bobina usando os cliques metálicos; - Anexe os suportes à pilha, usando a fita isolante; - Lixe as pontas da bobina; - Apoie a bobina nos suportes; - Coloque o ímã próximo da bobina; - Dê um impulso inicial na bobina para dar a partida.
Discussão das equipes		
Equipe a	Como podemos variar a velocidade de giro do parafuso?	
Equipe b	Como podemos variar a velocidade de giro da espiral?	
Equipe c	Como podemos variar a velocidade de giro da bobina?	

O objetivo dessa experiência é direcionar o estudante a observar o que acontece com o campo magnético quando uma corrente elétrica circula numa espira. Ou seja, observar a indução do campo magnético ao converter energia elétrica em energia mecânica, que é a função principal de um motor elétrico.

O sétimo encontro inicia-se com o professor ministrando uma aula expositiva sobre o conteúdo Força magnética, que relaciona a investigação realizada no experimento do motor elétrico com a teoria que explica o funcionamento de alguns eletrodomésticos. Nesta aula, explica-se a atuação da força magnética sobre um corpo eletrizado e sobre um condutor retilíneo, além de abordar o efeito de rotação produzido pela ação de uma força magnética. Em seguida, o professor fará intermediação em uma roda de discussão para que os discentes possam comentar sobre as dificuldades que encontraram na confecção dos experimentos realizados.

Depois de esclarecer todas as dúvidas, o professor coordenará a formação das equipes que farão a demonstração experimental da atividade de produção de um trem magnético e entregará o roteiro dessa atividade que se encontra no quadro 6.

Quadro 6. Roteiro da atividade 4

Produzindo um Trem Magnético
Objetivo: Confeccionar um trem magnético.
Materiais
pilha do tipo AAA; dois ímãs com diâmetros ligeiramente superiores ao da pilha (aproximadamente 1 cm de diâmetro); fio de estanho (pode ser substituído por fio de cobre sem esmalte) com 1 mm de diâmetro; e um cilindro com cerca de 1,30 cm de diâmetro (um tubo de canetão, por exemplo).
Procedimentos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Enrole o estanho em volta do canetão, onde as voltas têm de estar o mais junto possível uma da outra. 2. Defina a polaridade dos ímãs, marcando-as para identificação. 3. Conecte os ímãs aos polos da pilha, conforme a figura abaixo. 4. Coloque o conjunto, formado pela pilha e os ímãs, dentro do túnel helicoidal de estanho e dê um pequeno impulso para iniciar o movimento. 5. O conjunto (pilha e ímãs) se moverá dentro do túnel, que passará a sofrer uma força magnética no mesmo sentido do movimento.
Discussão
Explique o princípio de funcionamento desse experimento



Figura 14. Protótipo do trem magnético. Fonte: Autor

No oitavo encontro, aborda-se o tema da Indução magnética, através de uma aula expositiva e dialogada, para explicar a geração de corrente elétrica por fenômenos eletromagnéticos, e como a voltagem é induzida com o movimento de um ímã próximo a um condutor estacionário. Explica-se também, nessa aula, que a indução eletromagnética está presente no nosso cotidiano, através de barreiras eletrônicas de trânsito, nos carros híbridos, em detectores de metais e nos scanners e leitores óticos. O final da aula deverá ser destinado para sanar todas as dúvidas sobre a montagem do experimento do trem magnético caseiro, que deverá estar em fase final de construção.

No penúltimo encontro, deve ocorrer a exposição da atividade experimental com o título de “Produzindo um trem magnético”. A Figura 13, ilustra como será o experimento depois de pronto e em funcionamento.

A atividade consistirá no desenvolvimento do movimento de um sistema formado por uma pilha AAA adicionada a dois ímãs no interior de uma espiral feita de estanho (ver Figura 13). O sistema é um protótipo que imita um trem magnético cujo movimento ocorrerá dentro do circuito projetado com a espiral de estanho. Neste experimento os alunos observarão que a pilha AAA com os ímãs de neodímio em seus polos se movimenta sem tocar o “trilho” (espiral de estanho), dando a impressão de que ele está flutuando. O protótipo simula o princípio de funcionamento dos trens maglev, de alta velocidade, que se movimentam utilizando esse sistema magnético, sem rodas, eixos ou transmissão mecânica.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. *Apresentação dos resultados obtidos no experimento*

Na primeira etapa, ao conectar a pilha AAA ao arame de estanho, estabelece-se um circuito elétrico fechado, pois temos os elétrons da pilha migrando para os ímas (que são de metais) e os ímas em contato com o arame de estanho, permitindo que a corrente flua pelo arame. Esse fluxo de corrente, conforme a Lei de Ampère, resulta na criação de um campo magnético ao redor do arame, ilustrando de forma palpável a influência dos elétrons em movimento^[20].

A segunda etapa envolve a interação entre o campo magnético gerado pelo arame e os superímãs. A orientação desses superímãs cria uma força de repulsão, dependendo da disposição dos polos magnéticos. Essa interação magnética é essencial para compreender como os trens magnéticos reais se movem sem contato físico com os trilhos^[27].

No experimento com trens magnéticos, utilizando uma pilha, arame de estanho e superímãs, a dinâmica do movimento é governada pelos princípios fundamentais da física, especificamente pela interação entre campos magnéticos. A compreensão desse processo revela a essência do experimento.

Quando a pilha (fazendo parte do trem) é movida e percorre pelo arame de estanho (representando os trilhos), há uma variação no fluxo magnético entre os trilhos (arame) e os superímãs conectados à pilha. Conforme a Lei de Faraday, essa variação no fluxo magnético induz uma corrente elétrica no circuito, especificamente no arame de estanho. Essa corrente elétrica é crucial para a criação do campo magnético ao redor do arame, de acordo com a Lei de Ampère^[28].

Os ímas, que fazem parte do circuito e estão conectados à pilha, também desempenham um papel crucial nesse cenário. Ao gerarem seus próprios campos magnéticos, ocorre uma interação magnética entre o campo criado pela corrente no arame e os campos magnéticos dos superímãs. Essa interação resulta na manifestação de forças magnéticas entre eles^[15].

A Lei de Lenz entra em cena quando a pilha é movida pelos trilhos (arame de estanho). Conforme essa lei, a corrente induzida pela movimentação age de maneira a se opor à mudança que a produziu. Neste contexto, a corrente se opõe ao deslocamento dos superímãs pelos trilhos, criando uma força magnética que impulsiona os trilhos para frente^[12]. O movimento da pilha ao longo dos trilhos é resultado direto da interação magnética entre a corrente no arame, os superímãs e a oposição magnética gerada pela Lei de Lenz. Essa interação cria um sistema dinâmico, onde a pilha é impulsionada pela força magnética, proporcionando um movimento contínuo e, conseqüentemente, aceleração e velocidade. Assim, a aceleração da pilha ocorre devido à constante atuação da força

magnética durante a circulação da corrente, enquanto a velocidade é a expressão tangível dessa aceleração ao longo do tempo. Esse experimento não apenas ilustra conceitos fundamentais da física, mas também exemplifica como a interação magnética pode ser aplicada de maneira prática e didática^[12].

5. CONCLUSÃO

Os experimentos da SD são ferramentas pedagógicas eficazes para o ensino de Física. Eles oferece uma abordagem prática e envolvente para compreender conceitos fundamentais de eletricidade, magnetismo e forças magnéticas, transcendendo a tradicional abordagem teórica. Ao interagir com a pilha, arame e ímãs, os alunos podem explorar os princípios físicos, como a Lei de Faraday, Lei de Lenz e Lei de Ampère, visualizando diretamente como esses conceitos se manifestam na prática.

Além disso, os experimentos estimulam a investigação científica e o pensamento crítico dos alunos, ao proporcionar um ambiente propício à experimentação e permitir que eles explorem diferentes variações no experimento. Essa liberdade de exploração contribui para o desenvolvimento da curiosidade científica e da habilidade de questionamento, tornando os experimentos propostos uma ferramenta educacional valiosa para promover uma compreensão mais profunda e aplicada dos conceitos físicos fundamentais.

Para ampliar a aplicabilidade dos experimentos diversos níveis educacionais, propõem-se adaptações pedagógicas e atividades complementares. Para alunos iniciantes, sugere-se explorar diferentes materiais magnéticos e integrar o experimento em atividades que abordem construção de circuitos elétricos simples, promovendo uma compreensão mais ampla das relações entre eletricidade e magnetismo. No ensino médio, a análise de dados e a inclusão de conceitos avançados, como a resistência elétrica em circuitos magnéticos, podem aprofundar o entendimento dos alunos. Para o ensino superior, a integração de ferramentas de modelagem computacional e desafios práticos de experimentação promovem uma aplicação mais ampla das teorias físicas, enriquecendo a experiência de aprendizado dos estudantes.

A análise dos resultados revelou que os experimentos são facilitadores na explicação de conceitos complexos e abstratos, destacando sua contribuição significativa para a formação de estudantes mais engajados e aptos a aplicar princípios físicos em situações do mundo real. A síntese dos principais resultados enfatiza a relevância dos experimentos aplicados como uma ferramenta educacional integral, estimulando a conexão entre teoria e aplicação, e proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento acadêmico dos alunos.

No contexto das considerações finais, é imperativo olhar para o futuro, considerando o constante avanço das abordagens pedagógicas. A pesquisa e o ensino de Física podem se beneficiar da expansão do acesso a tecnologias de simulação, do desenvolvimento de materiais didáticos interativos e de estratégias que promovam a inclusão e diversidade no ensino de Ciências. Nesse sentido, a continuidade da pesquisa e a colaboração com educadores são fundamentais para

aprimorar o experimento do trem magnético e impulsionar inovações significativas no campo do ensino de Física.

REFERÊNCIAS

- [1]. RODRIGUES, N. Educação: da formação humana à construção do sujeito ético. **Educação & Sociedade**. V. 22, n. 76 p. 232-257, 2001.
- [2] BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27833.
- [3]. MORAES, J. UP e JÚNIOR, R.S.S. Experimentos didáticos no Ensino de Física com foco na aprendizagem significativa. **Latim American Journal Of Physics Education**. V.9, n.2, p.1-5, 2015.
- [4]. MOREIRA, M.A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**. V.32, p. 73-80, 2018.
- [5]. REIS, Elival Martins., SILVA, Otto H M. Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física. **Cadernos Intersaberes**, vol. 1, n.2, p.38-56, 2013.
- [6]. BATISTA, Michel Corci., FUSINATO, Polônia Altoé., BLINI, Ricardo Brugnole. **Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física**. Acta Scientiarum Human and Social Sciences, 2009.
- [7]. MOURÃO, M.F. SALES, G.L. O uso do ensino por investigação como ferramenta didático-pedagógica no ensino de Física. **Experiências no Ensino de Ciências**. V.13, n. 5, p.428-440, 2018.
- [8]. SILVA, R.M. **Uso de experimentos no ensino de Física: circuitos elétricos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Física. PUC- GOIÁS, 2022.
- [9]. BENFICA, K.F.G. As contribuições do uso de experimentos no ensino – Aprendizado de Física. **Brazilian Journal of Development**. V.6, n.6. p. 33686-33703, 2020.
- [10]. M. S. T. DE ARAUJO E M. L. V. DOS S. ABIB, **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.25, 176 (2003).
- [11]. J. C. DOS SANTOS E A. G. DICKMAN, **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.41, 1 (2019)
- [12]. GRIFFITHS, D. J. (1999). **Introduction to Electrodynamics**. Prentice Hall.
- [13]. PURCELL, E. M. (1985). **Electricity and Magnetism**. Cambridge University Press.
- [14]. JACKSON, J. D. (1999). **Classical Electrodynamics**. John Wiley & Sons.
- [15]. HALLIDAY, D., RESNICK, R., & WALKER, J. (2013). **Fundamentos de Física, Volume 3: Eletromagnetismo**. LTC Editora.
- [16]. SERWAY, R. A., JEWETT JR, J. W. (2013). **Princípios de Física: Eletricidade e Magnetismo**. Cengage Learning.
- [17]. PURCELL, E. M. (2013). **Electricity and Magnetism**. Cambridge University Press.
- [18]. DIAS, V.H.A, DIAS, P.M.C. Escrevendo o “Livro da Natureza” na linguagem da matemática: A Lei de Ampere. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.37, n.4601-1-4601-13, 2015.
- [19]. HESSEL, R. FRESCHI, A.A. SANTOS, F.J. Lei de indução de Faraday: Uma verificação experimental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.1, n.1506-1-4601-7, 2015.
- [20]. YOUNG, H.D. & FREEDMAN, R. A. **Física III, Eletromagnetismo**. 14a. ed. São Paulo: Editora Pearson Brasil, 2016.
- [21]. FITZPATRICK, M. **Principles of Electric Machines and Power Electronics**. Editora: John Wiley & Sons, 2014
- [22]. HAN, J., & CHEN, S. **Maglev Train Technologies and High-Speed Rail Programs: A Comprehensive Guide to Advanced Magnetic Levitation Technology**. Editora: Springer, 2014
- [23]. TROWBRIDGE, F. **Magnetic Levitation: Maglev Technology and Applications**. Editora: Springer, 2007.
- [24]. DORF, R. C., & SVOBODA, J. A. **Introduction to Electric Circuits**. Editora: John Wiley & Sons, 2016.
- [25]. BOYLESTAD, R. L., & NASHELSKY, L. **Electronic Devices and Circuit Theory**. Editora: Pearson, 2017.
- [26]. NILSSON, J., & RIEDEL, S. **Electric Circuits**. Editora: Pearson, 2016.

- [27]. JILES, D. **Introduction to Magnetism and Magnetic Materials**. Editora: CRC Press, 2015.
- [28]. BAUER, W. WESTFALL, G.D, DIAS, H. **Física para Universitários: Eletricidade e Magnetismo**. Editora: AMGH, 2012.
- [29]. SANTOS, P.R.S. **O uso de experimentos de baixo custo como instrumento para o ensino de Física no Ensino Básico**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós – graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- [30]. PAIVA, K.V.M. **A abordagem humanista no Ensino de Física: uma proposta com experimentos de baixo custo**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2022.
- [31]. SOUZA, I.M, CARVALHO, M.A. Experimentos de física utilizando materiais de baixo custo e fácil acesso. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor pde**, SBN 978-85-8015-080-3 Cadernos PDE. 2014.
- [32]. JESUS, R.S. SOUZA, R.S. Ensino de Física contextualizado: Estabelecendo relações entre a termodinâmica e a eletricidade. **Experiências em Ensino de Ciências**. V. 18, n. 2. P. 247-271, 2023.
- [33]. 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 pde**, SBN 978-85-8015-093-3 Cadernos PDE. 2016.
- [34]. MORELATTI, M.R.M. RABONI, P.C.A. TEIXEIRA, L.R.M. ORTEGA, E.M.V. FÜRKOTTER, M. RABONI, E.A.R.S. RAMOS, R.C. Sequências didáticas descritas por professores de matemática e de ciências naturais da rede pública: possíveis padrões e implicações na formação pedagógica de professores. **Ciênc. Educ.** v. 20, n. 3, p. 639-652, 2014.
- [35]. ZABALA, A. **A prática Educativa: Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1998.
- [36]. GIFONNI, R.T. TORRES, R.M. Breve história da eletrocardiografia. **Rev Med Minas Gerais**, V. 20, n.2 p-263-270, 2010.
- [37]. SERWAY, R. A, JEWETT, J. W, WILSON, J. **Física para Cientistas e Engenheiros (Vol. 3)**. Ed: Cengage Learning, 2014.
- [38]. MOON, F. C. **Magnetic Levitation: Maglev Technology and Applications**. Ed: John Wiley & Sons, 2005.
- [39]. MATSUI, T. **Magnetic Levitation: Developments and Perspectives of Superconducting Maglev Technology**. Ed: Springer, 2013.
- [40]. FERRAZ, A. P. D. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instruconais. **Gestão Produção**, p. 423, 2010.
- [41]. AMAURO, N. Q. **Os concursos vestibulares das universidade estaduais paulistas e o ensino de Química no nível médio**. São Carlos: USP, 2010.
- [42]. RODRIGUES, M.P. **A taxonomia de bloom aplicada à questões de física**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.
- [43]. ANDERSON, L. W. E. A. **A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision**. Nova York: Addison Wesley Longman, 2001.
- [44]. KOKOTSAKI, D. MENZIES, V. WIGGNS, A. Project-based learning: A review of the literature. **Improving Schools**. v.9, n.3 p- 267-277, 2010.
- [45]. ZAKARIA, M.I, MAAT, S.M, KHALID, F. A Systematic Review of Problem Based Learning in Education. **Creative Education**. v. 10, p- 2671-2688, 2019.
- [46]. ERNEST, D.C. HODGE, A. YOSHINOBU, S. What Is Inquiry-Based Learning? **Doceamus**. v.64, n.6, p-570-574, 2017.
- [47]. SVINICKI, M. A theoretical foundation for discovery learning. **Advances in physiology education**. v.20, n. 1, p- 4- 7, 1998.
- [48]. PUENTE, S.M.G, van EIJCK, M. JOCHEMS, W. A sampled literature review of design-based learning approaches: a search for key characteristics. **Int J Technol Des Educ**. v.23, p- 717-732, 2012.

- [49]. SCHENEIDERS, L.A. **O método da sala de aula invertida (flipped classroom)**. Ed. da Univates, 2018.
- [50]. MASSON, T. J. MIRANDA, L.F, SILVA, G.T. Aprendizagem invertida: ensino híbrido em aulas de física geral dos cursos de engenharia. *Brazilian Applied Science Review*. v,2 n.1. p- 102-118, 2018.
- [51]. CAMILLO, C.M Blended Learning: uma proposta para o ensino híbrido. **Revista EaD & tecnologias digitais na educação**. v.5, n. 7, p- 64-74, 2017.
- [52]. SEREIA, D. A. O. e PIRANHA M. M. **Aulas práticas investigativas: uma experiência no ensino fundamental para a formação de alunos participativos**. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Ciencias/Artigos/aulas_prat_investig.pdf>. Acesso em: 07/02/2024 às 22:58.
- [53]. Nahin, P. J. **Maxwell's Equations and the Principles of Electromagnetism**. Ed:Springer, 2015.
- [54]. BLOOM, B. S. **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals: Handbook I, Cognitive Domain**. New York: McKay, 1956.