



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**OSVALDO FARIAS ALVES**

**FARADAY E AS ESPIRAS: UMA PROPOSTA HISTÓRICO-INVESTIGATIVA  
PARA O ESTUDO DA CORRENTE INDUZIDA**

**CAMPINA GRANDE  
2024**

**OSVALDO FARIAS ALVES**

**FARADAY E AS ESPIRAS: UMA PROPOSTA HISTÓRICO-INVESTIGATIVA  
PARA O ESTUDO DA CORRENTE INDUZIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Física e Sociedade.

**Orientador:** Prof. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Bispo da Silva

**Coorientador:** Prof. Dr. Jose Antonio F. Pinto

**CAMPINA GRANDE  
2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A474f Alves, Osvaldo Farias.  
Faraday e as espiras [manuscrito] : uma proposta histórico-  
investigativa para o estudo da corrente induzida / Osvaldo  
Farias Alves. - 2024.  
145 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) -  
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e  
Tecnologia, 2024.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva,  
Departamento de Física - CCT. "

"Coorientação: Prof. Dr. Jose Antônio F. Pinto ,  
Departamento de Física - CCT. "

1. Indução eletromagnética. 2. Abordagem histórico-  
investigativa. 3. Sequência didática. 4. Ensino de Física. 5.  
Experimentação científica. I. Título

21. ed. CDD 530

**OSVALDO FARIAS ALVES**

**FARADAY E AS ESPIRAS: UMA PROPOSTA HISTÓRICO-INVESTIGATIVA  
PARA O ESTUDO DA CORRENTE INDUZIDA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de mestre.

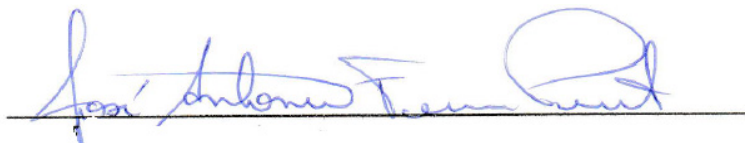
**Área de concentração:** Física e Sociedade.

Aprovada em: 05/07/2024.

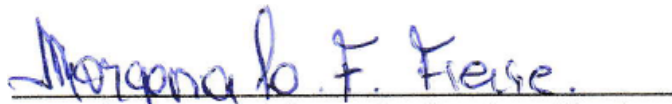
**BANCA EXAMINADORA**



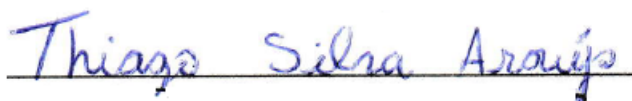
Prof. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Bispo da Silva (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr Jose Antonio Ferreira Pinto (Coorientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/SEEDPB)



Prof. Dr<sup>a</sup> Morgana Ligia de Farias Freire  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Thiago Silva Araujo  
Secretaria Estadual de Educação (SSED/PB)

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter me dado sabedoria e força para enfrentar e superar os meus obstáculos.

A Verinha, minha esposa, pelo amor, carinho, paciência, incentivo e compreensão durante a realização deste mestrado.

Ao meu pai Saulo Pereira (in memoria), a minha mãe Alice Farias Alves, por compreender a minha ausência neste período.

A minha orientadora Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Bispo da Silva pela confiança, paciência e disposição que ajudou a tornar possível a construção desse trabalho.

Ao professor Dr. José Antonio Pinto pelas contribuições profissionais, e por estar sempre disposto a ensinar.

A todos os professores do Curso de MNPEF da UEPB, por todo ensinamento.

Aos colegas e às colegas de trabalho da Escola Estadual Maria Balbina Pereira, em especial a diretora da escola, Daniela Ramos pelo apoio e compreensão.

Aos colegas professores da UFCG/CDSA, Vanderlan, Janduy e Adriano por todo apoio e incentivo.

Aos colegas do curso de mestrado pelos momentos de amizade e apoio.

Aos meus estudantes que me proporcionaram momentos de felicidade e foram essenciais para a concretização e sucesso das aulas.

Aos meus filhos EJC, Gizelly, Anna Luísa, Amanda, Arthur, Bia, Clara, Cleciano, Eddie, Fabricia, Giovana, Guilherme, Jailma, João Vitor, Luiz, Mateus e Rially

A SBF e CAPES pela oportunidade ao oferecer este mestrado e pela concessão da bolsa de estudos.

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.**

## RESUMO

Com o fim da pandemia, a transição do ensino remoto para o presencial apresenta desafios pedagógicos, especialmente em manter o engajamento dos estudantes nas aulas de Física. Uma abordagem eficaz é usar estratégias que transformem estudantes passivos em ativos. No ensino da indução eletromagnética, é desafiador transmitir a compreensão da geração de corrente elétrica pela variação do fluxo magnético de forma significativa. Questionamos: como um experimento histórico de Faraday pode contribuir para o ensino do eletromagnetismo? Nosso objetivo foi elaborar e implementar uma sequência didática baseada na Abordagem Histórico-Investigativa (AHI), focada na corrente induzida de Faraday. A metodologia envolveu investigar os experimentos de Faraday de 1830-1832 e adaptar esses experimentos ao contexto educacional atual. A sequência didática guiou os estudantes na compreensão dos princípios da geração de corrente induzida a partir dos experimentos de Faraday. A fundamentação teórica se baseou na abordagem "especulativa" de Faraday, que explora resultados anteriores, formula hipóteses e varia parâmetros para estabelecer regras empíricas. A análise do artigo "Pesquisas Experimentais em Eletricidade", apresentado à Royal Society em 1831, serviu como cenário investigativo. A investigação detalhada dos 139 parágrafos do artigo de Faraday proporcionou uma compreensão dos experimentos e das variações que foram analisadas. A implementação da AHI permitiu que os estudantes compreendam os conceitos teóricos da indução da corrente induzida seguindo os passos de Faraday. Isso estimula o desenvolvimento do pensamento crítico e a conexão entre teoria e prática. Integrar a história da ciência à investigação ativa torna o ensino contextualizado e envolvente, promovendo uma compreensão profunda dos fenômenos e incentivando a autonomia dos estudantes na construção do conhecimento. Os resultados indicam que a AHI melhorou a compreensão teórica e prática dos estudantes, promovendo uma aprendizagem significativa e contextualizada. A integração da História da Ciência com atividades investigativas enriquece o processo de ensino-aprendizagem, facilitando o entendimento dos fenômenos científicos e promovendo habilidades críticas e autonomia dos estudantes. Concluímos que a AHI no ensino de eletromagnetismo, com foco nos experimentos de Faraday, foi eficaz para promover uma aprendizagem significativa e contextualizada. Esta abordagem facilitou a compreensão teórica e estimulou o

desenvolvimento de habilidades científicas e críticas, preparando os estudantes para desafios futuros e contribuindo para a formação de indivíduos.

**Palavras chaves:** indução eletromagnética; abordagem histórico-investigativa; experimentação; sequência didática; ensino de Física.

## ABSTRACT

With the end of the pandemic, the transition from remote to in-person teaching presents pedagogical challenges, particularly in maintaining student engagement in Physics classes. An effective approach is to use strategies that transform passive students into active learners. In teaching electromagnetic induction, it is challenging to convey the understanding of generating electric current through the variation of magnetic flux meaningfully. We question: how can a historical experiment by Faraday contribute to the teaching of electromagnetism? Our goal was to design and implement a didactic sequence based on the Historical-Investigative Approach (HIA), focused on Faraday's induced current. The methodology involved investigating Faraday's experiments from 1830-1832 and adapting these experiments to the current educational context. The didactic sequence guided students in understanding the principles of generating induced current from Faraday's experiments. The theoretical foundation was based on Faraday's "speculative" approach, which explores previous results, formulates hypotheses, and varies parameters to establish empirical rules. The analysis of the article "Experimental Researches in Electricity," presented to the Royal Society in 1831, served as an investigative scenario. The detailed investigation of the 139 paragraphs of Faraday's article provided an understanding of the experiments and the variations that were analyzed. Implementing the HIA allowed students to comprehend the theoretical concepts of induced current following Faraday's steps. This stimulates the development of critical thinking and the connection between theory and practice. Integrating the history of science with active investigation makes teaching contextualized and engaging, promoting a deep understanding of phenomena and encouraging students' autonomy in knowledge construction. The results indicate that the HIA improved students' theoretical and practical understanding, promoting meaningful and contextualized learning. The integration of the History of Science with investigative activities enriches the teaching-learning process, facilitating the understanding of scientific phenomena and promoting critical skills and student autonomy. We conclude that the HIA in teaching electromagnetism, focusing on Faraday's experiments, was effective in promoting meaningful and contextualized learning. This approach facilitated theoretical understanding and stimulated the development of scientific and critical



skills, preparing students for future challenges and contributing to individual formation.

**Keywords:** electromagnetic induction; historical-investigative approach; experimentation; didactic sequence; Physics teaching.

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA (AHI)</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>MICHAEL FARADAY E A INDUÇÃO DE CORRENTES</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>FARADAY E A EXPERIMENTAÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Pesquisas Experimentais em Eletricidade</i></b> .....	<b>23</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Sobre a Indução de Correntes Elétricas</i></b> .....	<b>24</b>
<b>3.1.2.1</b>	<b><i>Sobre a Evolução da Eletricidade a partir do Magnetismo</i></b> .....	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS EXPERIMENTOS DE FARADAY</b> .....	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>PROPOSTA DE SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA – ANÁLISE E DISCUSSÕES</b> .....	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>82</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>86</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE B - CARTA - MICHAEL FARADAY</b> .....	<b>126</b>
	<b>APÊNDICE C - DIÁRIO DE LABORATÓRIO - MICHAEL FARADAY</b> .....	<b>128</b>
	<b>APÊNDICE D – AUTORIZAÇÃO PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA DE MESTRADO</b> .....	<b>130</b>
	<b>APÊNDICE E – DESCRIÇÕES DA CONSTRUÇÃO DAS BOBINAS</b> .....	<b>131</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o fim da pandemia, a transição do ensino remoto para o presencial representa um desafio pedagógico, demandando a adaptação das estratégias pedagógicas para manter o engajamento dos estudantes nas aulas de Física. Uma abordagem eficaz para enfrentar esse desafio é a utilização de estratégias que motivam e transformam os estudantes de passivos em participantes ativos do processo de ensino e aprendizagem. No contexto do ensino da indução eletromagnética, um desafio específico é transmitir aos estudantes a compreensão da geração de uma corrente elétrica por meio da variação do fluxo magnético, tornando o aprendizado mais significativo.

Diante desse desafio, questionamos: de que maneira um experimento histórico de Faraday pode contribuir para o ensino do eletromagnetismo? O objetivo central da nossa pesquisa consistiu em elaborar e implementar uma sequência didática baseada na Abordagem Histórico-Investigativa (AHI), tendo como foco a corrente induzida de Faraday. O processo consiste em uma investigação dos experimentos realizados por Faraday no período de 1830-1832, seguida pela construção de uma versão didática adaptada ao nosso contexto de ensino. A sequência didática foi desenvolvida de forma a guiar os estudantes na compreensão dos princípios da geração de corrente induzida dos experimentos de Faraday.

Dentro dessa perspectiva, uma análise do artigo intitulado "Pesquisas Experimentais em Eletricidade", apresentado por Faraday à Royal Society em 1831, assume um papel importante como um ponto de partida para um cenário investigativo. A abordagem "especulativa" adotada por Faraday, a qual se caracteriza pela exploração de resultados anteriores, formulação de hipóteses e variação de parâmetros para estabelecer regras empíricas, fornece uma base metodológica para a construção da sequência didática proposta. A investigação de aproximadamente 139 parágrafos presentes no referido artigo proporciona uma compreensão de cada experimento conduzido por Faraday, incluindo suas variações, até chegar à análise das correntes induzidas em metais sob a influência magnética.

A implementação da AHI permite que os estudantes não apenas compreendam os conceitos teóricos da indução de corrente, mas também embarquem em uma jornada intelectual seguindo os passos de Faraday e sua

abordagem especulativa dos experimentos. Espera-se que isso estimule o desenvolvimento do pensamento crítico, do pensamento científico e da conexão entre teoria e prática. A integração da História da Ciência à investigação ativa enriquece o ensino, tornando-o mais contextualizado, envolvente e eficaz para a formação de estudantes comprometidos e competentes no domínio do eletromagnetismo. Essa abordagem também fomenta uma compreensão mais profunda dos fenômenos estudados, incentivando a autonomia dos estudantes e promovendo a construção ativa do conhecimento.

Assim defende Azevedo (2012) que:

Na abordagem investigativa, o aluno deixa de ser um observador de aulas e é levado a uma posição de questionador, argumentador e organizador de suas ideias, na medida em que passa a ser ativo durante as aulas. Como um verdadeiro investigador, a ele cabe lançar hipóteses, registrar e analisar os dados, e, tirando suas conclusões, comunicar e socializar essas com os demais alunos da turma e professor, com objetivo da solução da situação problematizadora inicial (Azevedo, 2012, p. 20).

No que se refere ao ensino por investigação, essa abordagem constitui uma estratégia educacional que centraliza suas atividades no estudante, promovendo o desenvolvimento da autonomia e da capacidade de tomada de decisões, avaliação e resolução.

Essas abordagens - histórico, investigativa e experimental - se complementam ao permitir a criação de atividades atrativas para diferentes públicos, já que essa combinação oferece benefícios tanto para estudantes interessados em aspectos históricos quanto para aqueles que preferem abordagens práticas. Apesar de partirem de premissas distintas, ambas visam transformar as aulas de Física em ambientes que estimulam a aprendizagem científica de maneira mais dinâmica, incentivando a argumentação e a participação ativa dos estudantes (Heering; Höttecke, 2014).

Por outro lado, adoção da AHI permite que os estudantes não apenas compreendam os conceitos teóricos da corrente induzida, mas também explorem as ideias trilhadas por Faraday e sua abordagem especulativa com relação aos experimentos que ele conduziu. Isso, por sua vez, estimula o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, além de fortalecer a conexão intrínseca entre a teoria e a prática.

A interligação entre o contexto histórico e a abordagem investigativa com a experimental proporciona uma valorização significativa no processo de ensino. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento dos estudantes, proporcionando não apenas um engajamento profundo, mas também um aprimoramento das competências com relação às teorias do eletromagnetismo, alinhado com os princípios interligados à pesquisa científica.

Quanto ao ensino por investigação, trata-se de uma estratégia que engloba atividades centradas no estudante, viabilizando o desenvolvimento da autonomia, da capacidade de tomar decisões, de avaliar e de resolver problemas. Aprender a investigar envolve aprender a observar, planejar, levantar hipóteses, realizar medidas, interpretar dados, refletir e construir explicações de caráter teórico (Sá; Maués; Munford, 2008).

Diante do exposto, este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro, esta introdução, apresentamos nossa pergunta de pesquisa e os objetivos. No segundo capítulo trazemos o referencial da AHI que foi utilizado como metodologia de ensino para o desenvolvimento do produto e sua implementação. No capítulo três trazemos nossas conclusões do estudo dirigido do artigo de Faraday que nos permitiu estabelecer as hipóteses para a elaboração da sequência de ensino. No quarto capítulo apresentamos a proposta de sequência de ensino, conforme planejada, e, a cada encontro, relatamos os resultados obtidos com os estudantes, os desafios da implementação e as reflexões que levaram a modificações para a elaboração do produto. No capítulo 5 trazemos as nossas considerações finais e nossas perspectivas. Como produto (Apêndice A), apresentamos a sequência didática elaborada, já com as correções que notamos serem necessárias, bem como o modo de construir os objetos necessários para a reprodução dos experimentos de Faraday.

## 2 ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA (AHI)

A Abordagem Histórico-Investigativa (AHI) busca associar a História da Ciência (HC) ao Ensino Investigativo (EI) para ensinar conceitos científicos de forma crítica e contextualizada. A ideia é que os estudantes possam entender o processo de construção do conhecimento científico, desde seus primórdios até as pesquisas atuais, e reflitam sobre as dificuldades e conquistas dos cientistas ao longo do tempo. Para Batista e Silva (2018, p. 100) “a AHI visa motivar e ensinar conceitos científicos de uma forma mais crítica, explicitando dificuldades e conquistas e contextualizando os conteúdos trabalhados em sala de aula”.

Por meio da (AHI) no Ensino de Ciências, os estudantes são incentivados a refletir sobre a construção do conhecimento científico, compreendendo a influência de fatores históricos, sociais e culturais na sua formação. Ao explorar a HC, os estudantes podem analisar as teorias científicas passadas, os avanços tecnológicos e as controvérsias científicas que moldaram o desenvolvimento das teorias ao longo dos séculos. Ainda, para Carvalho (2013), a utilização da HC em atividades experimentais de cunho investigativo cria um ambiente de ensino e aprendizagem centrado no estudante e orientado pelo professor, agregando valor ao processo de aprendizagem. Nessa abordagem, os estudantes têm a oportunidade de discutir, compartilhar opiniões e conhecimentos, e debater sobre diferentes interpretações e teorias, tornando o Ensino de Ciências mais abrangente e enriquecedor.

No Brasil, a abordagem de ensino que envolve atividades investigativas pode ser encontrada nos documentos oficiais dos Parâmetros Curriculares Nacionais BRASIL (2000). No entanto, apesar de haver a explicitação da abordagem de ensino por investigação em documentos oficiais de ensino, ainda há uma dificuldade em sua aplicação nas salas de aula (Lima; Silva; Júnior, 2017). Borges (2002), aponta que a falta de infraestrutura pode ser um obstáculo para a aplicação da abordagem de ensino por investigação, uma vez que existem escolas que não possuem laboratórios adequados, ou equipamentos em bom estado ou ambiente propício para a realização de atividades investigativas. Por fim, a formação dos professores também pode ser um fator a ser considerado, uma vez que muitos docentes não foram capacitados para trabalhar com a abordagem de ensino por investigação e, portanto, não se sentem seguros para aplicá-la em suas salas de aula.

De acordo com Sá et al. (2007), o Ensino de Ciências por investigação no Brasil ainda não estava bem estabelecido no começo do século XXI. A falta de familiaridade dos professores com as práticas de laboratório e de investigação pode ser uma barreira para a sua implementação em sala de aula. Além disso, a falta de recursos e equipamentos adequados para a realização de atividades experimentais e de investigação pode limitar a capacidade dos professores de aplicar essa abordagem de ensino em suas aulas. Para superar esses desafios, é necessário haver investimento em treinamento e capacitação para os professores, para que se sintam mais confiantes na utilização das práticas de laboratório e de investigação em suas aulas. Por isso, seria importante que as escolas e instituições de ensino disponibilizem os recursos e materiais necessários para a realização dessas atividades. Outro aspecto que pode ser ressaltado é a dificuldade de os professores utilizarem tanto as práticas de laboratório como as atividades de investigação com os estudantes, por se sentirem inseguros em realizar experimentos, em gerenciar a turma e com a utilização de materiais no laboratório (Borges, 2002).

A abordagem por atividades investigativas é amplamente utilizada no Ensino de Ciências na educação básica, envolvendo experimentos, simulações, projetos e pesquisas de campo. Essas atividades desenvolvem habilidades científicas nos estudantes, como observação, coleta e análise de dados, formulação de hipóteses e resolução de problemas (Zômpero; Laburú, 2011). Ao aplicar essas atividades, os estudantes têm a oportunidade de conectar o conhecimento teórico com situações reais e aprofundar a compreensão de conceitos e temas científicos, enquanto desenvolvem habilidades críticas e autônomas na busca por respostas (Carvalho, 2004; Azevedo, 2012). Essa abordagem permite aos estudantes uma aprendizagem prática e significativa, tornando-os participantes ativos na construção do conhecimento e preparando-os para desafios futuros com uma visão informada e reflexiva.

Para além disso, essa abordagem de ensino também ajuda a despertar a curiosidade dos estudantes e a incentivá-los a buscar respostas para suas perguntas e dúvidas. É importante que as atividades investigativas sejam bem planejadas e estruturadas, para que os estudantes possam obter resultados significativos e relevantes. Também é importante que os professores orientem e incentivem os estudantes durante todo o processo, para que possam desenvolver habilidades científicas de forma adequada e eficiente. No geral, a abordagem de

atividades investigativas é uma ferramenta importante para o Ensino de Ciências no ensino básico, auxiliando os estudantes a desenvolverem habilidades científicas importantes e a se tornarem pensadores críticos e criativos.

Araújo e Abib (2003) destacam a importância da experimentação como uma ferramenta essencial para o Ensino de Física, ao permitir que os estudantes vivenciem na prática os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula. Ela proporciona uma oportunidade para os estudantes poderem fazer observações, coletar dados e realizar análises, desenvolvendo assim habilidades importantes como a capacidade de investigação e resolução de problemas. Além do mais, a experimentação também pode ser uma forma de motivar os estudantes, tornando o ensino mais interessante e envolvente, e reduzindo as dificuldades que muitos enfrentam no ensino tradicional, principalmente em disciplinas de exatas.

Seguido esse contexto Batista, Fusinato e Blini (2009) afirmam:

A experimentação no ensino de Física não resume todo o processo investigativo no qual o estudante está envolvido na formação e desenvolvimento de conceitos científicos. Há de se considerar também que o processo de aprendizagem dos conhecimentos científicos é bastante complexo e envolve múltiplas dimensões, exigindo que o trabalho investigativo do estudante assuma várias formas que possibilitem o desencadeamento de distintas ações cognitivas, tais como: manipulação de materiais, questionamento, direito ao tateamento e ao erro, observação, expressão e comunicação, verificação das hipóteses levantadas. Podemos dizer que esse também é um trabalho de análise e de síntese, sem esquecer a imaginação e o encantamento inerentes às atividades investigativas (2009, p.4).

Para além disso, a abordagem investigativa no Ensino de Física deve estimular os estudantes a explorarem sua imaginação, engajando-os ativamente na aprendizagem, conectando conceitos e propondo soluções criativas. Ao promover atividades investigativas, é fundamental permitir que os estudantes explorem, questionem, reflitam e se expressem de forma criativa, proporcionando uma aprendizagem significativa e enriquecedora, despertando o interesse por esta ciência.

Ao adotar a abordagem investigativa, busca-se despertar a curiosidade dos estudantes e incentivá-los a buscar respostas para as questões levantadas, afastando-se do modelo tradicional de aula expositiva. A participação ativa dos estudantes desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem, pois são estimulados a refletir sobre as informações disponíveis, formular perguntas e



hipóteses, conduzir pesquisas e experimentos, analisar dados e comunicar suas conclusões.

A abordagem investigativa no ensino oferece aos estudantes a oportunidade de se envolverem ativamente em sua aprendizagem, desenvolvendo habilidades cognitivas como pensamento crítico, raciocínio lógico e solução de problemas. Assim como, a interação e o diálogo entre os estudantes promovem o desenvolvimento de habilidades sociais, como comunicação efetiva, trabalho em equipe e respeito às opiniões divergentes. Ao se tornarem protagonistas de seu próprio processo de aprendizagem, os estudantes exploram temas de interesse e aprimoram suas habilidades de investigação. A aplicação de atividades investigativas também fortalece suas habilidades de avaliar fontes de informação e identificar fontes confiáveis, ao mesmo tempo, em que promovem o desenvolvimento das habilidades de comunicação e colaboração através do trabalho em grupo entre outras.

Ensinar Física por investigação requer uma abordagem diferente daquela que se baseia na transmissão de conteúdo. A abordagem por investigação enfatiza a exploração e a descoberta pelos próprios estudantes, incentivando a curiosidade, a criatividade e o pensamento crítico. Essa abordagem também requer que os professores revisem suas práticas profissionais e seus pressupostos teóricos, bem como o planejamento do trabalho (Wilsek, 2009). Precisam adotar estratégias metodológicas que promovam a investigação e a exploração pelos estudantes, e que os ajudem a construir seu próprio conhecimento. Essas estratégias podem incluir a realização de experimentos, a pesquisa em grupo e a discussão em classe.

O ensino por investigação é uma abordagem pedagógica que requer uma mudança significativa na atuação dos professores em sala de aula. Nesse contexto, os educadores deixam de ser o centro do processo de ensino para assumirem o papel de facilitadores do aprendizado. Essa mudança de paradigma implica que os professores estejam dispostos a ouvir atentamente as ideias e opiniões dos estudantes, e a orientá-los em suas pesquisas e explorações. A essência do ensino por investigação está em estimular a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento, colocando-os no centro do processo de aprendizagem. O professor atua como um guia, coordenando e orientando as atividades investigativas dos estudantes, sem impor respostas prontas ou soluções pré-definidas. A finalidade principal é desenvolver nos estudantes habilidades de

pesquisa, análise crítica, comunicação e trabalho em equipe, competências fundamentais para o exercício da cidadania e para o sucesso em suas futuras trajetórias profissionais. Ao assumirem o protagonismo em suas aprendizagens, os estudantes conduzem o andamento das atividades, possibilitando o desenvolvimento de suas habilidades e conhecimentos de forma significativa e enriquecedora (Gibin; Filho, 2016).

Ao longo dos anos, o ensino por investigação tem sido amplamente debatido, adaptando-se aos objetivos que refletem as necessidades da sociedade em diferentes épocas. A abordagem evoluiu para atender às demandas educacionais e contextos específicos, buscando promover a aprendizagem significativa e relevante. Dessa forma, o ensino por investigação se adapta às mudanças sociais, econômicas e culturais, visando preparar os estudantes para enfrentar os desafios e demandas da sociedade contemporânea.

[...] o Ensino de Ciências por investigação é aquele que possibilita ao estudante, no que diz respeito ao processo de produção do conhecimento, identificar padrões a partir de dados, propor explicações com base em evidências, construir modelos, realizar previsões e rever explicações com base em evidências; em relação ao processo de validação do conhecimento, selecionar evidências para justificar uma explicação, construir argumento para relacionar dados e conclusões e empregar dados para tomar decisões; e, no que se refere ao processo de comunicação, discutir, escrever e comunicar aos colegas o conhecimento físico (Scarpa; Silva, 2016, p.132).

O ensino por investigação busca despertar a criatividade, a curiosidade e o interesse dos estudantes, concedendo-lhes maior liberdade para propor e planejar atividades. Essa abordagem também promove o desenvolvimento da autonomia e da responsabilidade dos estudantes em relação à sua própria aprendizagem, estimulando o engajamento ativo no processo de descoberta e construção do conhecimento.

Por outro lado, Azevedo et al. (2004) destacam que uma atividade investigativa vai além do ambiente de laboratório, sendo caracterizada pela organização de situações problematizadoras, questionadoras e propícias ao diálogo. Segundo a autora, a essência verdadeira da atividade investigativa reside nessa estrutura, na qual a participação ativa dos estudantes é fundamental. Eles são incentivados a refletir, discutir, explicar e relatar suas percepções e descobertas ao longo da atividade, promovendo um engajamento que pode ser apreciável. A abordagem investigativa busca envolver os estudantes em processos reflexivos,

estimulando o diálogo e a troca de ideias. Através da exploração de situações problematizadoras, os estudantes são motivados a buscar respostas, formular hipóteses e construir seu próprio conhecimento.

A HC pode contribuir trazendo contexto para a criação de situações problemas que usam o meio e as questões que os próprios cientistas se colocaram no decorrer da construção das teorias. Nesse sentido, passamos a ter a associação do Ensino Investigativo, conforme discutimos até o momento, com a HC, o que é denominado AHI.

A AHI no Ensino de Ciências vai além das práticas tradicionais de laboratório, que se concentram apenas na manipulação de materiais em busca de resultados numéricos. Nessa abordagem, é essencial que os estudantes se envolvam em uma investigação ativa, indo além do mero desfrute da experiência. Com a mediação do professor, os estudantes devem problematizar uma situação presente em um episódio histórico, contextualizar e relacionar com o conteúdo trabalhado, criando hipóteses que são discutidas e podem ser testadas experimentalmente para subsidiarem a interpretação dos resultados.

Ao utilizar e manipular experimentos, os estudantes não irão somente testar as hipóteses conhecidas ou propostas, mas também adquirir entendimento pela interação teórica, material e humana. Além disso, ao conduzir uma investigação científica, os estudantes podem contextualizar a ciência com sua história, possibilitando a aprendizagem sobre a natureza da ciência e de aspectos culturais, sociais e materiais da ciência; refletir criticamente sobre suas próprias ações e aprendizagens; além de desenvolverem habilidades de raciocínio (Heering; Höttecke, 2014, tradução Pinto, 2022)

Para Batista e Silva (2018), a AHI é uma proposta pedagógica que busca integrar a HC com atividades investigativas no Ensino de Ciências. Essa abordagem visa estimular nos estudantes o pensamento crítico, a curiosidade e o interesse pela ciência, proporcionando uma aprendizagem mais significativa e contextualizada. A AHI vai além do simples ensino de conceitos científicos, pois busca destacar a construção do conhecimento científico ao longo da história, mostrando como as teorias e descobertas foram influenciadas por questões sociais, culturais e filosóficas.

A AHI no Ensino de Física é caracterizada pela utilização da HC em atividades experimentais de cunho investigativo, com o objetivo de criar um ambiente de ensino e aprendizagem centrado no estudante e orientado pelo professor. Nessa abordagem, o uso da HC permitindo que os estudantes discutam,

compartilhem opiniões e conhecimentos, e debatam sobre diferentes interpretações e teorias.

Ao unir a HC com o Ensino Investigativo, a AHI oferece aos estudantes uma compreensão mais ampla do fazer científico, permitindo uma apreciação mais profunda de como o conhecimento científico foi construído ao longo do tempo e como ele se relaciona com questões sociais, culturais e filosóficas. Essa abordagem enriquece o ensino de Física, tornando-o mais crítico e interdisciplinar, incentivando os estudantes a se envolverem ativamente em atividades investigativas, questionarem conceitos e teorias, e explorarem diversas perspectivas sobre os fenômenos naturais.

Por outro lado, ao utilizar instrumentos e experimentos históricos, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar a evolução da ciência, compreendendo como os avanços tecnológicos influenciaram a construção do conhecimento científico ao longo dos séculos. Nesse sentido, a AHI representa uma valiosa contribuição para a formação de estudantes reflexivos, críticos e preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo no campo da Física.

Ainda segundo as autoras Batista (2018); Batista e Silva (2018), a (AHI) no Ensino de Ciências não visa apenas a simples manipulação de materiais em busca de resultados numéricos, como é comum nas aulas de laboratório tradicionais. Pelo contrário, busca-se que os estudantes se engajem em uma investigação ativa, transcendendo a mera experiência passiva. O papel do professor é mediar esse processo, orientando os estudantes a problematizarem uma situação, contextualizarem-na e estabelecerem conexões com o conteúdo abordado. Além disso, os estudantes são incentivados a formular hipóteses que são discutidas e testadas por meio de experimentação, permitindo a interpretação dos resultados alcançados. A AHI, dessa forma, promove uma aprendizagem reflexiva, crítica e significativa, desenvolvendo habilidades cognitivas e competências essenciais para o aprendizado e para a vida dos estudantes.

A AHI, de acordo com Heering e Höttecke (*apud* Batista, 2018), apresenta diversas características essenciais que a tornam uma abordagem enriquecedora para o Ensino de Ciências, destacam se dentre elas:

- Contextualiza a ciência com sua história e filosofia;
- Enfatiza os aspectos sociais e culturais da história e da filosofia;
- Possibilita o ensino e aprendizagem de ciências;

- Permite que os estudantes explorem por conta própria os fenômenos naturais;
- Possibilita a reflexão dos estudantes sobre suas ações e fomenta habilidades de raciocínio;
- Conecta as atividades investigativas com a ciência do passado.

Para Pinto (2022) a AHI no Ensino de Ciências é caracterizada por uma diversidade de metodologias, incluindo discussões de conhecimentos prévios, análise de teorias e atividades práticas. A HC desempenha um papel importante, permitindo explorar questões científicas e conectar o conhecimento atual com seu desenvolvimento histórico. O professor age como facilitador, criando um ambiente propício para o diálogo, investigação e debate, estimulando a curiosidade intelectual e o pensamento crítico dos estudantes. Essa abordagem visa proporcionar uma educação científica significativa, contextualizada e engajadora, preparando os estudantes para uma compreensão mais profunda do mundo ao seu redor.

A abordagem de ensino por investigação demanda uma reestruturação da sala de aula, rompendo com o tradicional modelo de ensino. Isso implica em mais do que um conjunto de atividades isoladas, mas sim “em uma mudança paradigmática na dinâmica da sala de aula, nos papéis do professor e dos estudantes, e na forma como o conhecimento é construído” (Pinto 2022, p.36). O professor deixa de ser o mero transmissor de conteúdo e passa a atuar como facilitador do aprendizado, estimulando os estudantes a explorarem, questionarem e investigarem por si próprios. A sala de aula deve se tornar um espaço colaborativo, onde os estudantes são incentivados a se envolverem ativamente nas atividades investigativas, compartilharem ideias e debaterem suas descobertas.

Por outro lado, na AHI, a HC assume um papel central. Ela é utilizada como base para a criação de problemas e questões para os estudantes investigarem. Ao se debruçarem sobre episódios históricos, os estudantes podem se identificar com os cientistas do passado, humanizando a ciência e aproximando-os do contexto em que as descobertas foram feitas. A HC proporciona um contexto rico, conceitos, teorias e problemas que servem como referência para comparar as conclusões alcançadas pelos estudantes em suas investigações. Essa abordagem enriquece a aprendizagem ao oferecer aos estudantes um ponto de partida concreto e relevante para suas pesquisas, tornando a experiência de aprendizado mais envolvente. Ao

trabalhar com a HC, a AHI oferece uma perspectiva única para explorar a ciência de forma crítica, reflexiva e contextualizada.

### 3 MICHAEL FARADAY E A INDUÇÃO DE CORRENTES

A observação por Hans Christian Oersted (1777-1851), em 1820, de um efeito da eletricidade em uma agulha magnética<sup>1</sup>, trouxe uma série de consequências para a Física, principalmente no que se refere às invenções e à possibilidade de novos fenômenos até então imagináveis. Dentre as novas invenções, destacam-se os multiplicadores, que amplificaram o efeito da eletricidade sobre a agulha magnética e estabeleceram uma possível conexão entre o aumento da eletricidade, com o aumento de espiras, e o aumento da deflexão (Lima et al., 2021). Entre os novos fenômenos, podemos citar a relação entre diferença de temperatura, eletricidade e magnetismo, como o observado por Seebeck (Silva, 2019).

Na esteira desses acontecimentos e assumindo a mesma interpretação que Oersted, Michael Faraday (1791-1867) irá supor que, assim como há uma simetria circular no efeito da eletricidade sobre a agulha magnética, poderia haver a mesma simetria entre o efeito do magnetismo sobre o fio de cobre. Ou seja, se o ímã se mantivesse fixo e houvesse corrente elétrica no fio, o fio é que teria um movimento circular em torno do ímã. Partindo sempre de testes experimentais, Faraday conseguiu demonstrar essa hipótese com um aparato construído em 1821, conforme Figura 1 (Silva, 2015). Porém, Faraday não conseguiu explicar teoricamente o porquê desse movimento circular. Supôs inicialmente que haveria uma *força circular*, o que contrariava a concepção de força newtoniana vigente.

Independente da ausência de explicação teórica para o fenômeno, Faraday deu andamento a vários outros experimentos que investigavam a relação entre eletricidade e magnetismo, chegando, na década de 1830, a conclusões sobre o fenômeno de indução de corrente. São estes experimentos que trataremos aqui, pois foram eles que nos permitiram a chegar às relações entre fluxo magnético e produção de correntes induzidas e também à indução eletromagnética (conhecidos como lanterna e disco de Faraday).

#### 3.1 FARADAY E A EXPERIMENTAÇÃO

---

<sup>1</sup> Há muitos trabalhos referentes à observação de Oersted. Uma referência importante é o texto do próprio Oersted, traduzido em Martins (1986). Sobre outras interpretações possíveis, sugerimos Assis e Chaib (2006).

Michael Faraday nasceu em Newington, Surry, na Inglaterra em 22 de setembro de 1791. De família pobre, destaca-se na biografia de Faraday que ele não tenha tido acesso à educação formal. Seu envolvimento com estudos sobre a natureza veio principalmente de seu contato com pessoas da área e interesse pessoal, como seu trabalho inicial como encadernador, que permitiu ter acesso a diferentes livros (Williams, 2007).

Segundo suas biografias, a leitura do livro denominado “Conversations on Chemistry”, de Marquet<sup>2</sup>, provocou em Faraday um novo tipo de interesse: a química. Este livro também o apresentou a um reconhecido estudioso da sua época, Humphry Davy (1778-1829), de quem se tornou assistente aos 22 anos após um acaso (Dias; Martins, 2004). Segundo Dias e Martins, (2004), o trabalho de Faraday pode ser dividido em três fases, que reproduzem tanto o interesse por um novo campo de estudo, quanto a modificação na sua metodologia experimental, sendo: (i) 1820-1821, com trabalhos iniciais com eletricidade e magnetismo e a reprodução do que estava sendo feito; (ii) 1821-1823 quando já começa a propor novas ideias e trazer contribuições, e (iii) 1825-1832 quando já traz a ideia de indução eletrovoltaica e eletromagnética, com questionamentos e investigações mais maduras. Neste trabalho nosso foco foi na terceira fase, quando o conceito de corrente induzida é introduzido.

Em 1824 foi eleito *fellow* da Royal Society, recebendo vários prêmios posteriormente. Após 1832, retomou suas investigações em química e contribuiu para a eletroquímica e outros estudos até aproximadamente 1850, quando passou a ter problemas de saúde, aposentando-se em 1858 após ter completado mais de 30 anos como conselheiro da *Trinity House* (Williams, 2007; Dias; Martins, 2004).

Como pode-se observar dessa biografia resumida, a falta de estudos formais não impediu que Faraday avançasse em suas investigações, que tomaram o rumo principalmente experimental. A experimentação na primeira metade do século XIX era majoritariamente qualitativa, fenomenológica. Apenas em alguns casos estabelecia-se uma relação quantitativa, matemática. Nesse sentido, é possível destacar o próprio trabalho de Oersted, em que o foco estava para o fenômeno de deflexão da bússola, mas não exatamente a relação entre a intensidade de corrente e o ângulo de deflexão. Assim como Oersted, grande parte dos alemães assumiam

---

<sup>2</sup> Trata-se do livro *Conversations on Chemistry: In which the Elements of that Science are Familiarly Explained and Illustrated by Experiments*, de Jane Haldimand Macet (1805).



apenas uma experimentação fenomenológica e qualitativa (Caneva, 1978). Os primeiros trabalhos de Ampère também consideravam mais o fenômeno do que relações matemáticas, como a bússola astática (Williams, 1983; Caneva, 1980).

O trabalho experimental de Faraday possui características próprias. Steinle (1994; 1995) argumenta que era uma experimentação “especulativa”, no sentido de que Faraday não adotava “teorias” na condução de seus trabalhos. Sua metodologia, é bem nítida no trabalho que serve de base para essa dissertação. Inicialmente ele parte de algum resultado anterior no qual pretende se aprofundar e admite algumas hipóteses; na sequência ele varia sistematicamente alguns parâmetros experimentais e, verificando as mudanças ocasionadas por essa variação, estabelece regras empíricas. Depois ele estabelece relações entre essas regras, derivando outras regras a partir dessas relações. A escolha dos parâmetros a variar e as regras não são casuais; são sistematicamente testadas e estudadas (Steinle, 1994; 1995).

A leitura do trabalho de Faraday se torna um obstáculo por já sabermos aonde ele chega (a corrente induzida e a indução eletromagnética). Mas se nos atentarmos passo-a-passo nas variáveis que ele altera, é possível identificar sua metodologia e compreender a riqueza de tentativas e relações que ele constrói.

### **3.1.1 Pesquisas Experimentais em Eletricidade**

Para desenvolver esta parte do trabalho, realizamos um estudo dirigido do artigo “Pesquisas Experimentais em eletricidade”, lido por Faraday diante da Royal Society em 1831. A versão analisada é a tradução comentada de Assis e Haruna (2011). O artigo de Faraday apresenta cerca de 139 parágrafos, em que Faraday detalha cada um dos experimentos realizados e suas variações. Dos parágrafos 1 ao 80, Faraday apresenta os experimentos que realizou, e suas variações, até chegar a uma conclusão sobre a produção de correntes induzidas em metais na presença de magnetismo<sup>3</sup>. A partir do parágrafo 81 até o final, Faraday está tentando explicar o disco de Arago.

---

<sup>3</sup> Convém destacar que em Faraday ainda não podemos falar de “campo magnético”, conceito introduzido como conhecemos somente após a aceitação da teoria de Maxwell. Portanto para Faraday, a “teoria” mais provável em 1831 é a da presença de um vórtex em torno do ímã. Para mais detalhes, sugerimos a leitura de Steinle (1994; 1995)

O disco de Arago consistia no movimento circular de um disco de cobre sobre uma agulha imantada, produzindo sua deflexão<sup>4</sup>. Como nesse caso não havia uma bateria voltaica produzindo eletricidade, como ocorreu no experimento de Oersted, o “disco de Arago” provocou vários estudiosos a buscarem uma explicação, que é o objetivo final de Faraday. Assim, ao longo dos primeiros 80 parágrafos, seus estudos buscam pelas condições necessárias para que haja a produção de eletricidade, sem a presença de uma bateria voltaica, chegando na corrente por indução. A seguir, trazemos nossas considerações ao longo do artigo, tentando extrair, do relato de Faraday, suas hipóteses e conclusões.

### **3.1.2 Sobre a Indução de Correntes Elétricas**

#### *Primeiro experimento*

Do 6º ao 8º parágrafo do artigo "Pesquisas Experimentais em Eletricidade" (tradução Assis; Haruna, 2011, p. 154-155), Faraday descreve minuciosamente o processo que ele seguiu para criar sua montagem experimental. Ele enrolou cerca de vinte e seis pés de fio de cobre, que correspondem a aproximadamente 7,92 metros, com um diâmetro de um vigésimo de polegada, ou seja, cerca de 1,27 milímetros, em volta de um cilindro de madeira. Cada espira do fio foi cuidadosamente isolada das demais, utilizando barbante de algodão, para evitar que se tocassem. Em seguida, Faraday prosseguiu enrolando um segundo fio, com um comprimento total de vinte e sete pés, correspondendo a cerca de 8,23 metros, e doze voltas de espira, utilizando o mesmo método empregado na primeira espira.

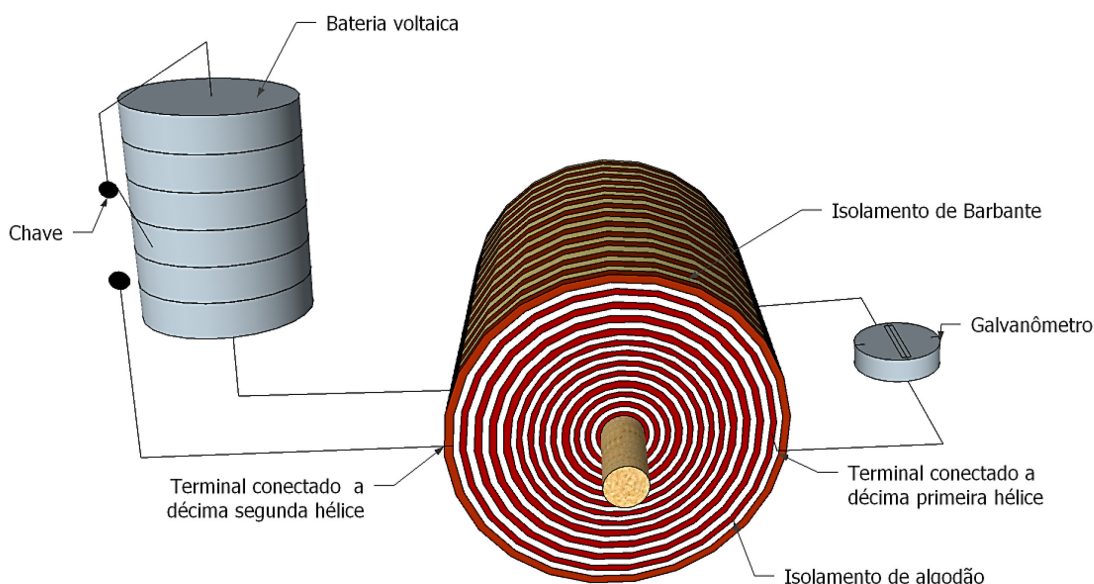
As hélices ímpares (primeira, terceira, quinta, sétima, nona e décima primeira) foram conectadas entre si em suas extremidades, formando uma única hélice contínua. Da mesma forma, as hélices pares (segunda, quarta, sexta, oitava, décima e décima segunda) foram conectadas entre si, resultando em uma segunda hélice separada. Ambas as hélices foram enroladas na mesma direção, mas não se tocavam em nenhum ponto, pois foi isolada cuidadosamente com barbantes de algodão entre as espiras. Essa configuração específica da montagem experimental

---

<sup>4</sup> Sobre o experimento de Arago, encontramos apenas seu relato nos Annales de Chimie et de Physique, sessão de 07.03.1825, páginas 325-326. Steinle (1994) apresenta mais detalhes de como era o experimento do disco e as possíveis explicações que surgiram.

de Faraday permitiu a criação de duas hélices independentes, cada uma possuindo suas próprias propriedades e comportamentos elétricos distintos. A hélice principal, composta pelas espiras ímpares, e a hélice secundária, formada pelas espiras pares, representavam dois circuitos distintos, porém interconectados pelo fluxo de corrente elétrica (Figura 1). Essa disposição estrutural cuidadosamente projetada foi de extrema importância para os experimentos de Faraday no estudo da indução eletromagnética. Ao aplicar corrente elétrica à hélice principal, ele foi capaz de investigar os efeitos induzidos na hélice secundária e explorar as interações entre as duas hélices.

**Figura 1** – Uma possível interpretação da montagem relatada pelo Faraday. Dois conjuntos de hélices isolados um do outro, montadas sobre um núcleo de madeira e com espiras também isoladas<sup>5</sup>.



**Fonte:** construída no software SketchUp Make 2017, por SILVA (2022, p. 12 )

Essa montagem experimental proporcionou a Faraday um aparato fundamental para investigar a relação entre eletricidade e magnetismo, bem como explorar os fenômenos de indução de corrente elétrica. Os resultados obtidos nessa configuração específica foram essenciais para suas descobertas subsequentes sobre a indução eletromagnética, abrindo caminho para o desenvolvimento da teoria

<sup>5</sup> O artigo de Faraday possui poucas imagens e algumas descrições se tornam complicadas de entender. Assim, o ideal seria a reprodução aproximada das montagens, o que será, de alguma forma, desenvolvido na atividade didática. Aqui nos restringimos a trazer esboços realizados por outro estudante que também analisou o artigo de Faraday (SILVA, 2022).

eletromagnética e sua influência na ciência e tecnologia modernas. Ao não identificar a deflexão que esperava, Faraday realizou modificações na montagem.

Cabe ressaltar que Faraday distingue a indução eletrovoltaica da indução eletromagnética. Nos parágrafos 51, 59, 83, 114 e 138 (Assis; Haruna, 2011) Faraday traz experimentos em que discute as duas situações. Segundo Faraday há similaridade na ação ao se utilizar ímãs e eletroímãs, para fins de distinção, o caso de ímãs será denominado de indução eletromagnética (Assis; Haruna, 2011, p. 169). Segundo Faraday:

59. A única diferença existente entre a indução eletrovoltaica e a eletromagnética que chama a atenção fortemente, é a rapidez da indução eletrovoltaica, e o tempo perceptível requerido pela indução eletromagnética, mas, mesmo neste estado inicial da investigação, existem circunstâncias que parecem indicar que, em futuras pesquisas, essa diferença irá desaparecer como uma distinção filosófica.

Em relação à montagem anterior (Figura 1), na sequência uma dessas hélices foi conectada a um galvanômetro, e a outra hélice, a uma bateria voltaica contendo dez pares de placas de quatro polegadas quadradas ( $25,81\text{cm}^2$ ) bem carregada, porém não foi verificado nenhuma deflexão na agulha do galvanômetro. Com este aparato experimental, Faraday pretendia demonstrar que dois conjuntos compostos por várias hélices, isoladas entre si, porém, interconectadas alternadamente, um dele ao ser ligado a uma pilha voltaica, poderia induzir corrente elétrica no conjunto que não era conectado a uma bateria voltaica. Novamente, sem obter deflexão, ele fez novas modificações.

Em seguida, uma das hélices foi conectada a um galvanômetro, um instrumento sensível usado para detectar corrente elétrica. A outra hélice foi ligada a uma bateria voltaica que continha dez pares de placas de quatro polegadas quadradas ( $25,81\text{cm}^2$ ), completamente carregada. No entanto, ao realizar essa conexão, não foi observada nenhuma deflexão na agulha do galvanômetro. Esse experimento foi idealizado por Faraday com o objetivo de demonstrar que iria surgir uma corrente elétrica na outra hélice (espiras). Ele pretendia mostrar que quando dois conjuntos compostos por várias hélices são isolados entre si, mas interconectados alternadamente, um deles ao ser ligado a uma pilha voltaica poderia induzir corrente elétrica no conjunto que não estava diretamente conectado a uma bateria. A ausência de deflexão no galvanômetro indicava que a corrente elétrica não estava sendo gerada no conjunto não conectado à bateria. Isso de certa forma,

contrariava uma das “teorias” sobre a natureza da eletricidade, como assumida por Oersted. Em seu experimento, Oersted havia concluído que o fluido elétrico estava ao redor do fio, externamente, gerando a deflexão da agulha por um efeito mecânico (o fluido elétrico empurrava a agulha), como é discutido em Martins (1986). Tanto nessa montagem, quanto nas anteriores, Faraday parece buscar algo que “saia” do fio e gere um efeito no outro fio, identificável pela bússola.

Na busca por detectar o surgimento de corrente elétrica na outra hélice, Faraday modificou um pouco o seu aparato experimental. Ele construiu uma hélice composta semelhante a anterior, porém utilizou-se de seis comprimentos de fio de cobre e seis de ferro doce. A hélice resultante, feita de ferro doce, possuía um total de duzentos e quatorze pés de fio (65,22m), enquanto a hélice feita de cobre continha duzentos e oito pés de fio (63,40m). No entanto, ao conduzir o experimento com essa configuração, nenhuma deflexão da agulha do galvanômetro foi observada, independentemente de a corrente proveniente do recipiente, ou seja, da bateria de tina, atravessar a hélice de cobre ou a de ferro.

Esses resultados levaram Faraday a concluir que a simples interconexão alternada de hélices compostas por fio de cobre e ferro doce não era suficiente para induzir corrente elétrica na hélice que não estava diretamente conectada à fonte de corrente. Faraday percebeu a necessidade de outros fatores para gerar a corrente elétrica induzida, como variações no fluxo magnético ou a presença de um ímã.

Dos parágrafos 7º ao 9º, Faraday descreve um experimento no qual ele conectou uma hélice a um galvanômetro e outra hélice a uma bateria voltaica. No entanto, mesmo com a bateria voltaica devidamente carregada, não foi observada nenhuma deflexão na agulha do galvanômetro. Em seguida, Faraday construiu uma hélice composta utilizando fio de cobre e fio de ferro doce, mas novamente não foi observado nenhum efeito na outra hélice, independentemente de a corrente da bateria passar pela hélice de cobre ou de ferro.

Com essa descrição, Faraday queria explicar que, em seus experimentos, não foram encontradas diferenças observáveis na ação entre o cobre e o ferro. Isso significa que não importava se ele utilizava fio de cobre ou fio de ferro, a corrente elétrica gerada em uma hélice não induzia corrente elétrica na outra hélice. Esses resultados indicaram que a simples interconexão de hélices compostas por diferentes metais não era suficiente para induzir corrente elétrica de um conjunto para o outro.

Portanto, essas observações levaram Faraday a compreender que a simples interconexão de hélices compostas por diferentes metais não era suficiente para induzir corrente elétrica na hélice secundária. Isso sugere que algum outro fator, além da conexão direta de metais, estava envolvido no processo de indução de corrente elétrica. Essas observações levaram Faraday a iniciar uma investigação mais aprofundada sobre os fatores que poderiam influenciar a geração de corrente elétrica nas hélices.

Após perceber que a simples interconexão de hélices compostas por diferentes metais não era suficiente para gerar corrente elétrica na hélice secundária, Faraday estava determinado a desvendar os fatores essenciais envolvidos no processo de indução de corrente elétrica. Com base em suas observações anteriores, ele iniciou uma série de experimentos e explorações para obter um entendimento mais profundo desse fenômeno. Passando então, a investigar diferentes configurações e arranjos de condutores, Faraday buscava encontrar pistas sobre os fatores que poderiam influenciar a geração de corrente elétrica nas hélices.

### *Segundo experimento*

No experimento descrito nos parágrafos 10 a 11 da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 155), o objetivo de Faraday era demonstrar que duas hélices, montadas sobre o mesmo eixo, mas isoladas em toda a sua extensão, eram capazes de induzir correntes elétricas se pelo menos uma delas estivesse conectada a uma bateria. Nesse experimento, as hélices eram isoladas, o que significa que não havia conexão direta entre elas. No entanto, ao conectar uma das hélices a uma bateria voltaica, Faraday observou que uma corrente elétrica era induzida na outra hélice, mesmo sem uma conexão direta com a bateria.

No 10º parágrafo, Faraday tenta buscar uma explicação para a falta de efeitos observados no galvanômetro e na hélice não conectada à bateria, mesmo quando havia corrente elétrica fluindo através de uma das hélices. Ele estava tentando compreender por que a presença de corrente contínua em uma hélice não era suficiente para induzir corrente elétrica em uma hélice adjacente. Para isso, ele monta um novo aparato experimental, utilizado se de duzentos e três pés (61,87m) de fio de cobre enrolado em uma grande bobina ao redor de um bloco de madeira.

Outros duzentos e três pés (61,87m) de fio semelhante foram dispostos em forma de espiral entre as voltas do primeiro enrolamento, sendo cuidadosamente isolados com barbante de algodão para evitar contato metálico. Uma das hélices resultantes foi conectada a um galvanômetro, enquanto a outra foi ligada a uma bateria composta por cem pares de placas de cobre duplas, com dimensões de quatro polegadas quadradas, e que estava completamente carregada. Ao estabelecer o contato elétrico, ocorreu um pequeno efeito repentino no galvanômetro, indicando a presença de corrente elétrica. Da mesma forma, um pequeno efeito semelhante foi observado quando o contato com a bateria foi interrompido.

No entanto, enquanto a corrente da bateria fluía continuamente através de uma das hélices, nenhum efeito significativo era observado no galvanômetro. Além disso, não havia indícios de qualquer efeito de indução na outra hélice, apesar da potência considerável da bateria, comprovada pelo aquecimento total da própria hélice e pelo brilho da descarga quando feita através de um material condutor, como carvão.

Esses resultados indicaram que, embora houvesse corrente elétrica fluindo através de uma das hélices, não havia uma influência mensurável no galvanômetro, nem qualquer efeito de indução na hélice não conectada à bateria. Isso indica que a simples passagem de corrente elétrica por um condutor não é suficiente para transmitir corrente elétrica em outro condutor próximo.

Esses resultados sugere a existência de outros fatores que podem ser determinantes no surgimento desta corrente elétrica na outra hélice. Faraday chegou à conclusão de que a simples conexão física de hélices compostas por diferentes metais não era o único fator determinante para o surgimento desta corrente elétrica na outra hélice.

No 11º parágrafo, Faraday repetiu os experimentos descritos nos parágrafos (6, 8), agora utilizando uma bateria composta por cento e vinte pares de placas. No entanto, não foram observados quaisquer efeitos adicionais além dos previamente constatados. Durante essa repetição e nos experimentos anteriores, uma observação importante foi feita: quando a conexão entre as hélices foi completada, houve uma pequena deflexão da agulha do galvanômetro em uma direção específica. Da mesma forma, quando o contato foi rompido, ocorreu uma deflexão igualmente pequena, mas em direção oposta. Esses efeitos foram consistentes tanto nas primeiras hélices utilizadas quanto nas repetições dos experimentos. Essas

observações indicam uma relação clara entre a mudança na conexão elétrica e a direção da deflexão do galvanômetro. O que ficava em destaque naquele experimento era que a *variação* era o que provocava uma resposta. Mas quando a havia continuidade, o fenômeno cessava. Portanto, os resultados experimentais reforçam a conclusão de que a simples interconexão de hélices compostas por diferentes metais não é suficiente para gerar corrente elétrica induzida, e destacam a importância da variação na conexão elétrica para manifestação dos efeitos observados no galvanômetro. Essas verificações foram fundamentais para o aprofundamento da compreensão de Faraday sobre a natureza da indução eletromagnética<sup>6</sup>.

### *Terceiro experimento*

Dos parágrafos (12 ao 17) da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 156-157), Faraday realiza uma série de experimentos e variações baseadas na montagem inicial com o objetivo de demonstrar a possibilidade de magnetizar uma agulha dentro de uma hélice oca por meio da passagem de corrente elétrica. Essa montagem é uma variação dos experimentos já realizados por Faraday anteriormente. Ao longo desses experimentos, Faraday testa diferentes configurações da hélice oca, alterando o número de voltas, o diâmetro e o material utilizado. Além disso, ele varia a intensidade da corrente elétrica aplicada, buscando identificar possíveis correlações entre a corrente e as propriedades magnéticas resultantes. Esses procedimentos estão de acordo com o que afirmamos antes sobre o tipo de pesquisa experimental de Faraday (Steinle, 1994).

Faraday observa que, ao fazer a corrente percorrer a hélice oca, a agulha localizada em seu interior adquire propriedades magnéticas temporárias, comportando-se como um ímã. Ele nota que a direção da magnetização da agulha está diretamente relacionada à direção da corrente elétrica que passa pela hélice. Quando a corrente é interrompida, a agulha retorna ao seu estado não magnetizado.

Faraday observou que a agulha, ao ser mantida no interior da hélice percorrida pela corrente, adquiria propriedades magnéticas. Ela se tornava um ímã temporário, adquirindo polaridade magnética e atraindo outros materiais magnéticos

---

<sup>6</sup> Essa variação é o que posteriormente denominaremos variação do fluxo.

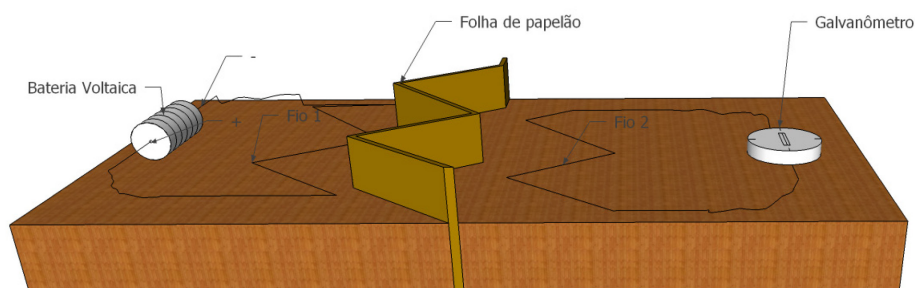


e quando a corrente era interrompida, a agulha retornava ao seu estado não magnetizado, revelando que suas propriedades magnéticas eram transitórias.

#### *Quarto experimento*

No experimento desenvolvido dos parágrafos (18 a 21) da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 157), Faraday conduziu uma série de experimentos com o intuito de verificar se a indução de correntes elétricas ocorria também quando havia movimento relativo entre fios condutores. Nestes experimentos, ele explorou a relação entre o movimento de um fio (hélice) e a geração de corrente elétrica em um fio condutor próximo, e se a inserção de algo entre os fios poderia interferir na indução. A inserção de um material entre os fios faz sentido se considerarmos que para Faraday – assim como para Oersted – a eletricidade estava “ao redor do fio” (Figura 2). Faraday observou que, ao mover o fio em direção a outro fio condutor, uma corrente elétrica era induzida no fio. Além disso, ele constatou que a magnitude dessa corrente induzida estava relacionada ao movimento de aproximação e afastamento deste fio.

**Figura 2** - Um dos experimentos de aproximação de fios de Faraday. Nesse caso, entre os fios ele colocou uma folha de papelão, para identificar se havia influência sobre a corrente



Fonte: SILVA (2022, p. 17).

Faraday observou que, ao mover o primeiro fio em direção ao segundo, a agulha do galvanômetro era desviada, e quando o primeiro fio era afastado, a agulha se desviava na direção oposta. Essas deflexões aumentavam à medida que os fios se aproximavam ou afastavam, mas retornavam à posição normal quando os fios paravam de se mover. Além disso, ele constatou que, quando os fios se aproximavam, a corrente induzida era contrária à corrente aplicada, enquanto que, quando os fios se afastavam, a corrente induzida fluía na mesma direção da corrente aplicada. Quando os fios estavam parados, não havia corrente induzida.

Mais uma vez, essa observação ressaltava a necessidade de variação para que o fenômeno ocorresse.

No parágrafo seguinte (21), Faraday discute a falta de um poder de indução permanente entre correntes colaterais, independentemente de fluírem na mesma direção ou em direções opostas. Ele observou que essas correntes não são capazes de afetar de maneira duradoura a quantidade ou a tensão da corrente elétrica. As correntes colaterais não são suficientes para gerar essa variação no fluxo magnético, resultando em uma ausência de indução permanente. Assim, Faraday conclui que as correntes colaterais não exercem um poder de indução duradouro entre si, não afetando a quantidade ou a tensão da corrente elétrica de forma permanente. Isso dava um indicativo da simetria do problema, já que na variação paralela não ocorria o fenômeno, mas quando era uma variação em outra angulação, sim.

#### *Quinto experimento*

Nos experimentos descritos nos parágrafos 24 a 26 da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 158-159), Faraday tinha o objetivo de investigar se a eletricidade fornecida por uma garrafa de Leyden teria efeitos semelhantes aos de uma bateria na imantação de uma agulha. Ele comparou o uso da garrafa de Leyden, que armazena eletricidade estática, com o uso de fios conduzindo eletricidade comum proveniente de uma fonte de tensão, como uma bateria. O objetivo de Faraday era determinar se a eletricidade estática da garrafa seria capaz de gerar efeitos análogos aos produzidos pela corrente elétrica contínua fornecida por uma bateria. Ao discutir as diferenças fundamentais entre a eletricidade comum, proveniente de uma fonte de tensão, e a eletricidade voltaica, uma corrente contínua produzida por uma bateria voltaica, Faraday enfatizou que a descarga da eletricidade comum através de um fio não resultava em fenômenos equivalentes aos observados na eletricidade voltaica. Cabe ressaltar que no século XIX ainda não se tinha conhecimento da natureza da eletricidade, ou seja, de que forma ela era gerada nos diferentes materiais, pois não se tinha conhecimento da carga elementar. Por este motivo, em alguns trabalhos pode-se observar uma diferenciação entre a natureza da eletricidade estática, por atrito, e a eletricidade da pilha (Caneva, 1978).

Faraday relatou a dificuldade de separar os efeitos produzidos no início (descarga), daqueles produzidos ao final, especialmente no caso da eletricidade comum. Ele apontou que, com a eletricidade comum, esses períodos de início e término da descarga ocorrem simultaneamente, tornando desafiador discernir os fenômenos envolvidos. Portanto, com base em suas observações, Faraday concluiu que a eletricidade voltaica apresenta fenômenos de indução que são análogos aos produzidos pela eletricidade de tensão, mas há diferenças importantes entre elas. Ele introduziu o termo "indução eletrovoltaica" para descrever a ação da corrente da bateria voltaica. Essas investigações foram realizadas com um dispositivo voltaico composto por um único par de placas (Assis; Haruna, 2011, p. 160).

Para tais experimentos, Faraday utilizou um conjunto de hélices, sendo quatro hélices conectadas por fios para receber eletricidade comum e outras quatro hélices conectadas a uma garrafa de Leyden. Os terminais gerais produzidos pelas hélices foram conectados a uma pequena hélice magnetizadora que continha uma agulha não magnetizada. Ao passar a descarga elétrica, Faraday observou que a agulha se tornou um ímã. No entanto, ele reconheceu que parte da eletricidade da garrafa de Leyden poderia ter se espalhado para a pequena hélice e magnetizado a agulha. Faraday também observou que, ao utilizar eletricidade comum através de fios, era difícil separar os efeitos produzidos quando a descarga começava a passar dos efeitos iguais e contrários produzidos quando a descarga cessava de passar.

Após analisar os resultados desses experimentos, Faraday concluiu que a eletricidade proveniente da garrafa de Leyden e a eletricidade comum não produziam os mesmos efeitos na imantação da agulha e nos fenômenos observados. Essa constatação levou Faraday a compreender que existiam diferenças fundamentais entre essas duas formas de eletricidade. Uma das principais diferenças observadas por Faraday foi a natureza simultânea dos períodos de início e término da descarga na eletricidade comum, o que dificultava a identificação dos fenômenos envolvidos. Enquanto na eletricidade voltaica era possível distinguir claramente os efeitos produzidos durante a passagem da corrente, na eletricidade comum essa separação era desafiadora. Além disso, Faraday reconheceu que a eletricidade comum poderia produzir fenômenos semelhantes à eletricidade voltaica, porém, devido às dificuldades mencionadas, era complicado perceber esses fenômenos nos experimentos realizados.

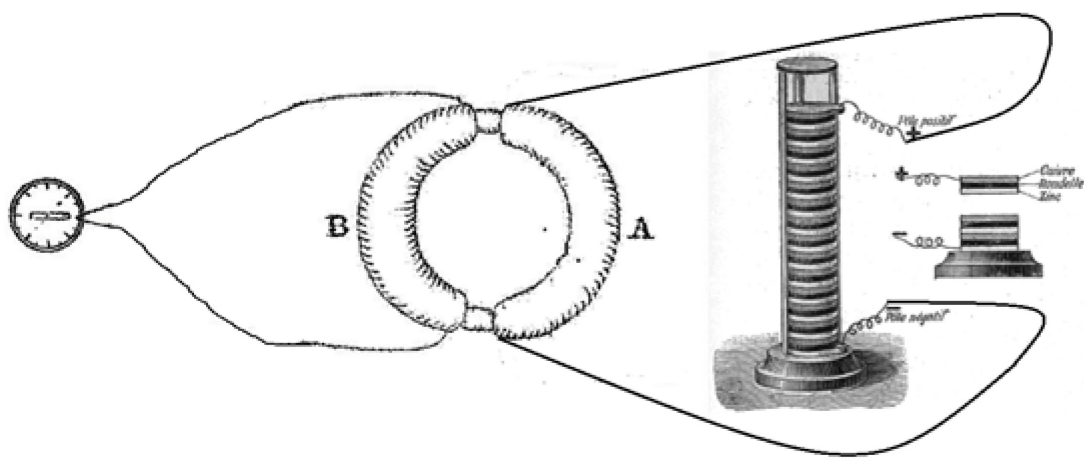
### 3.1.2.1 *Sobre a Evolução da Eletricidade a partir do Magnetismo*

No capítulo 2 do artigo "Pesquisas Experimentais em Eletricidade" da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 158-159), Faraday dá continuidade a seus estudos e observações no campo da eletricidade e magnetismo. Nessa etapa de suas investigações, ele passa a explorar uma importante modificação em seus experimentos: a variação dos núcleos das hélices compostas principais. Em vez de utilizar apenas núcleos de madeira, Faraday começa a testar diferentes materiais e configurações, incluindo núcleos ocos, núcleos de ferro, núcleos com ímãs e outras variações. Essa mudança, aparentemente pequena, na composição dos núcleos das hélices abre um novo horizonte para Faraday, permitindo que ele observe e analise variações nos fenômenos elétricos e magnéticos já conhecidos, bem como a ocorrência de novos fenômenos.

#### *Sexto experimento*

Os experimentos descritos nos parágrafos (27 ao 33) da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 159-161) descreve uma série de experimentos cujo objetivo era observar os efeitos causados pela implementação de um arranjo de dois conjuntos de hélices, enrolados em torno de um anel metálico e separados por uma distância específica. A montagem experimental utilizada envolvia hélices de fio de cobre isoladas do metal e uma da outra, que podiam ser usadas separadamente ou em conjunto. Além disso, outras hélices foram colocadas em uma parte separada do anel, formando uma nova hélice. O experimento possibilitava investigar as interações entre eletricidade e magnetismo, observando a indução de corrente elétrica nas hélices ao movê-las em relação ao anel de ferro. Diferentes configurações foram testadas, incluindo a conexão das hélices a um galvanômetro e a uma bateria, resultando em efeitos intensos no galvanômetro (Figura 3). O estabelecimento e interrupção do contato com a bateria produziram desvios na agulha do galvanômetro, indicando a presença de correntes induzidas.

**Figura 3** - Faraday faz variações usando duas hélices em torno de um anel de ferro



Fonte: Silva (2022, p. 20)

### Sétimo experimento

No experimento descrito nos parágrafos 34 e 35 da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 161), Faraday tinha o objetivo de demonstrar que uma hélice composta e oca apresenta um comportamento diferente quando um núcleo metálico é inserido em seu interior. Inicialmente, ele construiu uma combinação de hélices sobre um cilindro oco de papelão, utilizando oito pedaços de fio de cobre com um comprimento total de 220 pés (67,06m). Quatro hélices foram conectadas de ponta a ponta e ligadas ao galvanômetro, enquanto as outras quatro hélices foram interpostas e também conectadas de ponta a ponta. Ao descarregar uma bateria de cem pares através dessas hélices, o efeito sobre o galvanômetro foi pouco perceptível, embora fosse possível criar ímãs utilizando a corrente induzida.

No entanto, quando Faraday introduziu um cilindro de ferro doce com sete oitavos de polegada (2,22cm) de espessura e doze polegadas (30,48cm) de comprimento dentro do tubo de papelão, cercado pelas hélices, a corrente induzida afetou intensamente o galvanômetro, apresentando todos os fenômenos já descritos anteriormente. Além disso, a presença do cilindro de ferro aumentou a capacidade para criar ímãs com maior energia em comparação com a ausência do cilindro.

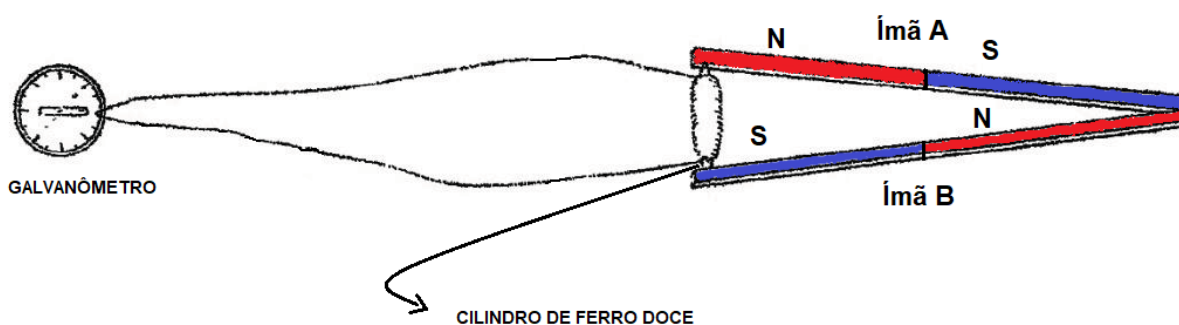
Dessa forma, Faraday concluiu que a introdução de um núcleo metálico no interior de uma hélice composta e oca tem um impacto significativo na indução de corrente elétrica. A presença do núcleo metálico alterou o comportamento da hélice, resultando em um desvio mais intenso da agulha do galvanômetro e uma corrente elétrica induzida mais forte.

Esses experimentos evidenciaram a relação entre os materiais utilizados, a configuração do arranjo das hélices e a intensidade da corrente induzida. Faraday estava explorando as propriedades da indução eletrovoltaica e demonstrando como diferentes elementos podem influenciar a geração e a intensidade da corrente induzida. Portanto, os resultados obtidos por Faraday nesses experimentos ressaltaram a importância da interação entre materiais condutores e a configuração do arranjo na indução eletrovoltaica, contribuindo para o avanço do entendimento dos princípios fundamentais da eletricidade e do magnetismo.

#### *Oitavo experimento*

No experimento descrito nos parágrafos 36 ao 39 da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 161-164), o objetivo de Faraday era demonstrar que ao inserir um cilindro de ferro doce no interior de uma hélice e fazer e desfazer o contato de suas pontas com ímãs comuns, também era possível induzir correntes elétricas. Para realizar o experimento, Faraday inseriu um cilindro de ferro doce no interior da hélice composta por fios de cobre. Ele observou que ao fazer e desfazer o contato das pontas do cilindro de ferro com ímãs comuns, correntes elétricas eram induzidas na hélice. Quando o contato das pontas do cilindro de ferro era feito com os ímãs, a agulha do galvanômetro indicava a presença de corrente elétrica induzida. Ao desfazer o contato, a agulha do galvanômetro retornava ao seu estado inicial, indicando a ausência de corrente elétrica induzida (Figura 4).

**Figura 4** - Indução de corrente em uma hélice a partir de ímãs comuns.



Fonte: Silva (2022, p. 25)

Esses resultados demonstraram que a presença dos ímãs e o contato das pontas do cilindro de ferro com eles eram capazes de induzir correntes elétricas na

hélice. Faraday estava explorando a relação entre os efeitos magnéticos e a indução eletrovoltaica, mostrando que a variação do efeito magnético causada pelo contato e não-contato com os ímãs resultava na geração de correntes elétricas. Dessa forma, esse experimento ampliou ainda mais o entendimento sobre os princípios da indução eletrovoltaica, evidenciando a capacidade de ímãs comuns em induzir correntes elétricas quando em contato com um cilindro de ferro doce no interior de uma hélice composta.

A partir dessas observações, Faraday concluiu que a indução eletrovoltaica era um processo mais amplo do que pensava inicialmente. Não se limitava apenas à interação entre uma hélice e um efeito magnético variável, mas poderia ser alcançada através de diferentes meios, como o contato com ímãs.

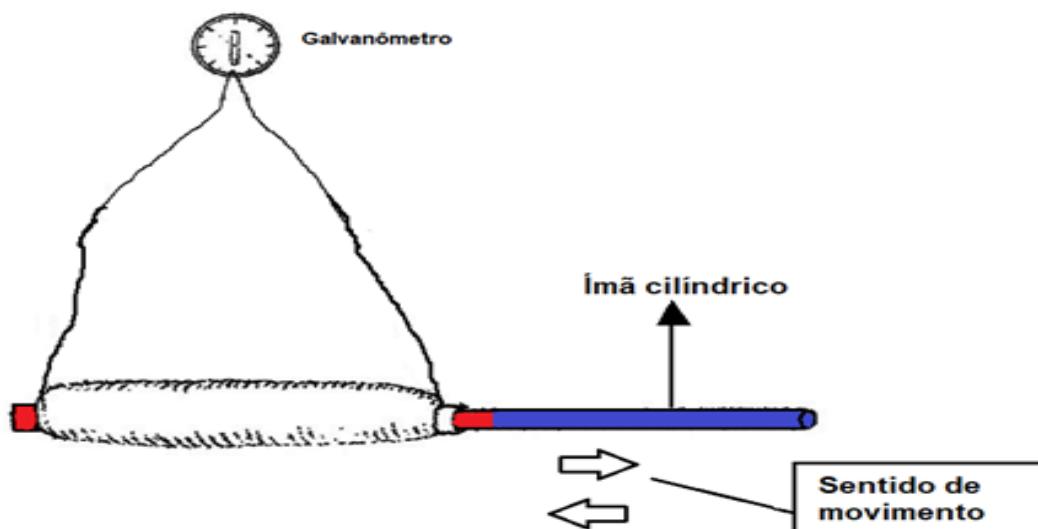
#### *Nono experimento*

No experimento descrito nos parágrafos 39 a 43 da tradução (Assis; Haruna, 2011, p. 163-165), Faraday buscou demonstrar que ímãs comuns em movimento, ao serem inseridos e retirados do interior de uma hélice oca, também eram capazes de induzir correntes elétricas. Para realizar esse experimento, Faraday utilizou uma hélice composta por fios de cobre e a conectou a um galvanômetro. Em seguida, aproximou um ímã comum do interior da hélice e observou que a agulha do galvanômetro sofria um desvio, indicando a presença de uma corrente elétrica induzida. Ao retirar o ímã do interior da hélice, o desvio da agulha do galvanômetro ocorria na direção oposta. Os resultados obtidos mostraram que o movimento relativo entre o ímã e a hélice oca podia gerar correntes elétricas induzidas. Atualmente, interpretamos isso como a variação do efeito magnético, resultante do movimento do ímã através da hélice, induzindo uma corrente elétrica no fio de cobre. Esse fenômeno ficou conhecido como indução eletromagnética.

Outro aspecto explorado por Faraday foi a polaridade do ímã. Ele observou que ao inverter a polaridade do ímã, ou seja, ao utilizar a face oposta do ímã para se aproximar e afastar da hélice, a direção da corrente elétrica induzida também se invertia. Isso evidenciou que a variação do fluxo magnético, decorrente do movimento do ímã através da hélice, era essencial para a indução da corrente elétrica. A partir dessa observação, Faraday chegou à indução eletromagnética, a

qual não trataremos por não fazer parte da atividade didática que será implementada. (Figura 5).

**Figura 5** - Indução de corrente em um conjunto de hélices através do movimento de um ímã cilíndrico



Fonte: Silva (2022, p. 27)

### 3.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS EXPERIMENTOS DE FARADAY

O estudo da obra experimental de Faraday presente nessa tradução, permitiu constatar como o processo para se chegar à corrente induzida não foi simples. Todos os experimentos foram guiados por hipóteses iniciais e tiveram muitas variações para poder estabelecer relações entre os fenômenos.

Observa-se também que o fato de Faraday estar guiado por uma “teoria”, como a dos vórtices, que assumia que os efeitos elétricos e magnéticos eram externos aos materiais (Steinle, 1994) orientou alguns dos testes que ele fez, como no caso de verificar se a movimentação de fios com um papelão no meio interferia no resultado. O mesmo no caso de considerar que a interposição de um material dentro das hélices poderia afetar a corrente induzida.

Portanto, pode-se concluir que a corrente induzida não é fruto de uma descoberta casual, mas de um estudo experimental detalhado e cuidadoso. Também podemos constatar que os resultados experimentais, nesse caso, vieram antes da construção teórica sobre a natureza da eletricidade. Assim, fica claro que a visão de que o experimento comprova a teoria não se confirma, mostrando que o processo de



aquisição de um conhecimento é muito mais complexo do que a simples “aplicação de um método científico”.

#### 4 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A partir das características da AHI, propomos uma sequência didática baseada no episódio histórico que trata do trabalho experimental de Faraday acerca da indução eletromagnética.

A estrutura da sequência, para cada problema, apresenta um cenário investigativo contendo o tema e o problema. O cenário é subdividido em momentos que são acompanhados de uma sequência de atividades. Nossa proposta estruturou cinco momentos principais:

- **apresentação do problema investigativo** – quando são apresentados o contexto e as informações essenciais para iniciar o processo de investigação e o planejamento de ações teóricas e práticas;
- **compartilhamento do quadro de ideias** – momento de discussão que envolve um processo argumentativo de exposição e defesa de ideias, além da contribuição do professor e do resto do grupo;
- **experimentação** – aqui coloca-se em prática tudo o que foi planejado no quadro de ideias;
- **compartilhamento dos resultados** – após a experimentação, os grupos vão socializar as conclusões a que chegaram e, juntamente com o professor, chegar a um consenso se os resultados foram satisfatórios, analisando em conjunto com o episódio histórico;
- **reassunção** – dependendo do consenso a que se chegue, pode ser necessário retomar um ou mais momentos anteriores para melhorar os resultados ou contemplar outras perspectivas que ajudem a compreender melhor o trabalho envolvido no episódio histórico.

Os momentos didáticos estruturam as etapas e atividades que foram efetivamente desenvolvidas em sala de aula e podem envolver:

- **recursos de mediação:** ações realizadas pelo docente para permitir que a investigação tenha continuidade e seja adaptada ao público a que se destina. Pode envolver, por exemplo, a retomada de temas e apresentação de contextos históricos anteriores que situem o estudante no momento histórico que está trabalhando;
- **problemas derivativos:** são questões que integram o problema geral do cenário investigativo, mas que delimitam uma etapa específica e importante para

o desenvolvimento da investigação; entre outras coisas, tem a função de direcionar o olhar dos estudantes para pontos importantes que precisam ser discutidos dentro do contexto do recorte histórico

- **quadro de ideias:** etapa em que os estudantes se envolvem em atividades que pressupõem o desenvolvimento de habilidades investigativas, como o levantamento de hipóteses, proposição de experimentos, modelos etc.
- **experimentação:** os estudantes se envolvem na execução do que foi proposto no quadro de ideias. Aqui eles testaram livremente suas hipóteses.

#### 4.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Após construção da sequência, realizamos uma intervenção na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Maria Balbina Pereira, com os estudantes do terceiro ano do ensino médio. Ao todo foram realizados cinco encontros, totalizando nove aulas de quarenta e cinco minutos. Participaram da pesquisa dezoito estudantes que foram divididos em quatro grupos. Todos assinaram o termo de consentimento, no entanto, apenas dois grupos permitiram a gravação de áudio e vídeo. Portanto, como sujeitos da pesquisa foram considerados apenas os grupos nos quais foi possível coletar a mesma quantidade de informações, um total de nove estudantes que compuseram dois grupos. Para identificação, utilizaremos a especificação do grupo (1 ou 2) e a nomenclatura “estudante” seguido de uma numeração de acordo com a quantidade de estudantes no grupo, por exemplo, “estudante 1”, “estudante 2” etc.

Assim, utilizamos como instrumentos de coleta de dados as gravações em áudio e vídeo para suportar nossa análise, além das atividades práticas que geraram material físico. Fizemos a transcrição das falas e, a partir da interação dos estudantes com o material, e dos processos argumentativos, analisamos todos os dados gerados por meio das categorias que levaram em consideração os aspectos procedimental, teórico e metodológico, relacionados aos momentos didáticos e o episódio histórico trabalhado. Como critérios de análise, baseados em Pinto (2022), propomos as categorias discutidas no Quadro 01.

**Quadro 1 - Critérios para análise**

CRITÉRIO	ASPECTO PROCEDIMENTAL	ASPECTOS TEÓRICOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS
CONFIRMAÇÃO	Os procedimentos realizados pelos estudantes estão em acordo com o que foi previsto pelo episódio.	Quando os estudantes apresentam falas que corroboram aspectos teóricos e conceituais presentes no episódio histórico.	Quando as etapas desenvolvidas na investigação são semelhantes aquela proposta pela sequência investigativa.
ADEQUAÇÃO	Outros procedimentos realizados pelos estudantes que compõem o processo para chegar no resultado previsto no experimento histórico.	Explicações de fenômenos observados durante as aulas e que ainda não estão dentro do que foi proposto no episódio histórico.	Quando as etapas desenvolvidas pelos estudantes não seguem a sequência investigativa prevista.
CONEXÃO	Os procedimentos que relacionam diferentes etapas ou experimentos.	Quando usam conceitos e teorias de outros experimentos e/ou etapas.	Quando reproduzem etapas de outros momentos didáticos.

Fonte: Pinto (2022)

Os resultados e discussões foram dispostos no tópico 4.2 da seguinte maneira: apresentamos a sequência que foi utilizada na intervenção e, ao final de cada encontro, fizemos a análise e discussão dos dados coletados que subsidiaram a reestruturação da sequência para a versão final que se transformou no produto dessa pesquisa. Para tanto, foram trianguladas informações das transcrições, das imagens dos vídeos e das atividades produzidas durante as aulas e entregues ao docente. A partir disso, os dados foram relacionados com os critérios dispostos no Quadro 01. Com isso, pudemos observar a efetividade da sequência em sua capacidade de promover a investigação e a potencialidade de trabalhar a História da Ciência em sala de aula.

#### 4.2 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA – ANÁLISE E DISCUSSÕES

### SEQUÊNCIA DIDÁTICA - LEI DE FARADAY

## CENÁRIO INVESTIGATIVO

. . . Se fosse adotada a bela teoria de Ampère, ou qualquer outra, ou qualquer reserva que fosse feita mentalmente, ainda parecia muito extraordinário, que assim como toda corrente elétrica está acompanhada por uma intensidade correspondente da ação magnética em ângulos retos à corrente, bons condutores de eletricidade, quando colocados dentro da esfera desta ação, não devessem ter qualquer corrente induzida através deles, ou algum efeito perceptível produzido com força equivalente a tal corrente.

Michael Faraday nesta época tinha conhecimento, entre outros trabalhos, dos experimentos realizados por Hans Christian Oersted, que mostravam a relação entre a corrente elétrica e os efeitos magnéticos. Em 1820, Oersted descobriu que uma corrente elétrica passando por um fio condutor gerava uma deflexão na agulha magnética de uma bússola que era colocada próxima ao fio condutor. Ele fez essa descoberta ao observar que uma agulha magnética próxima a um fio condutor era desviada quando a corrente elétrica fluía através dele. Essa observação foi o ponto de partida para a compreensão da relação entre eletricidade e magnetismo. Faraday estava ciente desses experimentos de Oersted e, em seus próprios trabalhos, expandiu e aprofundou a compreensão *dessa relação*.

A partir da ideia de simetria, a investigação busca inserir os estudantes num contexto em que possam, a partir dos estudos de Oersted, desenvolver uma investigação que os levem a testar a hipótese de Faraday sobre a relação entre eletricidade e magnetismo. Essa simetria se dará nos aspectos procedimentais, teóricos e metodológicos.

### **Problema Investigativo:**

*Sabemos que a partir do estabelecimento de uma corrente elétrica há o surgimento de uma ação magnética. Segundo Oersted, isso indica uma relação entre esses fenômenos. Sabendo disso, Faraday nos apresenta o seguinte desafio: se esses fenômenos estão relacionados de alguma forma então é plausível supor que a interação também ocorre no sentido contrário, ou seja, é possível que uma ação magnética gere uma corrente elétrica?*

**Aspecto Procedimental:**

Nesse aspecto, a simetria refere-se ao paralelismo entre os experimentos conduzidos por Oersted e Faraday. Os estudantes serão apresentados ao experimento de Oersted, que revelou a deflexão da agulha magnética quando uma corrente elétrica passa por um fio metálico, mostrando que uma corrente elétrica gera um efeito magnético semelhante ao de um ímã.

Agora, a questão é: de que forma podemos, a partir de um ímã, gerar uma corrente elétrica em um fio metálico? Os estudantes serão desafiados a explorar esse fenômeno e a investigar a indução eletromagnética proposta por Faraday. Por meio da variação do fluxo magnético, eles poderão compreender como um efeito magnético variável pode induzir uma corrente elétrica em um circuito fechado.

**Aspecto Teórico:**

A simetria teórica está relacionada à coerência conceitual entre as descobertas de Oersted e a hipótese de Faraday. Os estudantes serão orientados a compreender que a deflexão da agulha magnética no experimento de Oersted resulta diretamente da influência da corrente elétrica no fio condutor. Essa compreensão conceitual permitirá que os estudantes percebam a íntima conexão entre eletricidade e magnetismo. Essa compreensão conceitual permitirá aos estudantes perceberem como a eletricidade está intrinsecamente ligada ao magnetismo.

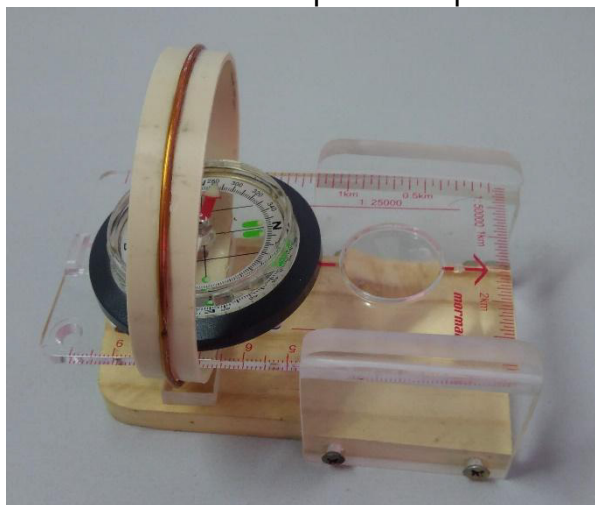
**Aspecto Metodológico:**

A simetria metodológica implica que os estudantes utilizarão abordagens similares para conduzir os experimentos inspirados por Oersted e a hipótese de Faraday. Eles foram orientados a propor e realizar experimentos e registrar detalhadamente cada etapa. Essa abordagem os auxiliará a compreender de forma mais profunda a conexão entre eletricidade e magnetismo, ao mesmo tempo em que desenvolvem habilidades de pesquisa científica durante a realização dos experimentos.

**1º Encontro (1 aula de 45 min)****INTRODUÇÃO AO PROBLEMA INVESTIGATIVO**

- A aula se inicia com uma demonstração do experimento de Oersted.
- O experimento de Oersted é apresentado e, em grupos, os estudantes fizeram sua reprodução e análise, a partir de um modelo didático que foi disponibilizado, conforme a Figura 6.
- Ao final, apresentamos o problema relacionado à hipótese de Faraday, a partir do que foi compreendido do experimento de Oersted.

**Figura 6** - Modelo didático exemplar do experimento de Oersted



Fonte: Acervo GHCEN, 2024

### O que se observa?

Quando uma corrente elétrica passa por um fio metálico e uma agulha magnética é posicionada próxima a esse fio, a agulha da bússola sofre um desvio, como se estivesse próxima ao polo de um ímã. É importante ressaltar que esse desvio ocorre em uma direção perpendicular àquela do fio condutor, e não ao longo dele, como inicialmente se poderia supor (uma concepção comum - inclusive entre cientistas da época de Oersted - é de que a agulha da bússola vai se alinhar com o fio). A ideia é que os estudantes percebam que esse desvio se dá na direção perpendicular à do fio, em vez de paralela a ele, como frequentemente se imagina (uma concepção errônea compartilhada, inclusive pelos cientistas da época de Oersted).

**Recurso de mediação: Professor**

Ao apresentar o experimento de Oersted, define-se os conceitos, baseado no contexto histórico, e os elementos principais envolvidos no experimento. O intuito foi levar os estudantes a perceberem que existe uma fonte, um meio e um detector

### **Problema derivativo**

- Como é a influência do efeito magnético na bússola ao redor do fio?
- Como a posição e o material do fio condutor afetam a direção e a intensidade do efeito magnético gerado pela corrente elétrica?

Usamos fios compostos por diversos materiais (cobre e alumínio); esperávamos que os estudantes posicionassem a bússola em diferentes posições, para observar os efeitos ocorridos. Para que os estudantes percebessem esse importante fenômeno, foi realizada uma etapa prévia em que os estudantes deveriam descobrir qual era a direção da ação magnética gerada pela corrente elétrica: colocamos um fio condutor em várias direções em relação à agulha da bússola e ligamos o circuito, observando o que ocorria com a agulha. Nesse momento, os estudantes deveriam representar por meio de desenhos o comportamento da bússola devido à ação magnética gerada ao longo do fio em diferentes posições e configurações.

### ***Relato e análise da execução do 1º Encontro***

A aula teve início com a apresentação do experimento histórico de Oersted, durante o qual foi exposto o problema investigativo e guiado pelo contexto histórico. Baseado nas pesquisas experimentais de Faraday sobre eletricidade, apresentadas à Royal Society em 1831, o experimento de Oersted (Figura 6) foi demonstrado à turma com o objetivo de revisar os conceitos sobre o efeito magnético gerado por correntes elétricas. Foram formados grupos de quatro estudantes, aos quais foi fornecido o modelo didático para a reprodução do experimento (Figura 6). Durante a exposição, foram definidos alguns conceitos importantes, contextualizando-os historicamente e destacando os elementos essenciais envolvidos. O objetivo foi que os estudantes compreendessem a presença de uma fonte, um meio e um detector, fundamentais para entender o fenômeno investigado. Ao explicar a função de cada componente - a bateria como fonte de energia, o fio de cobre como condutor e a



bússola como detector dos efeitos magnéticos gerados pela corrente elétrica no fio - buscamos fornecer aos estudantes uma base sólida para sua compreensão do experimento e dos princípios subjacentes à indução eletromagnética.

No entanto, ao iniciar a investigação e manipular a bússola em diferentes posições próximas ao aparato experimental, logo percebemos que este modelo não estava funcionando conforme o esperado. Uma das razões para a falta de interesse por parte dos estudantes foi a descoberta quase que imediata de que a bússola precisava ser posicionada dentro do arco formado pelo fio de cobre para detectar os efeitos magnéticos gerados pela passagem da corrente elétrica. Isso era intuitivo e evidente, o que tornou o processo de investigação menos atraente para os estudantes, pois eles rapidamente encontraram a resposta sem a necessidade de explorar outras possibilidades.

No ensino por investigação, é crucial que os estudantes se sintam desafiados a explorar diferentes aspectos do fenômeno em estudo, experimentando e testando diversas possibilidades. No entanto, neste caso, a solução tornou-se óbvia logo no início, o que reduziu a motivação dos estudantes para continuar investigando. Como resultado, o experimento não foi bem aceito, pois não proporcionou um ambiente propício para a exploração ativa e a descoberta por parte dos estudantes, elementos fundamentais no processo de aprendizagem por investigação.

Apesar da falta de aceitação inicial por parte dos estudantes, o experimento oferece ao professor uma oportunidade valiosa de ensino por investigação. Ao utilizar o modelo, o professor pode explicar a função de cada componente do aparato experimental e incentivar os estudantes a explorarem diferentes abordagens, como a inversão dos polos da bateria e a variação da posição da bússola. Embora os estudantes tenham descoberto rapidamente a necessidade de posicionar a bússola dentro do arco do fio de cobre, isso pode servir como ponto de partida para uma discussão mais profunda sobre os conceitos de eletricidade e magnetismo.

Ao modificar o experimento (Figura 7) e encorajar a experimentação, o professor promove o pensamento crítico e a resolução de problemas, aspectos fundamentais do ensino por investigação. Assim, apesar dos desafios iniciais, o experimento continua sendo uma ferramenta valiosa para promover o aprendizado e a compreensão conceitual dos estudantes.

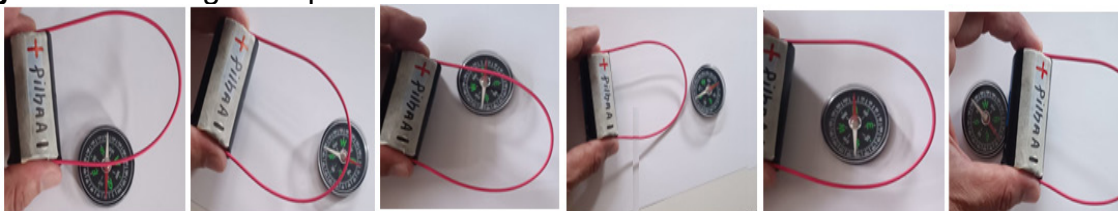
**Figura 7** - Aparato experimental de Oersted alternativo



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024

Por outro lado, o uso de um aparato experimental mais simples (Figura 7) propiciou uma interação mais profunda por parte dos estudantes, permitindo que explorassem ativamente uma variedade de posições e configurações. Eles investigaram diferentes disposições para a bússola e experimentaram a inversão dos polos da bateria, demonstrando um interesse significativo ao interagir diretamente com o fio nos polos da bateria e observar o comportamento da bússola, onde os estudantes puderam explorar e testar as hipóteses levantadas durante as discussões iniciais, conforme as imagens representadas pela (Figura 8).

**Figura 8** - Montagem experimental



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024

Essa abordagem possibilitou que os estudantes conduzissem suas investigações de forma independente e criativa, promovendo assim um aprendizado mais significativo dos conceitos de eletricidade e magnetismo, conforme podemos observar as conversas dos estudantes:

#### Grupo 1

*ESTUDANTE 1: Será que ela vai pra mesma direção da outra?*

*ESTUDANTE 2: troca aí, o vermelho pelo preto*

*ESTUDANTE 3: Ó, Ó, ela inverte, viu, viu...*

Essa análise enfatiza a observação dos estudantes durante a manipulação do experimento. Ao trocarem o fio vermelho pelo preto, eles estavam testando suas hipóteses ou colocando em prática o que foi proposto em seu quadro de ideias. Isso sugere uma Conexão do Aspecto Procedimental, pois os estudantes estavam realizando uma troca de componentes para observar o efeito resultante no experimento. A resposta observada, onde a direção se inverte, confirma que a alteração realizada estava impactando o comportamento do experimento conforme previsto. Isso evidencia que os estudantes estão seguindo o procedimento estabelecido, que inclui a manipulação deliberada de variáveis para investigar seu efeito sobre o resultado do experimento. A confirmação do aspecto procedimental destaca a habilidade dos estudantes em conduzir experimentos de forma organizada e observadora.

*ESTUDANTE 1: Olha aí, Osvaldo! Esse aqui é quase igual um ímã quando ele conecta*

Aqui, os estudantes percebem que a corrente elétrica possui um comportamento semelhante ao efeito estabelecido pelo ímã ao se aproximar de uma bússola. Neste estágio da investigação, os estudantes começam a fazer a analogia entre os fenômenos magnéticos observados no experimento de Oersted e os efeitos magnéticos causados pela interação entre um ímã e uma bússola. Essa comparação ajuda a confirmar o entendimento dos conceitos discutidos anteriormente e a estabelecer conexões entre os diferentes aspectos do fenômeno estudado no experimento.

Nesse trecho da fala do estudante, ocorre uma confirmação do aspecto procedimental, uma vez que os procedimentos realizados pelos estudantes confirmam o comportamento esperado, como previsto pelo experimento histórico de Oersted. Ao reconhecer a semelhança entre o objeto em estudo e um ímã quando está conectado, o estudante está corroborando com o procedimento previsto no episódio histórico. Eles observaram e reconheceram a semelhança entre o comportamento do objeto, o efeito da corrente elétrica e o comportamento de um ímã, o que confirma a validade do experimento e sua relação com os princípios da Física, assim como as observações descritas por Faraday no parágrafos 34 a 39 “Pesquisas Experimentais em Eletricidade” da tradução (Assis; Haruna 2011, p. 161 a 168).

Este foi um trecho retirado da resposta de uma atividade proposta em sala de aula, observe:

Ela não recebe energia, ela só detecta. E  
 nem energia ela detecta, ela detecta função  
 magnética, com a excitação da pilha que tá  
 melhor, assim gera mais força. Ela sente a  
 força, tipo uma potência. Portanto a bússola  
 gera esta força ou energia que está na bobina.

A explicação dada pelos estudantes não está totalmente alinhada com as explicações propostas pelo episódio histórico da sequência didática. De fato, a bússola não "detecta" energia nem "potência", mas responde à presença de efeitos magnéticos. No contexto do experimento histórico, a bússola deveria ser usada para detectar efeitos magnéticos gerados pela corrente elétrica que passa ao redor de um fio condutor. Por outro lado, a bússola também não gerou força ou energia por si só; ela simplesmente indicou a direção do efeito magnético produzido pela passagem da corrente elétrica entorno de um fio condutor. Portanto, a explicação dada pelo estudante corresponde à Adequação do Aspecto Teórico.

## Grupo 2

Fazendo essa mesma análise para o grupo 02, podemos confirmar que os estudantes de fato estavam utilizando o que montaram no quadro de ideias. Embora não tenham expressamente registrado suas observações por escrito, suas falas evidenciam que eles expuseram suas ideias e formularam hipóteses. Essa constatação indica que, assim como no grupo 01, os estudantes estiveram engajados no processo de discussão e construção de conhecimento, compartilhando suas percepções e contribuindo para a elaboração das estratégias investigativas. Segue as transcrições de suas falas durante a experimentação.

*ESTUDANTE 1: Tá mexendo mais*

*ESTUDANTE 2: Talvez essas polaridades viu, Wellington!? Que não tá funcionando direito*

*ESTUDANTE 3: Talvez aqui não, talvez aqui*

*ESTUDANTE 1: Vamos ver se de outro jeito funciona, vamos testar outros jeitos*

*ESTUDANTE 2: Deixa eu ver assim... Tem algum efeito não né? Nada aconteceu.*

Nas falas transcritas acima, os estudantes conduziram os experimentos, observando e registrando as mudanças ocorridas, o que demonstra a Confirmação do Aspecto Procedimental conforme planejado na sequência investigativa. Encontramos também a confirmação do Aspecto Teórico, quando os estudantes discutiram sobre as polaridades e possíveis razões pelas quais o experimento não está funcionando conforme esperado, indicando uma tentativa de conectar os resultados observados com o episódio histórico discutidos durante a aula.

*ESTUDANTE 1: eu tô segurando um negócio, mas não tá funcionando... não tá funcionando*

*ESTUDANTE 2: ó Osvaldo, ó Osvaldo, funciona bem fraquinho, não tem outra dessa para agente testa aí?*

*ESTUDANTE 1: porque não tá funcionando de jeito nenhum, nenhum dois jeitos, eu estou trocando a bateria pra ver se é...*

*ESTUDANTE2 : Osvaldo, Osvaldo, realmente era a bateria...*

*ESTUDANTE 3: era a bateria, olha lá, tá se mexendo...*

Essas sequências de falas se enquadram na Confirmação do Aspecto Procedimental e também na Confirmação do Aspecto Teórico.

Confirmação do Aspecto Procedimental: O estudante identificou um problema específico no experimento - a falta de funcionamento - e tentou encontrar uma solução para isso. Ao expressar sua frustração e pedir por outra bateria para testar, ele esteve seguindo o procedimento previsto para lidar com problemas que surgem durante a realização do experimento.

Confirmação do Aspecto Teórico, ao perceber que o problema estava na bateria e querer substituí-la, para o experimento funcionar corretamente, o estudante confirma não apenas o aspecto procedimental, mas também o aspecto teórico do experimento. Ele esteve relacionando a observação experimental com o conhecimento teórico sobre a importância da energia fornecida pela bateria para o funcionamento do experimento. Essa correlação entre observação e teoria foi essencial para a validação e compreensão dos resultados experimentais.

*ESTUDANTE 1: Osvaldo!! Essa bússola tá quebrada. Essa bússola tá quebrada, ela não tá apontando pro norte não, Osvaldo*

*ESTUDANTE 2: Mas num tá estranho não!? Olha! O norte não era pra lá não!?*

*ESTUDANTE 3: afasta o celular, é o ímã*

Neste diálogo, os estudantes expressam preocupação com a precisão da bússola utilizada no experimento, sugerindo que ela pode estar quebrada devido à sua incapacidade de apontar para o norte. Ele levanta essa hipótese ao notar que a direção indicada pela bússola não corresponde ao norte como esperado. Essa observação sugere uma possível interferência externa, como a presença de um ímã próximo, que poderia estar afetando o funcionamento da bússola. Nesta fala, temos a Confirmação do Aspecto Procedimental. Ao relacionar o comportamento da bússola com a presença do ímã, o estudante demonstrou uma compreensão dos princípios magnéticos que regem o funcionamento da bússola, o que constitui uma Conexão do Aspecto Teórico.

### **2º Encontro (2 aulas de 45 min cada)**

#### **QUADRO DE IDEIAS**

Inicialmente foi retomada a discussão da aula anterior e, então, será apresentado o problema investigativo. A partir disso, propôs que os estudantes desenvolvam uma proposta de experimento para testar a questão em análise. O experimento deveria abordar os seguintes elementos:

- **Materiais:**

Lista de todos os materiais necessários para conduzir o experimento investigativo. Isso inclui fios condutores, fonte de corrente elétrica (como bateria ou fonte de 9V) e agulha magnética (bússola).

- **Estrutura:**

Descrição detalhada da montagem experimental, incluindo como os materiais foram dispostos e conectados. A estrutura do experimento deve ser clara e organizada para garantir a replicabilidade e a precisão dos resultados.

- **Hipóteses:**

As hipóteses devem ser formuladas com base na pergunta investigativa. Elas são as suposições iniciais sobre o que se espera que aconteça no experimento. Por

exemplo, a hipótese pode afirmar que a agulha da bússola se desviará quando a corrente elétrica fluir pelo fio metálico.

- **Funcionamento:**

Explicação detalhada de como o experimento funcionará, passo a passo. Isso inclui como as variáveis seriam controladas, como a corrente elétrica seria estabelecida no fio, como a agulha da bússola deveria ser posicionada e como as medições seriam realizadas. Também deveria ser descrito o que se espera observar durante o experimento.

### **Recurso de mediação: Professor**

Relembrando o experimento de Oersted, no qual os estudantes identificaram os elementos envolvidos — uma fonte, um meio e um detector — propusemos um novo cenário. Naquele momento, em vez de utilizar um fio reto, passamos a utilizar uma bobina. No experimento original, a bateria era a fonte de corrente elétrica, e a bússola atuava como o detector de efeito magnético. No entanto, naquela ocasião, Faraday investigou o oposto, buscando demonstrar o processo inverso, onde uma ação magnética atuava em um fio para gerar corrente elétrica. Portanto, o foco da investigação passou a ser compreender quem desempenharia o papel de fonte e quem atuaria como o detector nesse novo cenário, conforme a figura 9.

**Figura 9 - Bobina usada no experimental Oersted 2**



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024

Para a realização utilizou – se dos instrumentos e das ferramentas, conforme descritas:

- Bobinas construídas com algumas centenas de voltas de fio de cobre esmaltados;

- Bússola;
- Fonte de eletricidade (Bateria de 9V);
- Cabo de ligação com garrinhas de jacaré para facilitar as conexões.

### **Hipóteses**

- Quando uma corrente elétrica fluindo por um fio próximo a uma bússola poderá causar algum tipo de desvio ou movimento na agulha da bússola.
- A polaridade da fonte de tensão que está fornecendo corrente elétrica (se positiva ou negativa) pode influenciar a direção do desvio da agulha da bússola.
- A orientação do fio em relação à agulha da bússola (horizontal, vertical, etc.) teria alguma influência no desvio da agulha.

### **Problema**

Como só disponho de uma fonte, não será possível utilizar uma de maior intensidade?

Por isso, cheguei à ideia de ligar a fonte em um fio de comprimento suficientemente longo, para que ele fique todo próximo da bússola, iremos enrolar em várias voltas, em forma de uma bobina. Assim, imagino que com mais fios nas proximidades da bússola, com o movimento da eletricidade em todos eles, o efeito seja maior.

Agora, resolvemos refazer-lo, na tentativa de aumentar a intensidade desse efeito. Desconfio que duas coisas podem afetar o experimento:

1. A fonte de eletricidade;
2. A eletricidade que passa no fio nas proximidades da bússola.

Após a realização dos testes, podemos concluir que sim, o fenômeno aconteceu com maior intensidade conforme minhas hipóteses.

Objetivos:

- Apresentar o experimento de Oersted;
- Discutir elementos da atividade experimental;



- Apresentar o conceito de bobina;
- Aproximar os estudantes das matérias e instrumentos que serão utilizados na aula de Faraday;
- Propor uma estrutura de investigação que será explorada nas aulas seguintes.

### ***Relato e análise da execução do 2º Encontro***

No segundo experimento, utilizamos uma bobina construída com fio de cobre esmaltado com diâmetro de 0,724mm (21 AWG), composta por 500 voltas em torno de um núcleo de madeira (um pedaço de cabo de vassoura de 20cm de comprimento), conforme ilustrado na Figura 10. Além de explorar a função de cada componente, enfatizando novamente o papel da fonte (pilha), do condutor (o fio) e do detector (a bússola), introduzimos o conceito de bobina aos estudantes. Ao iniciar a investigação, incentivamos os estudantes a manipular a bússola em diferentes posições próximas ao aparato experimental e sempre fazendo anotações e desenhos para explicar o que estava acontecendo. Observou-se que os estudantes demonstraram um crescente interesse pela investigação, notavelmente impulsionado pelo uso das bobinas, que ofereceu uma ampla gama de possibilidades de posicionamentos e configurações. Essa flexibilidade permitiu uma exploração mais detalhada e conduziu a um engajamento por parte dos estudantes, conforme podemos ver a Figura 10.

**Figura 10** - Experimento de Oersted com a bobina



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

Considerando que eles já haviam entendido a ideia central deste experimento, pois ele é uma continuidade do primeiro, apenas estamos levando-os a

compreenderem o efeito magnético que foi multiplicado pela bobina. Eles percebem que não basta fazer a ligação entre a bobina e a fonte elétrica, assim como Faraday também descreve em seu artigo “Pesquisas Experimentais em eletricidade”, entre os parágrafos 10 e 17, sobre a magnetização de uma agulha a partir da variação da corrente induzida no momento em que se estabelece ou se rompe o contato entre a bateria e um fio indutor, e não observando nenhum efeito se o contato permanecer ligado. Segue as falas dos estudantes

### Grupo 1

*ESTUDANTE 1: Eu acho que não tem nada a ver tocando aqui*

*ESTUDANTE 2: agora eu vou prender esse*

*ESTUDANTE 2: só encosta e solta, só encosta e solta*

*ESTUDANTE 3: Não encosta, tu tem que encontrar o ponto certo*

*ESTUDANTE 4: Pronto, você que entende vai anotando as características*

*ESTUDANTE 1: É isso! Eu num te falei que não é encostando, é tipo um ímã, você sente, tem que achar o ponto para tocar onde vai pegar essa energia maior*

Ao analisarmos as falas dos estudantes, encontramos a Confirmação do Aspecto Procedimental: A interação entre os estudantes refletiu o processo de experimentação, em que estavam tentando diferentes abordagens para compreender o fenômeno em estudo. Desde a tentativa de apenas encostar e soltar até a busca pelo ponto certo, eles estavam seguindo um procedimento experimental de tentativa e erro para obter resultados que fossem consistentes.

Adequação do Aspecto Procedimental: Ao perceberem que apenas encostar e soltar não produz os resultados desejados, os estudantes ajustaram seu procedimento, buscando encontrar o ponto correto de toque com relação aos polos da bateria. Essa abordagem adaptativa e investigativa demonstrou sua compreensão do processo experimental e sua disposição para explorar diferentes possibilidades para alcançar resultados válidos.

Confirmação do Aspecto Teórico: Quando a estudante compara a interação com o objeto a um ímã e menciona a necessidade de encontrar o ponto certo para "pegar essa energia maior", ela demonstra uma compreensão conceitual do fenômeno em estudo. Essa observação reflete uma conexão entre a experiência prática e o conhecimento teórico, contribuindo para a confirmação do aspecto teórico do experimento.

As observações realizadas pelos estudantes sobre a direção do desvio da agulha da bússola ao estabelecer e romper o contato da bateria vão ao encontro as observações descritas por Faraday no Artigo 38 “Pesquisas Experimentais em Eletricidade” da tradução de Assis e Haruna (2011, p. 160). Além disso, suas interações durante a experimentação revelam uma abordagem investigativa, evidenciando uma compreensão intuitiva do funcionamento do experimento.

*ESTUDANTE 1: ..., se trocar esse positivo... por esse negativo, acho que não vai acontecer nada não*

*ESTUDANTE 2: deixa eu tirar esse aqui, o vermelho, vamos trocar pelo preto e fazer o contato...*

*ESTUDANTE 3: Só girar para o lado contrário, para o lado contrário agora, viu...*

A interação entre os estudantes refletiu um processo experimental em que estavam tentando diferentes maneiras para compreender o fenômeno em estudo. A ação de trocar o fio vermelho pelo preto e fazer o contato sugere uma confirmação do aspecto procedimental e que se semelha àquelas etapas utilizadas por Faraday no Artigo 30 da “Pesquisas Experimentais em Eletricidade” da tradução de Assis e Haruna (2011, p. 160) que percebe que ao fazer o contato magnético a agulha do galvanômetro girava para o lado contrário.

Essa interação entre os estudantes se enquadrou na Confirmação do Aspecto Procedimental e na Adequação do Aspecto Procedimental. No entanto, quando os estudantes estavam invertendo as posições dos fios e fazendo contato de diferentes maneiras para verificar se isso afeta o resultado do experimento, temos uma adequação do Aspecto Procedimental. Porém essa tentativa de manipulação dos componentes do experimento refletiu a Confirmação do Aspecto Procedimental do experimento previsto, onde os estudantes estavam seguindo as etapas necessárias para compreender o fenômeno em estudo.

*ESTUDANTE 1: mas tipo você continuar aqui lá embaixo ela muda a dele já a direção*

*ESTUDANTE 2: Bota aqui pra baixo, porque saiu uma... Será que esse aí, é a carga mais forte, onde a energia sai mais forte?*

*ESTUDANTE 3: Encosta aqui em baixo da pilha*

*ESTUDANTE 2: Agora tira*

*ESTUDANTE 1: Vai, vai, vai, vai.*

*ESTUDANTE 3: Vamos tentar fazer um suporte, sem a gente segurar*

Conexão do Aspecto Procedimental: Os estudantes exploraram diferentes configurações e posições do dispositivo, como colocá-lo para baixo ou perto de uma pilha, para observar como isso afeta seu comportamento. Eles estavam buscando entender como variáveis externas poderiam influenciar os resultados do experimento, evidenciando uma abordagem experimental exploratória.

### Grupo 2

*ESTUDANTE 1: a função!?! A função da bússola é captar a onda eletromagnética, não é?*

*ESTUDANTE 2: um fio passaria só uma corrente eletromagnética, olha... bem fraco*

*ESTUDANTE 3: mas já que são muitos fios, ele vai ficar maior e mais forte o campo magnético*

Nas falas acima temos a Confirmação do Aspecto Teórico, quando o estudante menciona a função da bússola de captar ondas eletromagnéticas, ele estava demonstrando uma compreensão teórica do princípio de funcionamento desse dispositivo. Isso sugere que ele tem algum conhecimento sobre os conceitos de magnetismo e da eletricidade, essenciais para entender como o funcionamento da bússola. Além do mais, temos uma Adequação do Aspecto Procedimental, quando o estudante faz uma inferência sobre como a quantidade de fios influencia a intensidade do efeito magnético, pois na sequência era previsto por hipótese que a bobina multiplicaria os efeitos magnéticos em relação ao experimento anterior.

*ESTUDANTE 1: campo eletromagnético é capaz de fazer a liga interferir*

*ESTUDANTE 2: Vamos ver se de outro jeito funciona, vamos testar outros jeitos*

Conexão do Aspecto Teórico: O estudante estava fazendo uma conexão entre a interferência da liga metálica e o efeito eletromagnético gerado pelo experimento. Ele estava aplicando os conceitos teóricos sobre os efeitos eletromagnéticos em materiais condutores, sugerindo uma compreensão dos princípios físicos subjacentes ao fenômeno observado.

*ESTUDANTE 1: Sim, não deixa que esses fios encostem não, deixa encostando não*

*ESTUDANTE 2: o que que aconteceu aqui?*

*ESTUDANTE 3: levanta*

*ESTUDANTE 4: eu tô segurando um negócio, mas não tá funcionando... não tá funcionando*

Adequação do Aspecto Procedimental: O estudante está seguindo o Procedimento Experimental ao manipular as variáveis do experimento, notando que os fios não devem estar em contato para que o dispositivo funcione corretamente. Ele estava observando e registrando as mudanças no experimento, buscando entender como diferentes condições afetam seu funcionamento, o que se alinha com o aspecto procedimental proposto.

### **3º Encontro (1 aula de 45 min)**

#### **COMPARTILHAMENTO DOS QUADROS DE IDEIAS**

Neste momento cada grupo compartilhou suas propostas experimentais: o professor e a turma discutiram e fizeram sugestões para o grupo. O professor incentivou a participação ativa e faz intervenções sem que mude a estrutura principal da proposta.

#### **Experimento de Fluxo Magnético**

Na atividade proposta para este encontro, embarcamos em uma jornada investigativa inspirada pelo renomado físico Michael Faraday e sua famosa lei do fluxo magnético. Neste contexto, os estudantes foram desafiados a mergulhar em um diário de laboratório fictício atribuído a Faraday, contendo apenas suas hipóteses sobre um fenômeno incompleto. Coube à turma, então, desenvolver essas hipóteses e propor experimentos para explorar e compreender plenamente o fenômeno descrito pelo cientista. Assim, convidamos os estudantes a se tornarem verdadeiros cientistas, aplicando seus conhecimentos sobre a lei do fluxo magnético de Faraday e sua curiosidade investigativa para desvendar os segredos do mundo magnético.

A turma teve acesso ao diário de laboratório em que foi apresentado o cenário investigativo. Como recurso, também receberam o quadro de ideias em que o(a) professor(a) orientou nas etapas a serem desenvolvidas pela turma, conforme orientações abaixo.

MOMENTO 1: Entrega e discussão do “Carta de Faraday” (Apêndice C).

Neste momento, o(a) professor(a) apresentou o cenário investigativo para a turma, contextualizando o experimento no âmbito dos estudos históricos de Faraday sobre a indução eletromagnética. Em seguida, foi entregue o “quadro de ideias” (Apêndice B) aos estudantes e explicado como seriam os procedimentos para trabalhar com ele. O “quadro de ideias” foi composto por três colunas que os estudantes preencherão com os materiais a serem utilizados no experimento, suas características e funções.

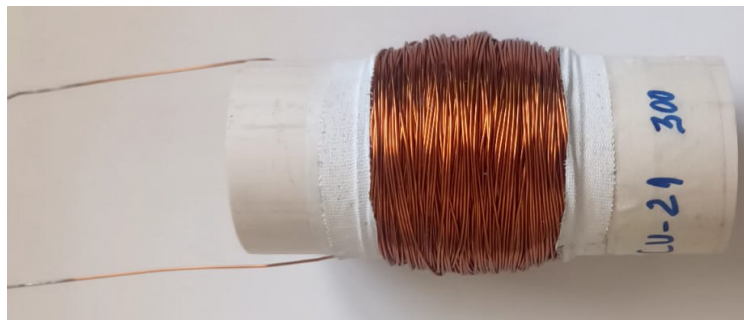
MOMENTO 2: Formulação de hipóteses e experimentação.

Os estudantes começaram a levantar suas hipóteses baseadas nas leituras e discussões do Diário de Faraday. Em seguida, passaram à fase prática, testando essas hipóteses através de experimentos cuidadosamente planejados, aplicando os conceitos históricos e teóricos discutidos previamente.

### ***Relato e análise da execução do 3º Encontro***

No terceiro experimento, utilizamos duas bobinas construídas com fios de cobre esmaltado. A primeira bobina foi enrolada em torno de um pedaço de cano de PVC com 12cm de comprimento e um diâmetro interno de 5cm. Esta bobina foi composta por 300 voltas de fio de cobre de diâmetro 0,724mm (21 AWG), formando uma estrutura cilíndrica em torno do cano de PVC. A escolha do cano de PVC foi estratégica, pois seu diâmetro interno permite a passagem de um bastão com um ímã em seu interior, facilitando experimentos de indução magnética, conforma a Figura 11.

**Figura 11** - Bobina de cobre de núcleo de cano contendo 300 voltas



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

A segunda bobina foi construída com 500 voltas de fio de cobre esmaltado de diâmetro 0,573mm (23 AWG), enroladas em torno de um pedaço de cabo de vassoura de madeira de 20cm de comprimento. Esta bobina foi projetada para explorar como diferentes configurações de bobinas influenciam a eficiência e a intensidade da corrente induzida, como representada na Figura 12.

**Figura 12** - Bobina de cobre com núcleo de madeira contendo 500 voltas



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

No experimento, foram utilizados um bastão cilíndrico contendo quatro ímãs circulares, uma bússola e fios de “cabos de prova para multímetros” com 1 metro de comprimento para conectar as bobinas. Essas bobinas foram dispostas de modo que ficassem distantes uma da outra, evitando interferência do ímã movimentado no interior da primeira bobina na bússola posicionada próxima à segunda bobina. (Figura 13.)

**Figura 13** - Bastão com ímã circular, bússola e fios “cabos de prova para multímetros” com garras de jacaré



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Ao apresentar o material para a realização da atividade experimental proposta na sequência didática e seguindo o diário de Faraday, depois entregamos aos grupos para iniciar suas investigações. Os estudantes demonstraram interesse em montar o arranjo experimental e durante a manipulação do experimento, foram encorajados a montar e explorar as diversas configurações que o experimento poderia proporcionar, a fim de testar suas hipóteses.

Ao longo do experimento, os estudantes foram incentivados a discutir suas observações e interpretar os resultados obtidos, fazendo anotações e desenhos. Eles compartilharam ideias e hipóteses, buscando compreender os fenômenos estudados durante as atividades práticas. A interação entre os estudantes promoveu um ambiente colaborativo de aprendizado, onde o compartilhamento de conhecimentos e experiências enriqueceu a compreensão coletiva do fenômeno em estudo. A aceitação do experimento foi evidente conforme os estudantes expressavam curiosidade e entusiasmo em relação às possibilidades de investigação proporcionadas pelas diferentes configurações das bobinas. Segue os diálogos dos estudantes durante a atividade experimental:

### Grupo 1

*ESTUDANTE 1: Porque vocês estão ligando as duas bobinas??*

*ESTUDANTE 2: Tem que ligar no ímã, minha gente!*

*ESTUDANTE 3: Mas não pega!*

*ESTUDANTE 1: Bota dentro*

*ESTUDANTE 2: ó Osvaldo!? Tem que fazer a bússola mexer de novo é?*

*ESTUDANTE 3: O que vai detectar, a corrente?*

Ao analisarmos as falas acima dos estudantes, encontramos a Confirmação do Aspecto Procedimental, uma vez que os estudantes estavam executando um



procedimento para fazer o experimento funcionar, sugerindo inicialmente ligar o ímã à bobina secundária, não dando certo, eles executam outro procedimento, que foi colocar o ímã dentro da bobina primária. Isso demonstra que eles estavam executando os mesmos passos que Faraday havia descrito em seu artigo “Pesquisas Experimentais em Eletricidade” da tradução de Assis e Haruna (2011), pois exploraram diferentes configurações para alcançar os resultados desejados.

*ESTUDANTE 1: as duas bobinas juntas, não funciona*

*ESTUDANTE 2: Bobina primária e secundária... colocada próximas...*

*ESTUDANTE 3 O ímã da bobina aqui... Como se fosse pra carregar o ímã*

*ESTUDANTE 2: coloca aí, faz assim... dando uns toquezinhos*

*ESTUDANTE 1: não interfere não, porque tá correndo aqui, olha*

*ESTUDANTE 2: então melhor deixar ela parada, porque aí a gente vai fazer, se não foi a mão que tremeu e ela mexeu, entendeu?*

*ESTUDANTE 3: muda positivo e negativo.... Nada não, a gente consegue. Muda positivo e negativo*

Nestes diálogos estabelecidos entre os estudantes durante a realização a atividade experimental, observamos diversos aspectos do método científico sendo empregados, a Confirmação do Aspecto Procedimental, pois os estudantes estavam testando diferentes arranjos para as bobinas e o posicionamento do ímã para verificar se isso afeta o funcionamento da bússola, uma vez que eles já sabiam que a bússola funciona como um detector, baseando-se no experimento anterior. Também encontramos a Adequação do Aspecto Procedimental, quando observamos estudantes discutindo sobre a necessidade de deixar as bobinas paradas para evitar interferências externas, os estudantes demonstram uma compreensão do procedimento experimental necessário para garantir resultados precisos. Eles reconhecem a importância de controlar as variáveis do experimento para obter resultados confiáveis. Além disso, ao discutirem sobre a mudança de polaridade (positivo e negativo) e sua possível influência no experimento, eles estavam relacionando a prática experimental com conceitos teóricos, confirmando o Aspecto Teórico do experimento.

*ESTUDANTE 1 os Meninos ali estavam fazendo isso*

*ESTUDANTE 2 olha, é aqui olha, quando eu puxo pra cá, olha, ela para, e quando eu jogo pra lá, ela ativa*

*ESTUDANTE 3: gira bem muito*

*ESTUDANTE 1: não, isso é como se fosse aquilo lá... Espera aí... Não*

*ESTUDANTE 2: não pode colocar e manter, tem que colocar e tirar, bem ligeiro que nem o outro, entendeu? Foi o que entendi! Girando não vejo nada...*

*ESTUDANTE 3: não pode bater e manter, tem que bater e tirar, bem ligeiro que nem o outro, entendeu?*

Nas falas transcritas dos estudantes, podemos identificar diversas análises, refletindo tanto à observação prática quanto à consideração de conceitos teóricos em seu processo investigativo, quando os estudantes estavam observando que o comportamento da bússola se alterava ao manipularem o ímã no interior da bobina, temos a Confirmação do Aspecto Procedimental, pois eles estavam seguindo um procedimento experimental de observação e manipulação para compreender o funcionamento do dispositivo. Ao passo que, ao perceberem que o ímã precisa ser colocado e tirado rapidamente do interior da bobina, os estudantes estavam ajustando seu procedimento experimental para garantir resultados, estamos diante de uma Adequação do Aspecto Procedimental.

Embora não expressem explicitamente conceitos teóricos, os estudantes demonstram uma tentativa de correlacionar o que observaram neste experimento com outro experimento já realizado anteriormente. Essa abordagem reflete uma aplicação prática dos conceitos teóricos que possuem, buscando estabelecer conexões entre experiências passadas e a situação atual. Ao mencionarem que o dispositivo se comporta de forma similar a algo que já viram antes, os estudantes indicaram uma tentativa de aplicar seu entendimento teórico existente para interpretar o fenômeno atual, fazendo uma conexão entre o aspecto teórico e a prática experimental.

## Grupo 2

Foi interessante observar que tanto os estudantes Grupo 1 quanto do Grupo 2, fundamentados nos experimentos anteriores que envolviam a ligação de uma bateria, buscavam aplicar o mesmo princípio ao ímã, procurando estabelecer uma conexão entre o ímã e as bobinas. Essa iniciativa demonstrou um processo de associação de conceitos e a transferência de conhecimento por parte dos estudantes, à medida que tentam aplicar os aprendizados anteriores a novos contextos experimentais, na nossa análise eles estavam fazendo uma Conexão com os Aspectos Metodológicos. Tal abordagem evidencia a capacidade dos estudantes de relacionar conceitos e explorar diversas possibilidades investigativas, indicando

um pensamento crítico e criativo em sua abordagem experimental, após as orientações dada pelo professor:

*PROFESSOR: No experimento anterior, nós tínhamos a fonte representada pela bateria, o condutor representado pelos fios e detector representado pela bússola. Neste experimento, não teremos mais a bateria. Agora, temos duas bobinas, um ímã, fios e a bússola. Quem vai ser a fonte? Quem será o condutor? E quem será o detector?*

Os estudantes deram início a discussão:

*ESTUDANTE 1: Magnético gera corrente elétrica, eu me lembro.*

*ESTUDANTE 2: A fonte vai ser esses dois juntos.*

Conexão do Aspecto Teórico: O estudante estava fazendo uma conexão entre magnetismo e a corrente elétrica, demonstrando compreensão do princípio da indução eletromagnética. Ele estava aplicando conceitos teóricos aprendidos anteriormente para propor que os ímãs seriam a fonte de corrente elétrica no experimento.

*ESTUDANTE 1 Tenta ligar o ímã na bobina, minha gente!*

*ESTUDANTE 2: Mas não pega!*

*ESTUDANTE 3: Liga uma bobina na outra e coloca o ímã perto...*

*ESTUDANTE 4: Não vi nada*

*ESTUDANTE 1: Bota aí agora, em cima. Bota ali em cima, em cima, pra ver. Em cima da primária..., nada.*

*ESTUDANTE 2: Vira... vira o ímã.*

*ESTUDANTE 3: Não.*

*ESTUDANTE 4: Vira a polaridade. Vira a polaridade.*

*ESTUDANTE 1: É a mesma coisa.*

Conexão do Aspecto Procedimental: O estudante ao experimentar diferentes configurações do experimento, como colocar o ímã perto da bobina, ligar uma bobina na outra e variar a posição do ímã em relação à bobina, ele estava seguindo o procedimento experimental manipulando as variáveis para investigar seu efeito sobre o resultado, buscando compreender como as mudanças na configuração podem afetar a geração de corrente elétrica, o que está alinhado com o Aspecto Procedimental proposto.

*ESTUDANTE 1: Bota no meio agora.*

*ESTUDANTE 2: Subindo e descendo, subindo e descendo assim.*

*ESTUDANTE 3: Osvaldo, venha cá uma coisa que eu descobri também.*

*ESTUDANTE 4 Olha, tem duas polaridades ó, essa polaridade e depois tem essa polaridade*

Conexão do Aspecto Procedimental: O estudante está experimentando com diferentes posições do ímã em relação à bobina, como colocá-lo no meio da bobina e movê-lo para cima e para baixo. Ele está seguindo o procedimento experimental ao manipular as variáveis do experimento para observar as mudanças resultantes e entender como a posição do ímã afeta a geração de corrente elétrica na bobina.

#### **4º Encontro (2 aulas de 45 min cada)**

### **EXPERIMENTAÇÃO**

Os grupos colocaram na prática seus projetos. Durante as atividades o professor/pesquisador deve tentar registrar os gestos e falas dos estudantes durante o processo de construção e experimentação.

#### **Corrente elétrica induzida em uma bobina secundária**

Na atividade proposta para este encontro, vamos embarcar em uma jornada investigativa inspirada pelo renomado físico Michael Faraday e sua famosa lei da indução de corrente elétrica. Neste contexto, os estudantes serão desafiados a mergulhar em um diário de laboratório fictício atribuído a Faraday, contendo apenas suas hipóteses sobre um fenômeno incompleto. Caberá à turma desenvolver essas hipóteses e propor experimentos para explorar e compreender plenamente o fenômeno descrito pelo cientista. Assim, convidamos os estudantes a se tornarem verdadeiros cientistas, aplicando seus conhecimentos sobre a lei da indução de corrente elétrica de Faraday e sua curiosidade investigativa para desvendar os segredos do mundo magnético. Os estudantes terão acesso ao diário de laboratório, onde o cenário investigativo é apresentado. Além disso, receberão um quadro de ideias no qual o professor orientará as etapas a serem desenvolvidas pela turma, conforme as seguintes instruções:

A turma teve acesso ao diário de laboratório em que foi apresentado o cenário investigativo. Como recurso, também receberam o quadro de ideias em que o(a)

professor(a) orientará nas etapas a serem desenvolvidas pela turma, conforme orientações abaixo.

**MOMENTO 1:** Entrega e discussão do “Diário de Laboratório de Faraday” (Apêndice D).

Neste momento, o(a) professor(a) apresentou o cenário investigativo para a turma, contextualizando o experimento no âmbito dos estudos históricos de Faraday sobre a indução eletromagnética. Em seguida, foi entregue o “quadro de ideias” (Apêndice B) aos estudantes e explicado como serão os procedimentos para trabalhar com ele. O “quadro de ideias” é composto por três colunas que os estudantes preencherão com os materiais a serem utilizados no experimento, suas características e funções.

**MOMENTO 2:** Formulação de hipóteses e experimentação.

Os estudantes começarão a levantar suas hipóteses baseadas nas leituras e discussões do Diário de Faraday. Em seguida, passarão à fase prática, testando essas hipóteses através de experimentos cuidadosamente planejados, aplicando os conceitos históricos e teóricos discutidos previamente.

**Hipóteses iniciais:** Baseadas nas observações descritas no diário de Faraday.

**Procedimentos experimentais:** Planejamento dos experimentos para testar as hipóteses.

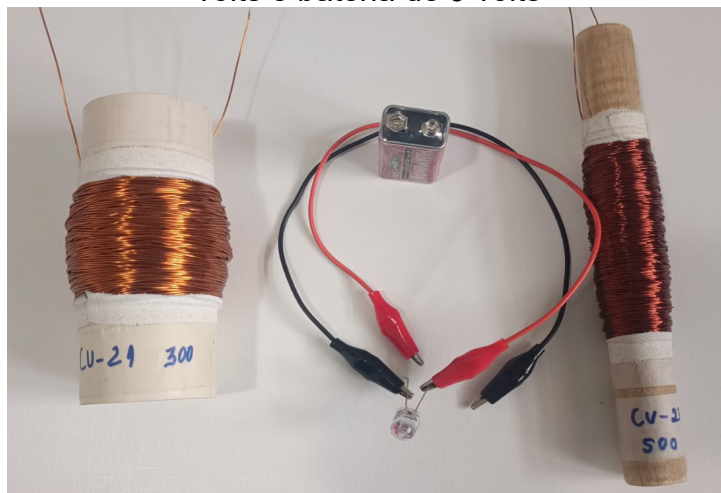
**Quadro de ideias:** onde eles irão descrever os materiais utilizados no experimento com suas respectivas características e função.

Dessa forma, os estudantes serão guiados por um processo de investigação estruturado, que os ajudará a compreender os princípios fundamentais da indução eletromagnética e a aplicar o método científico de maneira prática.

***Relato e análise da execução do 4º Encontro***

No quarto experimento, utilizamos duas bobinas construídas com fios de cobre esmaltado, dois cabos de prova de multímetros com garrinhas de jacaré nas pontas e uma bateria de 9volts para investigar como ocorre o processo da corrente induzida em uma bobina secundária, conforme ilustrada na Figura 14.

**Figura 14** - Bobinas de cobre, fios pontas de prova com garras de jacaré, LED de 3 volts e bateria de 9 volts



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

A primeira bobina foi enrolada em torno de um pedaço de cano de PVC com 12cm de comprimento e um diâmetro interno de 5cm. Esta bobina é composta por 300 voltas de fio de cobre de diâmetro 0,724mm (21 AWG). A segunda bobina foi construída com 500 voltas de fio de cobre esmaltado de diâmetro 0,573mm (23 AWG), enroladas em torno de um pedaço de cabo de vassoura de madeira de 20cm de comprimento. A bobina secundária foi confeccionada de forma a se encaixar perfeitamente na bobina primária.

Dois cabos de prova de multímetros, com 30cm de comprimento, foram usados para conectar um LED de 3 volts à bobina secundária, e para fornecer energia ao circuito, utilizamos uma bateria de 9 volts. Esse arranjo experimental foi inspirado nos históricos experimentos de Michael Faraday, que investigou a indução eletromagnética no século XIX. Ao recriar condições semelhantes, procuramos compreender melhor os princípios fundamentais que ele descobriu.

Ao passar corrente pela bobina primária, um efeito magnético é gerado, que induz uma corrente na bobina secundária, fazendo com que o LED pisque, indicando que uma corrente elétrica surgiu naquela bobina. Este arranjo nos permite compreender na prática os conceitos de Faraday sobre a indução eletromagnética.

Durante a realização do experimento, observamos que os estudantes tentaram reproduzir os mesmos procedimentos adotados no experimento anterior. Primeiro, conectaram a bobina primária à bobina secundária, utilizando os cabos de prova com garrinhas de jacaré nas pontas. Em seguida, eles aproximam o LED à bobina secundária, similarmente ao uso da bússola no experimento anterior. Para induzir uma corrente na segunda bobina, os estudantes movimentaram a bateria no interior da primeira bobina, seguindo as mesmas etapas do terceiro experimento.

Este experimento foi bastante desafiador, eles demoraram muito a fazer o experimento a funcionar. Foram muitas tentativas, sendo que algumas delas, eles haviam montado corretamente as conexões, porém não faziam o contato correto entre a bobina primária e fonte de energia. Uma vez que, para gerar a corrente induzida na bobina secundária, se faz necessário que a bobina secundária esteja no interior da bobina primária, e que seja feito apenas os contatos de liga e desliga entre a bobina primária e fonte de tensão.

Após muitas tentativas e releituras do recorte histórico, os estudantes conseguiram realizar e compreender o experimento. Eles perceberam que ao fazer o contato dos terminais da bobina primária com os polos da bateria, fazendo o liga e desliga gerava uma variação no efeito magnético, o que induzia uma corrente elétrica na bobina secundária. Esta corrente, por sua vez, fazia o LED acender, confirmando a teoria de Faraday sobre a indução eletromagnética.

Segue, portanto, as falas dos estudantes na realização da atividade experimental.

### Grupo 1

*ESTUDANTE 1: A gente vai controlar aqui. A gente vai ter que dar um jeito de colocar a pilha...*

*ESTUDANTE 2 Olha, tira. Conecta ele aí ao redor, vai passando.... entendeu? Encosta ele agora, encosta. Acho que a pilha dele funciona assim, tipo aquela outra, entendeu?*

*ESTUDANTE 3 ele diz que tem que usar tudo, aí, tem que funcionar isso de algum jeito, e a pilha tem que ...(13:45?), tipo assim, olha. Passa a pilha, ao redor, mexendo a bobina... Mexe a bobina*

As falas acima analisadas se enquadram principalmente na Confirmação do Aspecto Procedimental e na Conexão do Aspecto Metodológico. Com relação à Confirmação do Aspecto Procedimental, os estudantes discutiram como controlar e manipular os componentes do experimento, como a pilha, bobina e o LED, indicando

uma compreensão do procedimento experimental planejado. Eles estão tentando garantir que todos os elementos estejam corretamente conectados e em funcionamento para o experimento prosseguir conforme o planejado. Além disso, a fala também evidencia uma Conexão do Aspecto Metodológico, pois os estudantes estavam propondo uma maneira semelhante à usada anteriormente no experimento com o ímã. Eles sugeriram passar a pilha ao redor da bobina para verificar se ela funciona, seguindo um método que já haviam utilizado com o ímã. Essas análises indicam que os estudantes estavam aplicando corretamente os procedimentos e métodos experimentais, contribuindo para a validade e consistência do experimento.

*ESTUDANTE 1: é, mas a gente vai tá usando as duas bobinas... Porque ele não tá recebendo daqui, ele tá recebendo do cabinho descascado*

*ESTUDANTE 2: Venha ver, Osvaldo. A gente conseguiu, olha. A gente tá pegando só do cabo da bobina e realmente não é dos cabos daqui não, é da bobina mesmo. Olha, e tá detectando*

*ESTUDANTE 3 Bota aí assim, Não, vem cá, vem cá... tenta juntar*

*ESTUDANTE 4: Tá ligado! Mas acho que não vai valer...*

Neste momento, o professor percebeu que os estudantes estavam travados e não conseguem avançar quanto ao prosseguimento do experimento. O professor desempenhou um papel de ajudar os estudantes a avançarem em seus experimentos e superarem os desafios. Para isso, ele usou recursos de mediação propostos em nossa sequência didática. Enquanto os estudantes exploram, o professor atuou como um guia, oferecendo suporte e direcionamento conforme necessário, conforme a fala do professor:

*PROFESSOR: Lembram como foi feito no experimento anterior do fluxo magnético? Vocês tinham a fonte (representada pelo ímã), o detector (representada pela bússola) e o condutor (representados pelos fios). Agora, vocês não têm mais a bússola nem o ímã. Agora, estão substituindo a bússola pelo LED e o ímã pela bateria. Agora, como vocês vão ligar cada um para funcionar?*

Os estudantes retornam as investigações:

*ESTUDANTE 1: Isso aqui não é para conectar, vai aproximar.*

*ESTUDANTE 2: É para colocar de frente né, de lado ou dentro?*

*ESTUDANTE 3: Não, Caio!! A gente tem que testar.*



Essas falas se enquadram principalmente em análises de Adequação do Aspecto Procedimental e Confirmação do Aspecto Metodológico. Quando o estudante menciona que não é para conectar, mas sim para aproximar, ele está demonstrando uma compreensão do procedimento experimental e indicando a maneira correta de realizar a etapa do experimento, o que contribui para a adequação do aspecto procedimental. Além disso, ao discutirem sobre a posição adequada do componente, eles estavam confirmando a metodologia do experimento, garantindo que estão seguindo as orientações corretas para conduzir a investigação de forma consistente e confiável. Essas análises sugerem que os estudantes estavam aplicando os procedimentos corretos e garantindo a consistência metodológica em seu trabalho experimental.

*ESTUDANTE 1 eu estava pensando aqui, eu acho que já sei como é...*

*ESTUDANTE 2 Isso aqui não é para conectar, vai aproximar.*

*ESTUDANTE 3: Eu acho que não é conectado. Eu acho que é tipo assim, assim...(no vídeo mostra ela colocando uma bobina ao lado da outra)*

No diálogo entre os estudantes, podemos encontrar uma combinação de Confirmação do Aspecto Procedimental e Conexão do Aspecto Metodológico. Quando o estudante menciona que "*Isso aqui não é para conectar, vai aproximar*", ele está indicando uma compreensão do procedimento experimental, sugerindo que a ação necessária não é a conexão direta, mas sim a aproximação de certos componentes. Isso confirma que os estudantes seguiram o procedimento experimental esperado para essa etapa específica. Além disso, quando a estudante menciona que não acredita que seja conectado, mas sim colocado de uma certa maneira, ela está fazendo uma conexão com a metodologia do experimento, sugerindo uma interpretação do método que está sendo seguido. Essas análises sugerem que os estudantes estão entendendo e aplicando corretamente os procedimentos e métodos experimentais propostos.

## Grupo 02

*ESTUDANTE 1: Ô Osvaldo, Osvaldo... Você tem uma bússola ae?*

*PROFESSOR: A bússola não se usa neste experimento!*

*ESTUDANTE 2: Não, é só pra testar*

*PROFESSOR: É só pra testar o que?*

*ESTUDANTE 3 Porque eu não sei se está chegando corrente aqui... A bússola é pra saber se tá passando corrente aqui na bobina...*

*ESTUDANTE 2: tem que usar tudo isso?*

*ESTUDANTE 1: Quero ver se tá funcionando aqui... Tá funcionando...*

As falas dos estudantes podem ser analisadas sob a perspectiva da Confirmação do Aspecto Procedimental e da Adequação do Aspecto Procedimental. O estudante está tentando verificar se há corrente passando pela bobina usando uma bússola, o que confirma o procedimento experimental ao tentar validar os resultados do experimento. Um outro componente do grupo, também questionou a necessidade de usar todos os materiais disponíveis, mostrando uma preocupação com a adequação do procedimento, garantindo que apenas os materiais necessários fossem utilizados.

*ESTUDANTE 1 o ímã era aqui por dentro*

*ESTUDANTE 2: mas não dá pra fazer isso aí com a pilha...*

*ESTUDANTE 3 só que a pilha já tá fazendo o papel do ímã... a parte eletromagnética, que é responsável por fornecer energia....*

Essas falas podem ser analisadas como sendo Conexão do Aspecto Teórico, pois o estudante estabeleceu uma analogia entre o ímã e a pilha, destacando que ambos desempenham funções semelhantes no experimento. Ele reconheceu que tanto a pilha quanto o ímã atuam como fontes de energia para o circuito, indicando uma compreensão dos princípios teóricos subjacentes à interação entre eletricidade e magnetismo. Essa associação entre os conceitos teóricos evidencia a compreensão do funcionamento do experimento e demonstra uma tentativa de aplicar o conhecimento prévio para explicar os resultados observados.

*ESTUDANTE 1: então, ligar o LED na pilha, não é?*

*ESTUDANTE 2: isso aqui... Esse aqui não pode ligar direto, nem esse e nem esse...*

*ESTUDANTE 3: ele não pode ser direto na pilha?*

*ESTUDANTE 4: Então, temos que ligar na bobina.*

*ESTUDANTE 1: eu não sei porque não pode conectar direto?*

Essas falas são analisadas como uma Confirmação do Aspecto Procedimental e uma Conexão do Aspecto Teórico. Os estudantes discutiram como conectar o LED à pilha e percebem que não podem conectá-lo diretamente, mas sim à bobina. Isso demonstra uma compreensão do procedimento experimental, confirmando o aspecto procedimental. Além disso, ao questionarem por que não podem conectar o LED diretamente, estavam buscando compreender os princípios teóricos por trás do

experimento. Estavam tentando entender as razões por trás das instruções, o que sugere uma conexão com o aspecto teórico do experimento. Essa análise indica que os estudantes aplicaram o conhecimento teórico para entender o procedimento experimental.

### **5º Encontro (1 aula de 45 min)**

#### **COMPARTILHAMENTO DE RESULTADOS**

- Os estudantes fizeram a demonstração do funcionamento de seus experimentos e expõem os resultados a que chegaram;
- A turma debateu os resultados;
- Buscou – se um consenso: SIM (CONFIRMAM A HIPÓTESE DE FARADAY) / NÃO (NÃO CONFIRMAM A HIPÓTESE DE FARADAY)

Ao final desse encontro o professor indicou a leitura de um texto de apoio, no qual são apresentados alguns dos experimentos de Faraday, os problemas que estava testado, e os resultados que chegou.

Neste encontro tivemos o “Experimento do Fluxo Magnético utilizando bobinas com diferentes materiais e núcleos”.

Na atividade proposta para este encontro, os estudantes foram desafiados a mergulhar em um diário de laboratório fictício atribuído a Faraday, contendo apenas suas hipóteses sobre um fenômeno incompleto. Coube à turma, então, desenvolver essas hipóteses e propor experimentos para explorar e compreender plenamente o fenômeno descrito pelo cientista. Assim, os estudantes foram convidados a se tornarem verdadeiros cientistas, aplicando seus conhecimentos sobre a lei do fluxo magnético de Faraday e sua curiosidade investigativa para desvendar os segredos do mundo magnético.

A turma teve acesso ao diário de laboratório em que foi apresentado o cenário investigativo. Como recurso, também receberam o quadro de ideias em que o(a) professor(a) orientou nas etapas que foram desenvolvidas pela turma, conforme orientações abaixo.

MOMENTO 1: Entrega e discussão do “Diário de Laboratório de Faraday” (Apêndice D).

Neste momento, o(a) professor(a) apresentou o cenário investigativo para a turma, contextualizando o experimento no âmbito dos estudos históricos de Faraday sobre a indução eletromagnética. Em seguida, foi entregue o “quadro de ideias” (Apêndice B) aos estudantes e explicado como seriam os procedimentos para trabalhar com ele. O “quadro de ideias” foi composto por três colunas que os estudantes preencherão com os materiais a serem utilizados no experimento, suas características e funções.

**MOMENTO 2: Formulação de hipóteses e experimentação.**

Os estudantes começaram a levantar suas hipóteses baseadas nas leituras e discussões do Diário de Faraday. Em seguida, passaram à fase prática, testando essas hipóteses através de experimentos cuidadosamente planejados, aplicando os conceitos históricos e teóricos discutidos previamente.

**Hipóteses iniciais:** Baseadas nas observações descritas no diário de Faraday.

**Procedimentos experimentais:** Planejamento dos experimentos para testar as hipóteses.

**Quadro de ideias:** Onde eles descreveram os materiais utilizados no experimento com suas respectivas características e função.

*PROFESSOR: A ideia deste experimento é investigar como os diferentes núcleos e materiais que compõem as bobinas influenciam o efeito magnético detectado pela bússola. Para isso, utilizaremos algumas bobinas já empregadas em experimentos anteriores, além de novas combinações. Para a bobina primária, usaremos: bobina de cobre com núcleo de cano de PVC de 50mm e 300 voltas, bobina de alumínio com núcleo de cano de PVC de 50mm e 300 voltas, e bobina de cobre com núcleo de metal de 45mm e 300 voltas. Para a bobina secundária, as combinações serão: bobina de cobre com núcleo de cabo de vassoura com 500 voltas, bobina de cobre com núcleo de cano de PVC com 500 voltas, e bobina de alumínio com núcleo de cabo de vassoura com 500 voltas. O objetivo é observar como diferentes materiais e núcleos afetam no efeito magnético gerado, auxiliando na compreensão dos fenômenos magnéticos.*

**Relato e análise da execução do 4º Encontro**

Os estudantes começam a colocar em prática o experimento planejado, para teste as suas hipóteses. Cada grupo trabalhou para montar o arranjo experimental, utilizando os materiais descritos no quadro de ideias, segue então suas falas:

#### Grupo 01

*ESTUDANTE 1: Fio, ímãs, bobina de madeira, bobina de cobre, fios, um positivo e um negativo, e o que mais? Só isso aí? Lembra, agente já fez este.*

*ESTUDANTE 2: Deixa eu ver. Deixa eu tentar achar o lugar negativo dela.*

*ESTUDANTE 3: Não, não Caio. Você já percebeu, né? Desse jeito dá errado.*

*ESTUDANTE 4: Mas vai ter que fazer o que deu certo. Olha no papel, tem anotado.*

A interação entre os estudantes demonstrou a Confirmação do Aspecto Procedimental. Ao listar os materiais necessários ("*Fio, ímãs, bobina de madeira, bobina de cobre, fios, um positivo e um negativo*"), a estudante está reafirmando os componentes essenciais do experimento. Isso indica que estiveram revisando e confirmando os elementos e etapas necessárias para a realização do experimento. E quando os estudantes ajustaram suas ações com base na observação dos resultados anteriores. A estudante observou que a abordagem atual ("*Desse jeito dá errado*") não foi eficaz e sugeriu retornar ao método que havia funcionado anteriormente ("*Mas vai ter que fazer o que deu certo. Olha no papel, tem anotado*"). Essa adaptação e retorno ao procedimento documentado, confirma a Adequação do Aspecto Procedimental.

*ESTUDANTE 1: Mas, você trocou a bobina, não era pra trocar não...Agente testa cobre com cobre, depois cobre com alumínio, e depois as outras...*

*ESTUDANTE 2: Juntar as duas bobinas pequenas.*

*ESTUDANTE 3: A primária, secundária... É que dá certo! Já fizemos no outro.*

*ESTUDANTE 4: Enquanto eu vou juntar essas duas grandes, a primária e a primária.*

Nesse ponto houve a Confirmação do Aspecto Procedimental ao discutir as etapas do teste ("*Mas, você trocou a bobina, não era pra trocar não...Agente testa cobre com cobre, depois cobre com alumínio, e depois as outras...*"). Essa discussão sobre seguir uma sequência específica de testes mostrou que eles estavam cientes do processo necessário para obter resultados válidos. Já outra estudante sugeriu testar diferentes combinações de materiais de forma ordenada ("*Agente testa cobre*

*com cobre, depois cobre com alumínio, e depois as outras...").* Isso no mostrou uma adequação e planejamento do procedimento experimental para garantir que todas as variáveis fossem analisadas de maneira sistemática, com isso tivemos Adequação do Aspecto Procedimental.

Conexão do Aspecto Metodológico, quando o estudante passou a mencionar a repetição de um experimento que já deu certo anteriormente ("*A primária, secundária... É que dá certo! Já fizemos no outro*"), os estudantes aplicaram metodologias já observadas, o que fortalece a validade do experimento atual. Além disso, a documentação e a comparação entre diferentes combinações de materiais refletem a aplicação do método científico. E quando os estudantes fizeram referência à conceitos teóricos específicos, como as bobinas primária e secundária, e discutiram como essas combinações afetam o resultado ("*A primária, secundária... É que dá certo! Já fizemos no outro*"). Esta Conexão com o Aspecto Teórico mostrou que eles compreendem os princípios subjacentes ao experimento e estavam aplicando esse conhecimento na prática.

*ESTUDANTE 1: bobina primaria de alumínio e bobina secundária de alumínio funciona, não vimos diferença pra as outras*

*ESTUDANTE 2: coloca assim... Bobina primária com núcleo aberto de cobre e bobina secundária de núcleo aberto de cobre funciona...*

*ESTUDANTE 3: bobina primária de alumínio... Bobina de núcleo aberto primária...bobina secundária de núcleo de madeira, de cobre e de alumínio... funciona*

*ESTUDANTE 4: de núcleo de papelão com cobre, aí ligada na bobina secundária de núcleo de madeira, funciona*

Os estudantes estavam testando diferentes combinações de materiais para as bobinas primárias e secundárias, conforme previsto no procedimento experimental, avaliando os resultados obtidos em cada configuração para determinar quais seriam as eficazes na geração de um efeito eletromagnético identificável pela bússola. Esse processo confirmou o aspecto procedimental, pois seguiu as etapas previstas e se ajustava as variáveis conforme necessário. Ao relatar suas observações sobre as diferentes combinações, os estudantes corroboraram aspectos teóricos sobre a relação entre o material do núcleo das bobinas e à indução eletromagnética. Suas descobertas práticas validaram conceitos teóricos sobre eletricidade e magnetismo, demonstrando uma compreensão conceitual do fenômeno. A identificação das combinações que resultaram em um efeito

eletromagnético detectável evidenciou a aplicação prática dos conceitos teóricos aprendidos, consolidando assim o conhecimento sobre a interação entre eletricidade, magnetismo e materiais condutores.

### Grupo 02

A aula foi iniciada apresentando os materiais que os estudantes usariam no experimento, explicando que têm várias bobinas à sua disposição. Foi incentivado os estudantes a investigassem, testando diferentes materiais e núcleos com os ímãs. Seguimos com as falas dos estudantes e as análises.

*ESTUDANTE 1: Pronto!*

*ESTUDANTE 2: Vamos testar!*

*ESTUDANTE 3: Cobre e cobre, não é?*

*ESTUDANTE 2: Os dois de alumínio também*

*ESTUDANTE 1: essa aqui é cobre com madeira*

Os estudantes estavam preparando diferentes combinações de materiais para testar sua eficácia na geração de corrente elétrica. Este processo envolveu a montagem das bobinas com materiais diversos, como cobre, alumínio e madeira, para verificar os resultados experimentais, o que compõe o processo para chegar no resultado previsto no experimento histórico, demonstrando a Adequação do Aspecto Procedimental. Ao testar diferentes combinações de materiais para as bobinas, os estudantes estavam aplicando uma metodologia científica para investigar como diferentes configurações afetam a geração de corrente elétrica. Eles buscavam por padrões consistentes para entender melhor como a escolha dos materiais influencia a indução eletromagnética, seguindo uma abordagem similar à proposta pela sequência investigativa, evidenciando a Conexão do Aspecto Metodológico.

*ESTUDANTE 1: No caso aqui nos desenhos que eu fiz. Fiz aqui o desenho tá? Bobina, o coisa (Imã), os fios. Aqui fiz o que, fiz uma setinha apontando dizendo que ta entrando e a outra que ta saindo*

*ESTUDANTE 2: Ai eu fiz isso aqui beleza? Ai eu vou colocar, invertendo as polaridades dos ímãs, ai ela começam a girar em sentindo oposto*

*ESTUDANTE 3: Olha depois disso aqui eu comecei a escrever, "como a pilha, o ímã também tem polo positivo e negativo" Ai vou acrescentar, assim como no primeiro experimento, invertendo os polos da pilha, não, primeiro invertendo O ímã, inverte a corrente da pilha, sei lá, eu vou inventar um negócio ai*

Quando os estudantes desenharam e explicaram a mudança na direção do movimento das bobinas ao inverter as polaridades dos ímãs, estavam aplicando uma metodologia para investigar os efeitos das variações do efeito magnético. Desse modo, estavam buscando entender como manipular os ímãs afetam o comportamento das bobinas, seguindo uma abordagem similar à proposta pela sequência investigativa, o que demonstra a conexão do aspecto metodológico. Por outro lado, ao comparar o ímã com uma pilha e sugerir que ambos têm polos positivo e negativo, o estudante estava aplicando conceitos teóricos sobre polaridade e corrente elétrica; estava relacionando sua compreensão do comportamento magnético do ímã com a experiência anterior envolvendo a pilha, sugerindo que a inversão dos polos do ímã pode afetar a direção da corrente elétrica, demonstrando uma compreensão conceitual sobre eletricidade e magnetismo, o que caracteriza a conexão do aspecto teórico.

### **6º Encontro (2 aulas de 55 min cada)**

#### **REASSUNÇÃO**

##### **Recurso de mediação: Professor**

Apresentamos e discutimos o texto indicado na aula anterior, com os diferentes arranjos e os resultados que Faraday chegou: nesse momento, o professor juntamente com a turma tentou associar os trabalhos de Faraday com os resultados obtidos nos experimentos realizados durante as aulas pelos grupos.

##### **Busca de consenso crítico**

Agora, fundamentados no texto histórico, discutimos quais as convergências e divergências nos experimentos dos estudantes em relação àqueles realizados por Faraday e como poderiam reestruturá-los.

Os estudantes retornam aos seus quadros de ideias para analisar e, se necessário, retomaram suas propostas e repensarem os pontos que necessitam de melhorias para atender ao fenômeno em acordo com aquilo que Faraday propôs. Caso necessário, os estudantes puderam retornar a qualquer das etapas para testar



novas hipóteses e estratégias, de acordo com as demandas surgidas nessa etapa de Reassunção.

É importante dizer o professor que neste momento reserve algumas aulas para que, quando necessário, os estudantes possam retomar seus quadros de ideia, os procedimentos experimentais e reapresentá-los à turma.

Como observação deve – se ter em mente que os momentos de compartilhamento de resultados, de experimentação e os recursos de mediação podem acontecer de maneira iterativa, ocorrendo quantas vezes forem necessárias dentro do tempo previsto no planejamento didático.

### *Relato da execução*

Com relação aos relatos de execução de cada encontro com seu respectivo momento da sequência didática, podem0os dizer que os objetivos foram alcançados e os estudantes conseguiram realizar os experimentos e demonstraram uma compreensão satisfatória do tópico abordado. Assim, a necessidade de um encontro adicional para a reassunção foi desconsiderada. A decisão de não realizar o encontro para reassunção baseou-se na constatação de que os estudantes foram capazes de realizar os experimentos conforme esperado pela sequência didática, seguindo os mesmos passos trilhados por Faraday, ou seja, as mesmas ideias trilhadas por ela. Os estudantes compreenderam o princípio da corrente induzida e por consequência da indução eletromagnética e reconheceram a importância histórica dos experimentos de Faraday. Dessa forma, abordagem garantiu um uso eficiente do tempo e dos recursos disponíveis, assegurando que os objetivos propostos fossem alcançados e proporcionando uma experiência de aprendizado satisfatória.

Após a análise dos dados coletados, chegamos à uma tabulação apresentada no Quadro 2 abaixo:

### **Quadro 2-**Tabulação das categorias encontradas nas falas dos estudantes

EXPERIMENTOS	GRUPOS	CATEGORIAS								
		CAP	CAT	CAM	AAP	AAT	AAM	CXAP	CXAT	CXAM
Experimento 01	1	4		1		1		3		
	2	5	2		2			1		
Experimento 02	1	5	4		2			1		
	2	1	2		2					
Experimento 03	1	4	1		3				1	
	2	2	1							
Experimento 04	1	3		3	1			1		
	2	5	5	1	1			1		1
Experimento 05	1	8	9	1	7	2				2
	2								2	2
<b>TOTAL</b>		37	24	6	18	3	0	7	3	5

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

Legenda do Quadro 2

CAP – Confirmação do Aspecto Procedimental

CAT – Confirmação do Aspecto Teóricos

CAM – Confirmação do Aspecto Metodológicos

AAP – Adequação do Aspecto Procedimental

AAT – Adequação do Aspecto Teóricos

AAM – Adequação do Aspecto Metodológicos

CXAP – Conexão do Aspecto Procedimental

CXAT – Conexão do Aspecto Teóricos

CXAM – Conexão do Aspecto Metodológicos

Ao analisarmos o Quadro 2, observamos que algumas categorias aparecem com maior frequência, a exemplo do CAP (Confirmação do Aspecto Procedimental), que aparece 37 vezes; isso se deu, provavelmente, por termos dado mais ênfase à realização de atividade práticas, onde os estudantes realizar procedimentos o tempo todo para montar experimento. Logo em seguida, aparecendo 24 vezes, vem o CAT (Confirmação do Aspecto Teóricos), isto confirma que eles parecem ter compreendido os conceitos envolvidos nos experimentos. Outro aspecto que chama atenção, que aparece 18 vezes, se refere a AAP (Adequação do Aspecto Procedimental), que representa um procedimento realizado pelos estudantes para chegar ao resultado previsto no experimento histórico. Por outro lado, AAM (Adequação do Aspecto Metodológicos), não apareceu, isso se deve ao fato de que as etapas desenvolvidas pelos estudantes não seguiram uma sequência investigativa como propusemos. Esta categoria surge quando os estudantes exploram diferentes métodos ou abordagens para resolver problemas, o que pode indicar uma necessidade de ajuste no entendimento dos procedimentos. A falta

dessa última categoria indica um processo de enculturação perspectiva apontada por Pinto (2022). Demonstrando que tal abordagem também requerem tempo de amadurecimento por parte dos sujeitos envolvidos, que o processo se retroalimentação e reflexão contribuam nos ajustes metodológicos de maneira que as inserções da categoria que envolve a estruturação de métodos sejam contempladas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que a Abordagem Histórico – Investigativa (AHI) pode enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, proporcionando uma compreensão profunda e contextualizada dos conceitos científicos estudados.

A aplicação da AHI no Ensino de Ciências, especialmente em Física, promove um ambiente de aprendizagem focado nos estudantes, que são incentivados a investigar, formular hipóteses e testá-la através de experimentações. Este processo de investigação deve ser facilitado pelo professor, que os orienta a problematizar situações, estabelecer conexões entre os conteúdos e refletir criticamente sobre suas ações e aprendizados. Dessa forma, a AHI promove uma aprendizagem que desenvolvendo habilidades e competências essenciais para a vida profissional dos estudantes.

Para desenvolver um planejamento baseado na Abordagem Histórico – Investigativa (AHI), utilizamos referenciais da historiografia moderna da ciência, focando na reconstrução dos experimentos de Michael Faraday sobre indução eletromagnética. Analisamos o artigo intitulado "Pesquisas Experimentais em Eletricidade", apresentado por Faraday à Royal Society em 1831, totalizando 139 parágrafos investigados. Desse modo, foi necessário nos aprofundarmos tanto no contexto histórico da época, quanto nas questões epistemológicas e experimentais trabalhadas por Faraday nessa parte do artigo.

Como resultado, construímos um cenário investigativo organizado em várias etapas didáticas. Inicialmente, os estudantes foram apresentados ao recorte histórico que construímos, e depois inseridos nas discussões propostas no cenário didático, a saber, do "Diário de Laboratório de Faraday" e da "carta de Faraday". Esses materiais foram a base da formulação de hipóteses fundamentadas nas observações originais do cientista. Em seguida, os estudantes foram incentivados a planejar e executar experimentos que reproduzissem as condições descritas por Faraday, utilizando materiais e métodos similares, como diferentes combinações de bobinas e núcleos. Isso permitiu que os estudantes vivenciassem o processo científico de forma prática, promovendo uma melhor compreensão dos princípios da indução eletromagnética para o desenvolvendo habilidades investigativas.

A sequência didática foi organizada e estruturada em momentos que intitulamos de apresentação do problema, compartilhamento de ideias,

experimentação, compartilhamento de resultados e reassunção. Esses momentos objetivavam uma aprendizagem em grupo e de forma reflexiva, na qual os estudantes precisariam organizar suas ideias, testar suas hipóteses e visitar as etapas do experimento conforme necessário.

A partir do relato da execução descrito na sequência de ensino, foi possível concluir que a abordagem experimental, baseada nos experimentos históricos de Michael Faraday, proporcionou aos estudantes uma melhor compreensão dos princípios fundamentais da indução eletromagnética. A recriação dos experimentos de Faraday, utilizando as bobinas, permitiu que os estudantes observassem diretamente a variação dos efeitos magnético e a consequente indução de corrente elétrica em uma bobina secundária, evidenciando a teoria de Faraday na prática. Esse processo experimental não só facilitou a visualização dos conceitos teóricos discutidos, como também incentivou a investigação científica e a discussão entre os estudantes.

Por outro lado, a execução dos experimentos revelou desafios significativos que os estudantes enfrentaram, como a dificuldade inicial em realizar conexões corretas e em obter os resultados esperados. Essas dificuldades foram superadas através de várias tentativas e releituras do material histórico, fornecido pelo professor.

A construção das categorias de análise foi fundamental para compreender a dinâmica dos processos de aprendizagem dos estudantes durante a intervenção pedagógica. Estas categorias foram definidas considerando aspectos procedimentais, teóricos e metodológicos, baseando-se em critérios desenvolvidos por Pinto (2022). Estas categorias nos permitiram analisar as atividades e interações dos estudantes, verificando como cada procedimento e conceito se alinhava com o episódio histórico proposto. A confirmação dos aspectos procedimentais, por exemplo, indicou que os estudantes seguiam corretamente os passos previstos no experimento histórico, enquanto a adequação do aspecto teórico refletiu as explicações dadas pelos estudantes que, embora observadas durante as aulas, ainda não estavam inteiramente previstas no episódio histórico.

A análise dos dados, incluindo transcrições de falas, imagens de vídeos e materiais produzidos pelos estudantes, possibilitou avaliar a sequência investigativa proposta. Esta análise revelou não apenas a efetividade da sequência de ensino em promover a investigação, mas também a capacidade dos estudantes em

correlacionar a teoria e a prática, reforçando a importância do Ensino de Ciências baseado na História da Ciência.

A utilização dos experimentos históricos de Faraday permitiu que os estudantes contextualizassem o conhecimento científico dentro de um contexto histórico. Ao seguirem os passos de como Faraday chegou às suas descobertas, os estudantes puderam perceber a ciência como um processo contínuo de investigação. Isso pode aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes, tornando as aulas mais dinâmicas e envolventes.

A Abordagem Histórico – Investigativa (AHI) promoveu o desenvolvimento de habilidades científicas essenciais, como o pensamento crítico e a formulação de hipóteses, incentivando os estudantes a participarem ativamente do processo de ensino e aprendizagem. Ao recriarem os experimentos de Faraday, os estudantes foram incentivados a participar ativamente do processo científico, o que fortaleceu suas competências investigativas e analíticas.

Além disso, a história dos experimentos de Faraday revela o processo investigativo e as dificuldades superadas pelos cientistas, demonstrando que a ciência é uma ação humana em constante evolução. Essa perspectiva humaniza a ciência e mostra que os conceitos que estudamos hoje foram desenvolvidos através de muita experimentação e debates. Assim, os estudantes percebem que a ciência é dinâmica e construída a partir de erros e acertos, o que pode ser motivador durante seu processo de investigação.

A parte prática dos experimentos de Faraday envolve diretamente os estudantes no fazer científico. Eles manipulam equipamentos, ajustam configurações experimentais e observam fenômenos físicos envolvidos. Este envolvimento direto com o experimento não só amplia a compreensão dos conceitos de eletromagnetismo e da indução eletromagnética, mas também fornece uma experiência prática com o método experimental. Os estudantes aprendem a seguir procedimentos experimentais, registrar observações e repetir experimentos para verificar a consistência dos resultados, tudo isso seguindo os passos de um cientista tomando como referência seu contexto histórico e as questões em que estava envolvido.

A análise de dados é uma habilidade científica essencial aprimorada por meio da Abordagem Histórico – Investigativa (AHI). Durante a execução dos experimentos, os estudantes são instruídos a coletar dados, registrando anotações

detalhadas através de desenhos e esquemas. Ao confrontar os resultados obtidos com suas hipóteses e com o contexto histórico do experimento, os estudantes passam a compreender mais profundamente não apenas dos fenômenos científicos em questão, mas também o desenvolvimento do pensamento científico situados no tempo e no espaço.

Os resultados desta pesquisa evidenciam que a Abordagem Histórico – Investigativa (AHI), através dos experimentos históricos de Michael Faraday, enriquece o ensino do eletromagnetismo no ensino médio. A metodologia propiciou uma compreensão aprofundada e contextualizada dos conceitos científicos, além de desenvolver habilidades investigativas e analíticas nos estudantes. A recriação dos experimentos de Faraday permitiu aos estudantes vivenciar o processo científico na prática, compreendendo a ciência como um processo contínuo e evolutivo. A integração da história da ciência no ensino tornou a aprendizagem mais significativa e envolvente, ao destacar a importância do contexto histórico e das influências sociais na construção do conhecimento científico.

A AHI pressupõe que o professor encaminhe as discussões de forma que a turma possa atingir um consenso a partir de seus próprios questionamentos. Em vista disso, tentamos planejar as aulas e as atividades que virão, mas cientes de que os momentos de reassunção podem ser utilizados para rever interpretações. As aulas e os encontros podem ser flexibilizados para que novas intervenções sejam feitas, redirecionando a turma até que uma compreensão seja alcançada.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.
- ASSIS, André Koch Torres; HARUNA, Luis Fernando. Michael Faraday: Pesquisas experimentais em eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 152-204, 2011.
- ASSIS, André Koch Torres; CHAIB, J. P. M. C. Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta—Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, Série, v. 3, p. 303-306, 2006.
- AZEVEDO, Maria Cristina P. et al. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, v. 3, p. 19-33, 2004.
- AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In. CARVALHO, A. M. P. (Org.), **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 19-33.
- 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.
- BATISTA, Renata da Fonseca Moraes. **O uso de abordagens histórica-investigativa na reelaboração de roteiros da Experimentoteca do CDCC-USP**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BATISTA, Renata FM; SILVA, Cibelle Celestino. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos avançados**, v. 32, p. 97-110, 2018.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 19, n.3, p. 291-313, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.
- CANEVA, Kenneth L. Ampère, the etherians, and the Oersted connexion. **The British Journal for the History of Science**, v. 13, n. 2, p. 121-138, 1980.
- CANEVA, Kenneth L. From Galvanism to electrodynamics: The transformation of German physics and its social context. **Historical studies in the physical sciences**, v. 9, p. 63-159, 1978.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. 2004.



CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013.

DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto de Andrade. Michael Faraday: o caminho da livreria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & educação**, v. 10, n. 03, p. 517-530, 2004.

GIBIN, Gustavo Bizarria; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de. Atividades experimentais investigativas em Física e Química: uma abordagem para o Ensino Médio. **São Paulo: Editora Livreria da Física**, 2016.

HEERING, Peter; HÖTTECKE, Dietmar. Historical-Investigative Approaches in Science Teaching. In: MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. New York: Springer, p.1473-502, 2014.

LIMA, Andréa Raquel da Silva; SILVA, Ana Paula Bispo da; NASCIMENTO, Luciano Feitosa. Uma proposta histórica e experimental para o estudo dos multiplicadores do efeito magnético. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2021.

LIMA, Eduardo Pinto., Silva, Edinaldo Ramos da, Júnior, Francisco Fernandes. (2017). Desafios para a implementação do ensino por investigação em ciências: a percepção de professores do ensino médio. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 19(3), 1019-1046.

MARTINS, Roberto de Andrade. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 10, p. 89-114, 1986.

PINTO, José Antonio Ferreira. **Discutindo a construção de repertórios didáticos em uma perspectiva histórico-investigativa: condicionantes para a prática na formação inicial de professores de Física**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SÁ, Eliane Ferreira et al. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. **VI encontro nacional de pesquisa em ensino de ciências. Anais do VI ENPEC, Florianópolis: ABRAPEC**, 2007.

SÁ, Eliane Ferreira; MAUÉS, Ely Roberto; MUNFORD, Danusa. **Ensino de Ciências com caráter investigativo I. Ensino de Ciências por Investigação–ENCI: Módulo I**. Belo Horizonte: UFGM/FAE/CECIMIG, 2008.

SCARPA, Daniela Lopes. SILVA, Maíra Batistoni. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: **Cengage Learning**, 2016.

SILVA, Ana Paula Bispo da. Distorções científicas perenes e suas consequências para o ensino de ciências: a relação entre eletricidade, magnetismo e calor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2019.

SILVA, Ana Paula Bispo da. Movimento de rotação num aparato eletromagnético. Pp. 69-75. In: SILVA, APB; GUERRA, A. (org.) **História da ciência e Ensino: fontes primárias e propostas para sala de aula**. São Paulo: editora Livraria da Física, 2015.

SILVA, Thiago de Oliveira. *O trabalho experimental de Faraday sob a ótica de um futuro professor. Trabalho de conclusão de curso*. Licenciatura em Física. Universidade Estadual da Paraíba. 2022.

STEINLE, Friedrich. Experiment, speculation and law: Faraday's analysis of Arago's wheel. In: **PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association**. Cambridge University Press, 1994. p. 292-303.

STEINLE, Friedrich. Looking for a "simple case": Faraday and electromagnetic rotation. **History of Science**, v. 33, n. 2, p. 179-202, 1995.

WILLIAMS, L. P. Michael Faraday. In: GILLISPIE, C. C. (org.). **Dicionário de biografias científicas**. trad. Carlos Almeida Pereira...[et al.]. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007. 3v.

WILLIAMS, L. Pearce. What were Ampère's earliest discoveries in electrodynamics? **Isis**, v. 74, n. 4, p. 492-508, 1983.

WILSEK, Marilei Aparecida Gionedis; TOSIN, João Angelo Pucci. Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas. **Portal da Educação do Estado do Paraná**, v. 3, n. 5, p. 1686-1688, 2009.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, p. 67-80, 2011.

**APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA HISTÓRICA-INVESTIGATIVA  
REPRODUZINDO OS EXPERIMENTOS DE FARADAY**

**Oswaldo Farias Alves**

**CAMPINA GRANDE  
2024**

**PRODUTO EDUCACIONAL****SEQUÊNCIA DIDÁTICO HISTÓRICA-INVESTIGATIVA  
REPRODUZINDO OS EXPERIMENTOS DE FARADAY****OSVALDO FARIAS ALVES**

Este Produto Educacional compõe o trabalho de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Física e Sociedade

**Orientador:** Prof. Dr. Ana Paula Bispo da Silva

**Coorientador:** Prof. Dr. Jose Antônio F. Pinto

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A474s Alves, Osvaldo Farias.  
Sequência didática histórica-investigativa [manuscrito] :  
reproduzindo os experimentos de Faraday / Osvaldo Farias  
Alves. - 2024.  
55 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) -  
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e  
Tecnologia, 2024.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva,  
Coordenação do Curso de Física - CCT. "

"Coorientação: Prof. Dr. Jose Antonio F. Pinto ,  
Coordenação do Curso de Física - CCT. "

1. Indução eletromagnética. 2. Abordagem Histórico-  
investigativa. 3. experimentação científica. 4. Sequência  
didática. 5. Ensino de Física. I. Título

21. ed. CDD 530.071

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA HISTÓRICA-INVESTIGATIVA REPRODUZINDO OS EXPERIMENTOS DE FARADAY

**Prezados(as) Professores(as) do Ensino Médio.**

Gostaria de compartilhar este material, parte integrante da minha Dissertação de Mestrado intitulada " **FARADAY E AS ESPIRAS: UMA PROPOSTA HISTÓRICO-INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DA CORRENTE INDUZIDA**". Desenvolvi-o como produto educacional durante minha pesquisa no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional e Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 48, da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Este produto educacional baseia-se em uma abordagem experimental histórico-investigativa para o ensino de indução eletromagnética em turmas do 3º ano do Ensino Médio. A pesquisa resultou em uma sequência de ensino que trata do episódio histórico envolvendo o trabalho experimental de Faraday sobre a indução eletromagnética.

Para facilitar a usabilidade pelo(a) professor(a), esse material está dividido em duas partes:

1. **MANUAL FORMATIVO:** essa parte do material é destinada ao professor(a); nele você encontrará informações acerca do episódio histórico, os objetivos do problema investigativo, quais fenômenos podem ser explorados a partir do problema e do experimento; além disso, você encontrará dicas de montagem que podem auxiliar na preparação para as aulas. Vale salientar que as propostas experimentais servem de orientação para que você entenda do que se trata o experimento e os possíveis obstáculos e questões que podem ser abordados, mas a investigação, proposição de montagem, testagem e análise fica a cargo dos estudantes. Por isso, é comum que na(s) aula(s) investigativas o projeto dos estudantes seja totalmente diferente daquele previsto pelo(a) professor(a), seu papel é auxiliar na condução e fomentar a interação dos estudantes com os fenômenos, na maneira com eles interpretam e debatem os resultados em relação aquilo que está presente no episódio histórico.
2. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA:** nessa parte está apresentada a estrutura que desenvolvemos para organizar e auxiliar você no desenvolvimento das aulas. Nela buscamos explicitar os momentos chave para que as investigações e

discussões possam acontecer, focadas nos estudantes e de maneira organizada para o professor(a).

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA HISTÓRICA-INVESTIGATIVA SUA ESTRUTURA

*A estrutura da sequência segue cinco momentos principais:*

- I. **Apresentação do problema investigativo:** Aqui, introduzimos o contexto e as informações essenciais para iniciar a investigação e o planejamento das ações teóricas e práticas.
- II. **Compartilhamento do quadro de ideias:** É o momento de discussão envolvendo a exposição e defesa de ideias, incluindo contribuições do professor e do grupo.
- III. **Experimentação:** Os estudantes colocam em prática o que foi planejado no quadro de ideias.
- IV. **Compartilhamento dos resultados:** Os grupos compartilham suas conclusões, discutem com o professor e alcançam um consenso sobre a satisfação dos resultados, analisando-os em conjunto com o episódio histórico.
- V. **Reassunção:** Dependendo do consenso, podem ser necessários ajustes nos momentos anteriores para melhorar os resultados ou contemplar outras perspectivas.

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA HISTÓRICA-INVESTIGATIVA

### OS MOMENTOS DIDÁTICOS

Esses momentos didáticos estruturam as etapas e atividades em sala de aula, que podem incluir:

- **Recursos de mediação:** Ações do professor para permitir a continuidade da investigação, adaptando-a ao público-alvo, como retomada de temas e apresentação de contextos históricos anteriores.
- **Problemas derivativos:** Questões que integram o problema geral, mas delimitam etapas específicas e importantes para o desenvolvimento da investigação.
- **Quadro de ideias:** Atividades que envolvem o desenvolvimento de habilidades investigativas, como levantamento de hipóteses e proposição de experimentos.
- **Atividades práticas:** Execução do proposto no quadro de ideias, permitindo aos estudantes testar suas hipóteses.

## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA HISTÓRICA-INVESTIGATIVA**

### ***PROGRAMAÇÃO DOS ENCONTROS E/OU AULAS***

A presente sequência didática se desenvolve em seis encontros. Nos dois primeiros, o professor expõe o problema e organiza conhecimentos por meio de experimentos, incentivando os estudantes com perguntas destacadas na sequência. A partir do terceiro encontro, os estudantes participam ativamente de atividades experimentais, onde, embasados nos encontros anteriores, desenvolvem seus raciocínios para resolver o problema inicialmente proposto.

A programação para a aplicação das aulas foi organizada, considerando encontros com aulas individuais de 45 minutos e encontros duplos, cada um com duas aulas de 45 minutos, permitindo a realização de cinco experimentos sobre a lei de Faraday. Os experimentos foram selecionados para uma imersão gradual nos



temas, com tempo para exploração e reflexão. A estrutura visa otimizar o aprendizado, proporcionando uma experiência enriquecedora e aprofundada em cada experimento. Os estudantes terão a oportunidade de explorar conceitos históricos e científicos, desenvolvendo habilidades investigativas e reflexivas essenciais para o estudo da física.

**Quadro 3 – Experimentos da Lei de Faraday para a sequência Didática.**

1º Experimento	Experimento de Oersted
2º Experimento	Experimento de Oersted 2
3º Experimento	Fluxo magnético
4º Experimento	Indução Magnética
5º Experimento	Fluxo magnético utilizando bobinas com diferentes materiais e núcleos

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2024.

Atenção: dependendo da organização do currículo (integral, parcial, técnico etc.) o professor pode adequar os encontros, inclusive propondo que algumas das atividades, como o momento didático III (experimentação) sejam realizadas fora dos horários das aulas, no entanto, é essencial que os momentos didáticos que envolvem discussão sejam presenciais; essa sequência também pode ser utilizada para compor um itinerário formativo, ou mesmo para proposição de uma disciplina eletiva.

# MANUAL FORMATIVO – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

## **DESCRIÇÃO DOS ENCONTROS**

### **Caro Professor,**

Gostaríamos de sugerir que as atividades experimentais planejadas sejam realizadas em grupos, proporcionando uma experiência colaborativa e enriquecedora para os estudantes. No entanto, deixamos a critério do professor a decisão sobre a quantidade de estudantes por grupo, levando em consideração as necessidades específicas da turma e os objetivos de aprendizagem estabelecidos. Essa abordagem em grupo permitirá que os estudantes compartilhem ideias, debatam conceitos e trabalhem juntos para alcançar os objetivos propostos. Além disso, promoverá um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades de comunicação, colaboração e resolução de problemas.

## **PRIMEIRO ENCONTRO**

### **EXPERIMENTO DE OERSTED**

Esse experimento tem o objetivo de revisar os conceitos relacionados com o efeito magnético gerado por uma corrente elétrica em torno de um fio condutor. Como trata-se de um primeiro contato dos estudantes com esse tipo de abordagem, esse primeiro experimento servirá para o(a) professor(a) pontuar e enfatizar os elementos que serão essenciais para o trabalho dos estudantes ao logo das atividades investigativas seguintes.

Nesta experiência, um fio condutor é ligado a uma fonte de energia elétrica e posicionado próximo a uma bússola sensível às variações magnéticas. Os estudantes serão desafiados a investigar como a corrente elétrica influencia a agulha magnética da bússola. Através dessa exploração, eles serão incentivados a abordar questões iniciais sobre os fenômenos magnéticos associados à corrente elétrica. Esta atividade baseia-se no experimento de Oersted (Figura 1), no qual o

aparato é apresentado aos estudantes para que conduzam a investigação e respondam à pergunta inicial proposta.

### **ATENÇÃO:**

*É importante que neste experimento o professor possa apresentar e discutir com os estudantes a função de cada componente que compõem o experimento como:*

- ✓ a fonte (Pilha),
- ✓ o condutor (o fio),
- ✓ o detector (a bússola).

Estas discussões serão importantes para que, quando os estudantes estiverem realizando a investigação a respeito do experimento número três (fluxo magnético) e do experimento de número quatro (indução de corrente elétrica) possam identificar e compreender o que faz o papel da fonte, do condutor e do receptor.

### **PROBLEMA INVESTIGATIVO**

“Como a corrente elétrica em um fio condutor está relacionada à produção de um efeito magnético ao redor desse fio, conforme observado no experimento de Oersted?”

### **ATENÇÃO PROFESSORES**

*Neste momento é importante orientar os estudantes a irem anotando, fazendo desenhos ou fazendo pequenos vídeos sobre o que está acontecendo com a bússola. É importante que os estudantes anatem todo fenômeno observado para que ele possa explicar para os colegas do outro grupo no momento do compartilhamento dos resultados.*

### **OBSERVAÇÕES IMPORTANTES!!!**

1. Iniciamos a aula por este experimento, pois é uma forma dos estudantes irem sendo inseridos neste tipo de abordagem;
2. Também é um momento em que o professor pode dar algumas dicas para irem manipulando o experimento;
3. O professor pode apresentar cada parte que compõe o experimento, quem é a fonte, o condutor e o detector;
4. Neste experimento, o professor deve incentivar os estudantes a manipularem os experimentos de diferentes formas. Testando diversas posições que podem ser colocadas a bussola afim de detectar o efeito magnético gerado pela corrente que percorre o fio.

### **CENÁRIO DIDÁTICO**

O professor pode iniciar contextualizando a partir de uma fala de Faraday:

**“Muito me encantou o trabalho do digníssimo senhor Oersted, tanto que por conta própria me despertou o desejo de reproduzir os fenômenos”**

Daí, apresenta o recorte histórico e expõe a proposta investigativa:

**Recorte histórico do artigo “*Pesquisas Experimentais em Eletricidade*”,** apresentado por Faraday à Royal Society em 1831, será o nosso ponto de partida para um cenário investigativo.

1. O poder que a eletricidade de tensão possui de causar um estado elétrico oposto em sua vizinhança tem sido expresso pelo termo geral *indução*<sup>1</sup>; o qual, como tem sido recebido na linguagem científica, pode também, com adequação, ser usado no mesmo sentido geral para expressar o poder que correntes elétricas podem possuir de induzir qualquer estado particular sobre a matéria em sua vizinhança, que de outra maneira é indiferente. É com esse significado que pretendo utilizá-la no presente artigo.

2. Certos efeitos da indução de correntes elétricas já foram reconhecidos e descritos: como aqueles da magnetização; . . .

## **HIPÓTESES A SEREM TESTADAS**

- Quando uma corrente elétrica fluindo por um fio próximo a uma bússola poderá causar algum tipo de desvio ou movimento na agulha da bússola.
- A polaridade da fonte de tensão que está fornecendo corrente elétrica (se positiva ou negativa) pode influenciar a direção do desvio da agulha da bússola.
- A orientação do fio em relação à agulha da bússola (horizontal, vertical, etc.) teria alguma influência no desvio da agulha.

## **OBJETIVOS:**

- Apresentar o experimento de Oersted;
- Discutir elementos da atividade experimental;
- Aproximar os estudantes das matérias e instrumentos que serão utilizados na aula de Faraday;
- Propor uma estrutura de investigação que será explorada nas aulas seguintes.

## **INICIAR COM A DESCRIÇÃO DA REPRODUÇÃO DO EXPERIMENTO DE OERSTED.**

Segundo o experimento de Oersted ao ligar uma fonte elétrica a um fio condutor, verificou – se que a agulha de uma bússola mudava de direção quando a corrente elétrica passava em um fio condutor que estava bem próximo dessa bússola.

Dessa maneira, testei inicialmente com fio reto, para manter – me fiel a seu experimento e pude realmente observar o efeito magnético descrito pelo próprio Oersted.

Para realização deste experimento pode se utilizar os seguintes instrumentos e ferramentas:

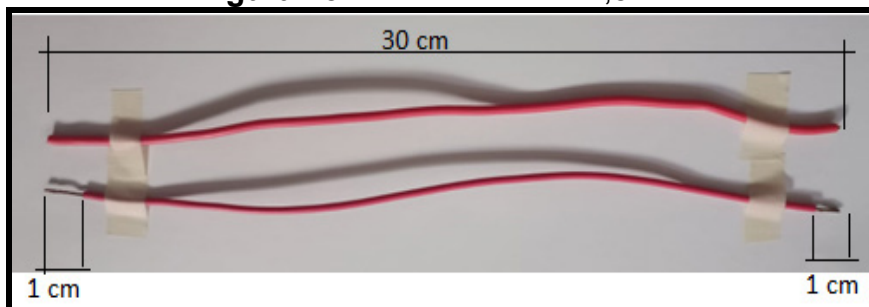
## **MATERIAIS USADOS**

- Fio condutor de eletricidade (conhecido por cabinho);
- Bússola;
- Fonte de eletricidade (pilha de 1,5V tipo D);

Para a **Montagem do Experimento** siga as instruções abaixo detalhadas:

**PREPARAÇÃO DO FIO CONDUTOR:** Pegue o fio condutor de eletricidade (cabinho) e remova cuidadosamente cerca de 1,0cm de isolamento das pontas usando um estilete ou um alicate apropriado. Isso exporá o metal condutor nas extremidades do fio para fazer contato com os polos da bateria (Figura 15).

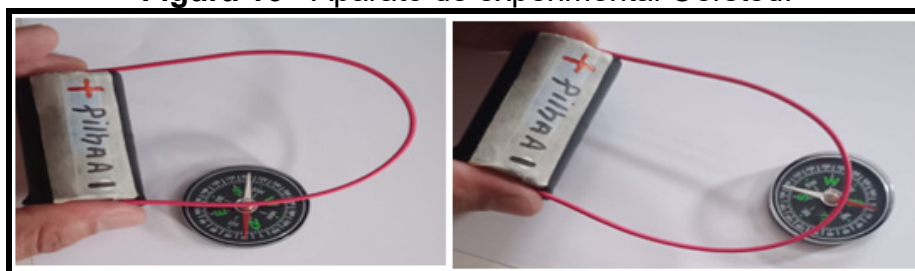
**Figura 15** – Fio elétrico de 2,5mm.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

**CONEXÃO COM A FONTE DE ELETRICIDADE:** Em uma das extremidades do fio condutor decapado, conecte o polo positivo (+) da fonte de eletricidade (pilha de 1,5V). Isso pode ser feito apertando os terminais decapado do fio ao positivo da pilha utilizando os dedos ou utilizando garrinhas de jacaré, se disponível. Na outra extremidade do fio, conecte o polo negativo (-) da fonte de eletricidade da mesma maneira (Figura 16).

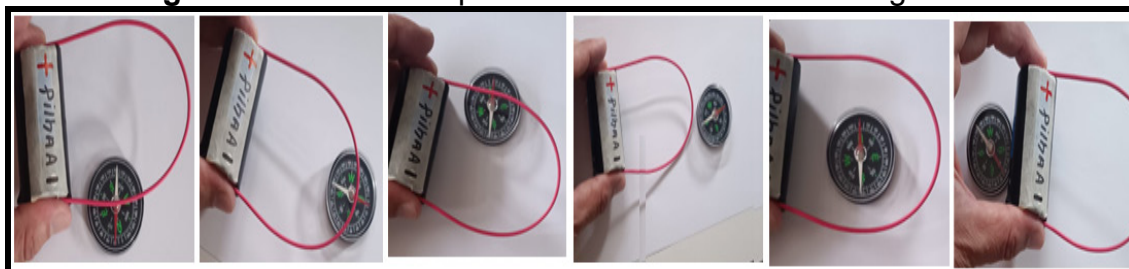
**Figura 16** - Aparato de experimental Oersted.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

**POSICIONAMENTO DA BÚSSOLA:** Como o objetivo é testar as hipóteses de Faraday, espera-se a turma posicionar a bússola em diferentes posições ao longo do fio para verificar o comportamento em relação ao efeito magnético gerado pela corrente elétrica. Para posicionar o fio condutor, ele será disposto de maneira paralela ao eixo norte-sul da bússola, garantindo que não haja obstruções que interfiram na leitura da agulha magnética (Figura 17).

**Figura 17** - Estudante posicionando a bússola ao longo do fio



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

- ◆ **OBSERVAÇÃO DA BÚSSOLA:** Oriente a turma para observar a orientação inicial da agulha da bússola. Ela deve apontar na direção norte-sul, indicando a direção do efeito magnético gerado pela terra.
  
- ◆ **ATIVAÇÃO DA FONTE DE ELETRICIDADE:** Uma vez que o fio condutor está conectado à pilha, ative a fonte de eletricidade, criando assim um circuito elétrico completo. Isso resultará na passagem de corrente elétrica pelo fio.
  
- ◆ **OBSERVAÇÃO DO EFEITO NA BÚSSOLA:** É esperado que os(as) estudantes observem atentamente a agulha da bússola após ligar a fonte de eletricidade. Devido à corrente elétrica fluindo pelo fio, ele criará um efeito magnético ao redor de si. Isso pode causar uma deflexão na agulha da bússola, que pode ser observada como uma mudança na direção de sua orientação inicial.
  
- ◆ **REGISTRO DOS RESULTADOS:** Oriente a turma para que registrem quaisquer mudanças na orientação da agulha da bússola e quaisquer outras observações relevantes durante o experimento. Isso ajudará na análise dos resultados e na compreensão dos princípios envolvidos.

## OBSERVAÇÕES

1. Certifique-se de realizar o experimento em um ambiente tranquilo, livre de interferências magnéticas e elétricas que possam afetar os resultados. Além disso, tome precauções de segurança ao lidar com eletricidade e manipular os componentes do experimento.
2. Ter cuidado com celular próximos, pois eles interferem, uma vez que seus fones contêm ímãs potentes.
3. Também não podemos usar o bússola do celular, pois neste caso, não irá detectar nenhum efeito, uma vez que esta funciona por geo – posicionamento.

## SUGESTÕES DE LEITURA

**FARADAY**, Michael. Pesquisas experimentais em eletricidade. Tradução André Koch Torres Assis e L. F. Haruna. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 152-204, 2011. (todos os experimentos de Faraday).

**MARTINS**, Roberto de Andrade. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. Cadernos de História e Filosofia da Ciência (10): p.89-114, 1986.

ORSTED E A DESCOBERTA DO ELETROMAGNETISMO –

<https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1226>

EXPERIÊNCIAS SOBRE O EFEITO DO CONFLITO ELÉTRICO SOBRE A AGULHA

<https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1227>

**Sugestão de vídeo**

<https://www.youtube.com/watch?v=7vZXcfIXtzQ&t=11s>



## SEGUNDO ENCONTRO

### EXPERIMENTO DE OERSTED 2

**Professores:** *Nesse experimento será trabalhado o uso de uma bobina para testar o aumento do efeito magnético. Novamente, é importante enfatizar o papel de cada componente no experimento, quem é a fonte (Pilha), o condutor (o fio), o detector (a bússola), preparando os estudantes para futuras investigações. Ao compreender os conceitos desde o início, os estudantes desenvolvem habilidades analíticas e de raciocínio crítico. Essa abordagem promove uma aprendizagem sólida em física, fornecendo uma base para entender os princípios fundamentais.*

### PERGUNTA INICIAL

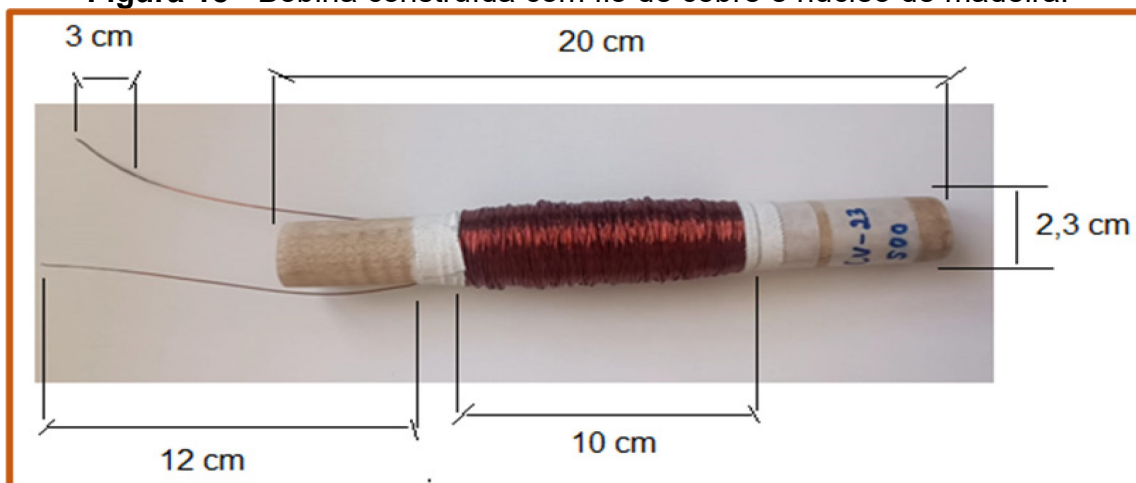
“Sabemos do experimento de Oersted que quando uma corrente elétrica passa por um fio, gera um efeito magnético que pode ser detectado por uma bússola. Como vimos o efeito depende da bateria e do fio. Se mantivermos a mesma bateria, como poderíamos aumentar o efeito magnético?”

Para realização deste experimento usando uma bobina, siga estas etapas:

### PREPARAÇÃO DAS BOBINAS:

- Enrole 300 voltas de fio de cobre (nº 23) esmaltado em um núcleo de madeira cilíndrico.
- Fixe o início e o final do enrolamento com fita de esparadrapo para evitar desenrolamentos acidentais durante o manuseio na experimentação.
- Deixe um pedaço de fio de cerca de 12cm no início e no final da bobina, desencapando 3cm em ambas as extremidades para facilitar o contato elétrico (Figura 18).

**Figura 18** - Bobina construída com fio de cobre e núcleo de madeira.

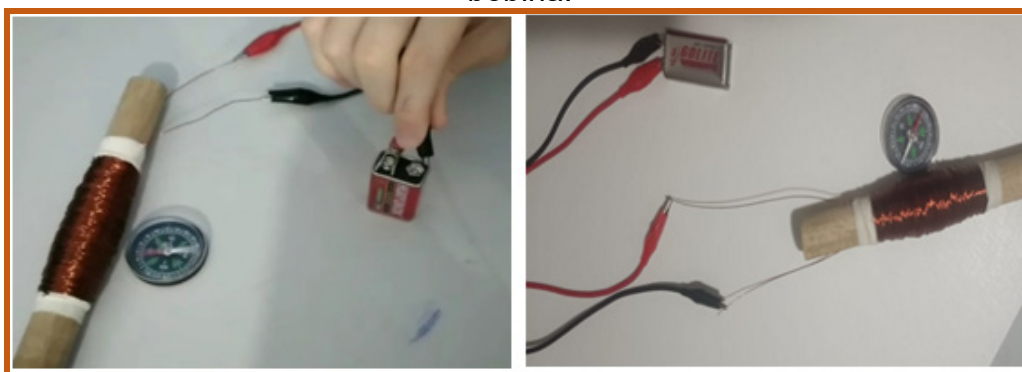


Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

◆ **POSICIONAMENTO DA BÚSSOLA:** Observe a agulha da bússola para verificar sua orientação inicial. Ela deve apontar na direção norte-sul, indicando a direção do efeito magnético gerado pela terra.

◆ **CONEXÃO COM A FONTE DE ELETRICIDADE:** Utilize um cabo de ligação com garrinhas de jacaré para facilitar as conexões (Figura 19). Conecte uma extremidade do cabo a uma das extremidades da bobina e a outra extremidade à fonte de eletricidade (bateria de 9V ou pilha de 1,5V tipo D).

**Figura 19** - Verificação do efeito magnético gerado pela corrente elétrica ao redor da bobina.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

◆ **POSICIONAMENTO DA BOBINA E DA BÚSSOLA:** Posicione a bobina próxima à bússola, mantendo-as paralelas entre si. Certifique-se de que não haja obstruções que possam interferir na leitura da agulha magnética da bússola.

◆ **OBSERVAÇÃO DA BÚSSOLA:** Observe a orientação inicial da agulha da bússola, que deve apontar na direção norte-sul, indicando o efeito magnético da terra.

◆ **ATIVAÇÃO DA FONTE DE ELETRICIDADE:** Ligue a fonte de eletricidade para criar um circuito elétrico completo na bobina. Isso permitirá que a corrente elétrica flua através das voltas da bobina.

◆ **OBSERVAÇÃO DO EFEITO NA BÚSSOLA:** Após ligar a fonte de eletricidade, observe atentamente a agulha da bússola. Devido à corrente elétrica fluindo pela bobina, será criado um efeito magnético ao redor dela, podendo causar uma deflexão na agulha da bússola (Figura 20).

**Figura 20** - Bússola em diferentes posições para detectar o efeito magnético



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## OBSERVAÇÕES

- 1 Certifique-se de realizar o experimento em um ambiente tranquilo, livre de interferências magnéticas e elétricas que possam afetar os resultados. Além disso, tome precauções de segurança ao lidar com eletricidade e manipular os componentes do experimento.
2. Ter cuidado com celular próximos, pois eles interferem, uma vez que seus fones contem ímãs potentes.
3. Também não podemos usar o bussola do celular, pois neste caso, não irá detectar nenhum efeito.

## **ATENÇÃO PROFESSORES**

*Neste momento, podemos orientar os estudantes a registrarem suas observações, seja por meio de anotações, desenhos ou pequenos vídeos, sobre os fenômenos que estão ocorrendo com a bússola. É essencial que os estudantes documentem todos os fenômenos observados, tanto os resultados positivos quanto os negativos, para que possam explicá-los aos colegas dos outros grupos durante a sessão de compartilhamento de resultados. O professor pode incentivar os estudantes a discutirem entre si no grupo, explorando o que deu certo e o que deu errado, além de encorajá-los a observar o comportamento da bússola em diversas posições. Essa prática de documentação e discussão promoverá uma análise mais detalhada dos resultados e facilitará a comunicação eficaz das descobertas entre os grupos.*

**OBSERVAÇÃO:** *Sugerimos usar a mesma bobina da continuação do experimento investigativo, para que os estudantes se familiarizem com os instrumentos, conforme (Figura 20)*

## **HIPÓTESES**

- Quando uma corrente elétrica fluindo por um fio próximo a uma bússola poderá causar algum tipo de desvio ou movimento na agulha da bússola.
- A polaridade da fonte de tensão que está fornecendo corrente elétrica (se positiva ou negativa) pode influenciar a direção do desvio da agulha da bússola.
- A orientação do fio em relação à agulha da bússola (horizontal, vertical, etc.) teria alguma influência no desvio da agulha.

## **OBJETIVOS:**

- Apresentar o experimento de Oersted;
- Discutir elementos da atividade experimental;
- Apresentar o conceito de bobina;
- Aproximar os estudantes dos materiais e instrumentos que serão utilizados na aula de Faraday;

- Propor uma estrutura de investigação que será explorada nas aulas seguintes.

### **ATENÇÃO:**

*Professor sugerimos ficar observando as etapas de raciocínio dos grupos e, sempre que julgar necessário, intervir para ajudar os estudantes a entenderem como suas hipóteses podem ser testadas. Após as discussões e a formulação das respostas, os estudantes podem ser convidados a responder novamente às questões como uma tarefa adicional, corrigindo suas respostas com base nas concepções corretas adquiridas durante a discussão. Esse processo de revisão e correção das respostas pode ser uma oportunidade valiosa para os estudantes consolidarem seu entendimento e aplicarem o conhecimento adquirido de forma mais precisa. Professor, você desempenha um papel fundamental ao orientar os estudantes nesse processo investigativo, garantindo que eles não apenas resolvam problemas, mas também compreendam os conceitos fundamentais envolvidos na investigação.*

### **SUGESTÕES DE LEITURA**

**FARADAY**, Michael. Pesquisas experimentais em eletricidade. Tradução André Koch Torres Assis e L. F. Haruna. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 152-204, 2011. (todos os experimentos de Faraday).

**MARTINS**, Roberto de Andrade. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. Cadernos de História e Filosofia da Ciência (10): p.89-114, 1986.

ORSTED E A DESCOBERTA DO ELETROMAGNETISMO –

<https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1226>

EXPERIÊNCIAS SOBRE O EFEITO DO CONFLITO ELÉTRICO SOBRE A AGULHA

<https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1227>

**Sugestões de vídeo**

<https://www.youtube.com/watch?v=prfjL5e-a7w>

## TERCEIRO ENCONTRO

### Experimento de Fluxo Magnético

Na atividade proposta para este encontro, vamos embarcar em uma jornada investigativa inspirada pelo renomado físico Michael Faraday e sua famosa lei do fluxo magnético. Neste contexto, os estudantes serão desafiados a mergulhar em um diário de laboratório fictício atribuído a Faraday, contendo apenas suas hipóteses sobre um fenômeno incompleto. Caberá à turma, então, desenvolver essas hipóteses e propor experimentos para explorar e compreender plenamente o fenômeno descrito pelo cientista. Assim, convidamos os estudantes a se tornarem verdadeiros cientistas, aplicando seus conhecimentos sobre a lei do fluxo magnético de Faraday e sua curiosidade investigativa para desvendar os segredos do mundo magnético.

### PERGUNTA INICIAL

“Se a corrente elétrica, passando em um fio condutor elétrico, produz uma ação magnética, então não seria de se esperar que a ação magnética também fosse capaz de induzir eletricidade em um condutor elétrico?”

É com esta interrogação que me proponho a iniciar uma investigação para obter as explicações mais completas dos fenômenos elétricos e magnéticos.

*- A turma terá acesso ao diário de laboratório em que é apresentado o cenário investigativo.*

Como recurso, também receberão o quadro de ideias em que o(a) professor(a) orientará nas etapas a serem desenvolvidas pela turma, conforme orientações abaixo.

**MOMENTO 1: ENTREGA E DISCUSSÃO DO “DIÁRIO DE LABORATÓRIO DE FARADAY”** Nesse momento o(a) professor(a) apresentará o cenário investigativo para a turma.

Na sequência será entregue o “quadro de ideias” a turma e explicará como serão os procedimentos para trabalhar com o quadro.

O “quadro de ideias” é composto por três colunas em que os estudantes irão preencher com matérias, características e função.

Na sequência os estudantes precisarão estruturar seus projetos apresentando:

**1. PROPOSTA DE MODELO:** Aqui professor(a), os estudantes irão fornecer uma descrição detalhada de todos os componentes, materiais e recursos necessários para sua implementação. Eles irão explicar como cada componente contribuirá para o funcionamento do modelo e como esses elementos se relacionam entre si para alcançar os objetivos estabelecidos. Essa abordagem visa garantir uma compreensão clara e abrangente do modelo proposto, permitindo uma implementação eficaz e a obtenção dos resultados desejados.

**2. DESENHO: REPRESENTAÇÃO DO MODELO:** O desenho representará a conexão entre as bobinas primária e secundária por meio dos cabos de ligação com garrinhas de jacaré, ilustrando a disposição e orientação das bobinas em relação uma à outra. Será detalhada também a posição da bússola em relação à bobina secundária, destacando sua função na detecção do efeito magnético gerado. Além disso, será representada a colocação do ímã em relação à bobina primária para demonstrar seu papel na indução eletromagnética. O desenho será complementado com legendas explicativas para fornecer informações adicionais sobre o funcionamento do modelo, estabelecendo sua relação com os conceitos discutidos em sala de aula. Assim, o desenho proposto será uma representação visual do modelo, que facilitará a compreensão por parte dos componentes do grupo.

**DESCRIÇÃO:** Aqui é necessário orientar a turma a estabelecer um processo para desenvolver a parte prática da investigação, descrevendo:

- Como vou juntar as partes;
- O que espero que aconteça, para a realização deste experimento.

## MATERIAIS USADOS

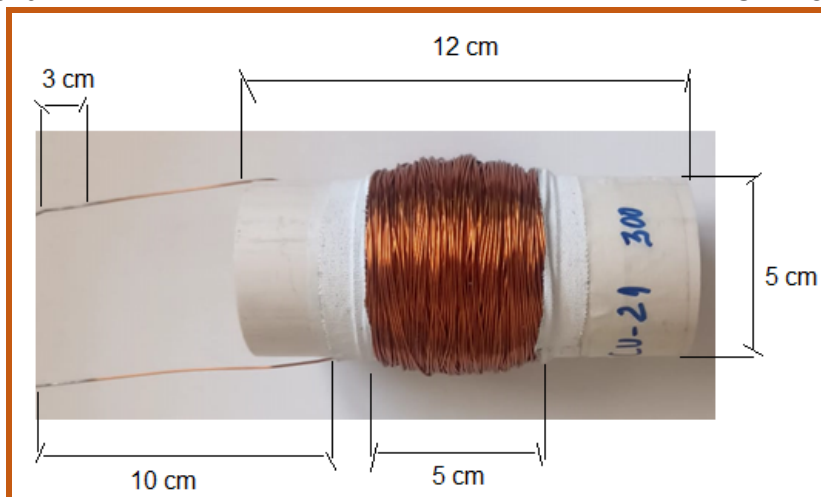
Para realizar este experimento, serão utilizados os seguintes instrumentos e ferramentas:

- Bobina de cobre nº 23 com 300 voltas enroladas em um núcleo de cano PVC oco;
- Bússola;
- Bobina de cobre nº 21 com 500 voltas enroladas em núcleo de cabo de vassoura;
- Imã circular conectado a um bastão de alumínio;
- Cabo de ligação de um metro de comprimento com garrinhas de jacaré nas pontas para facilitar as conexões.

**MONTAGEM:** Para montar esse experimento, siga os passos para a preparação da das bobinas.

Enrole o fio de cobre nº 23 em torno de um núcleo de cano PVC oco, garantindo um total de 300 voltas. Fixe o início e o final do enrolamento com fita adesiva para evitar desenrolamentos acidentais (Figura 21).

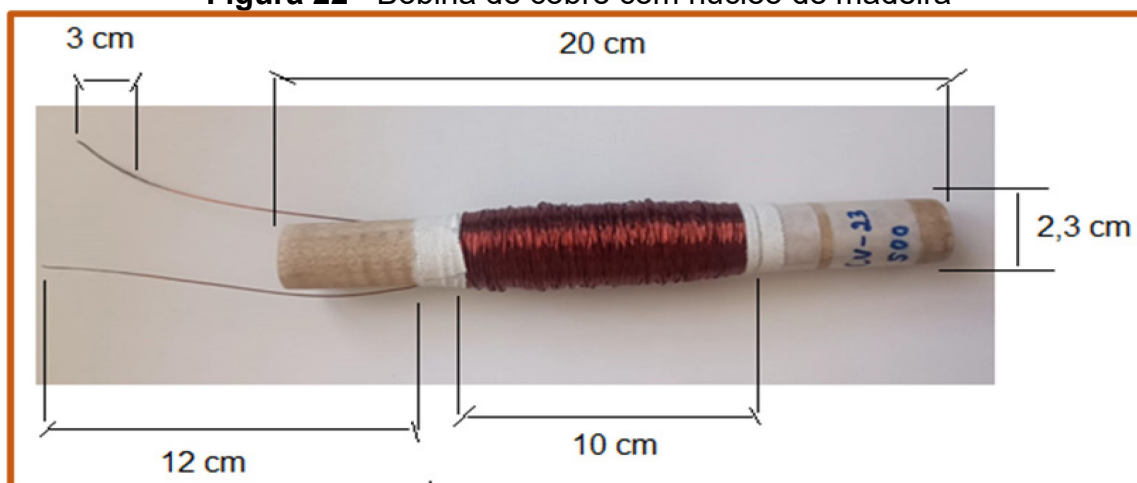
**Figura 21-** Bobina de cobre com núcleo de cano de PVC de 50mm



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Repita o processo com o fio de cobre nº 21, desta vez fazendo 500 voltas ao redor de um núcleo de cabo de vassoura (Figura 22).



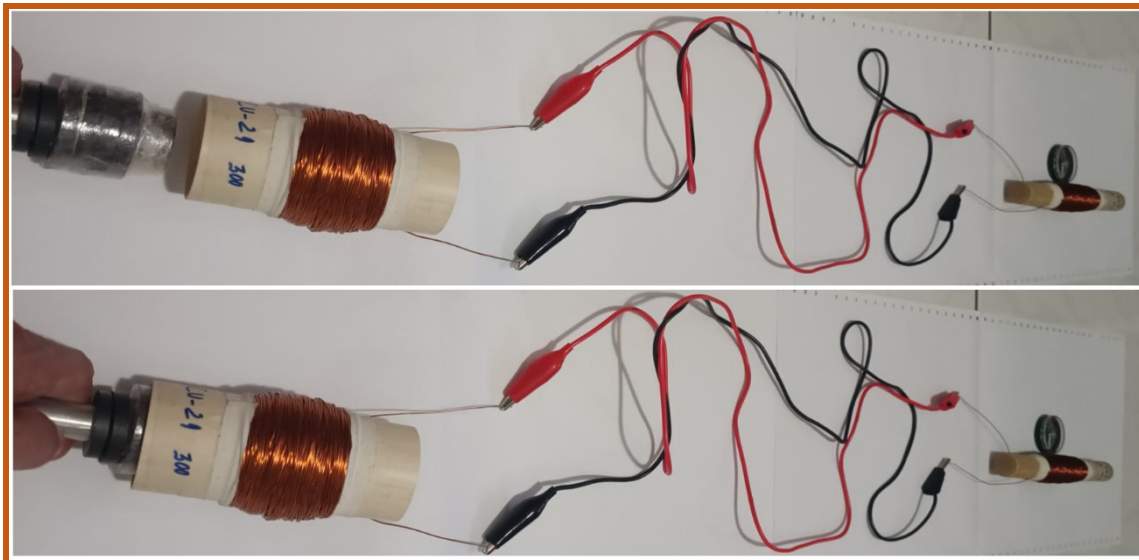
**Figura 22** - Bobina de cobre com núcleo de madeira

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

♦ **POSICIONAMENTO DAS BOBINAS E DO IMÃ:** Posicione as duas bobinas a uma distância média de aproximadamente um metro uma da outra em uma superfície plana. Conecte as extremidades da bobina primária às extremidades da bobina secundária para formar um circuito fechado. A bobina primária foi confeccionada em cano de PVC, e contém 300 voltas de fio de cobre Nº 21, enquanto que a bobina secundária foi confeccionada em um núcleo de madeira (cabo de vassoura), e contém 500 voltas de fio de cobre Nº 23, suficiente para criar um efeito magnético significativo quando a corrente elétrica passa por ela.

Em seguida, introduza os ímãs conectados em um bastão de maneira que possam ser facilmente movimentados para frente e para trás no interior da bobina primária. Este movimento de vai e vem dos ímãs dentro da bobina primária irá causar uma variação no fluxo magnético no interior das bobinas. Esta variação no fluxo magnético induzirá uma corrente elétrica na bobina secundária de acordo com a lei de Faraday da indução eletromagnética (Figura 23).

**Figura 23** - Montagem do experimento do fluxo magnético, movimento de vai e vem do ímã no interior da bobina.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

◆ **POSICIONAMENTO DA BÚSSOLA:** Coloque uma bússola próxima à bobina secundária para monitorar a orientação do efeito magnético gerado pela corrente elétrica na bobina. A bússola ajudará a identificar variações no efeito magnético à medida que o fluxo magnético varia na região.

◆ **OBSERVAÇÃO DO EFEITO NA BÚSSOLA:** Durante o experimento, ao mover o ímã dentro da bobina primária, é importante observar minuciosamente a agulha da bússola posicionada próxima à bobina secundária, que está conectada à primária. Este procedimento visa detectar qualquer variação na posição da agulha da bússola, uma vez que a movimentação do ímã dentro da bobina primária induzirá uma corrente elétrica na bobina secundária. Essa corrente, por sua vez, gera um efeito magnético ao seu redor, o que pode resultar em uma deflexão na agulha da bússola devido à interação entre os efeitos magnéticos gerados pelas bobinas.

Essa variação na posição da agulha indicará a presença de um efeito magnético gerado pela corrente induzida na bobina secundária, proporcionando uma compreensão clara da relação entre o movimento do ímã na bobina primária e a deflexão da bússola próxima à bobina secundária. Essa análise detalhada dos resultados é essencial para uma interpretação precisa dos fenômenos observados durante o experimento e contribuirá significativamente para a compreensão dos princípios da indução eletromagnética.

Certifique-se de realizar o experimento em um ambiente livre de interferências magnéticas e elétricas, seguindo todas as precauções de segurança ao manipular eletricidade.

### **ATENÇÃO PROFESSORES:**

*Recomendamos manter a bobina primária a uma distância média de aproximadamente um metro da bobina secundária durante o experimento. Essa precaução é importante devido à possibilidade de que a movimentação do ímã no interior da bobina primária possa interferir na bússola próxima à bobina secundária. Dessa forma, evitamos falsas interpretações de que a bússola está detectando o efeito magnético gerado pela passagem da corrente elétrica na bobina secundária, garantindo a precisão dos resultados obtidos durante o experimento.*

*Para garantir que o ímã não esteja afetando a bússola próxima à bobina secundária quando movido dentro da bobina primária, desconectamos as duas bobinas e continuamos movendo o ímã dentro da bobina primária. Observamos atentamente se há deflexão na agulha da bússola enquanto o ímã está em movimento. Essa verificação adicional nos permite descartar qualquer interferência magnética do ímã na bússola e confirmar que qualquer detecção de efeito magnético está relacionada exclusivamente à corrente elétrica induzida na bobina secundária.*

## QUARTO ENCONTRO

### CORRENTE ELÉTRICA INDUZIDA EM UMA BOBINA SECUNDÁRIA

#### PERGUNTA INICIAL

“Após minha investigação sobre o surgimento de corrente elétrica em uma bobina ao movimentar um ímã próximo, sinto uma inquietação. Surge agora em mim um desejo ardente de aprofundar ainda mais essa investigação. Meu foco agora recai sobre a compreensão do surgimento dessa corrente elétrica em uma bobina secundária, sem que haja qualquer conexão direta com a bobina primária ou com a fonte de tensão. No entanto, se nos experimentos anteriores usei o efeito magnético (bússola) como detector da corrente, como poderia fazê-lo sem usar a bússola?”

Faraday se questiona como identificar a produção da corrente sem partir da ação magnética. Então, vejamos: de posse dos materiais que utilizei nos experimentos anteriores, acerca do trabalho de Oersted, e alguns outros, iniciarei escolhendo [1].

**[1] Descrever no quadro de ideias quais materiais serão usados.**

MATERIAIS	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÃO

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

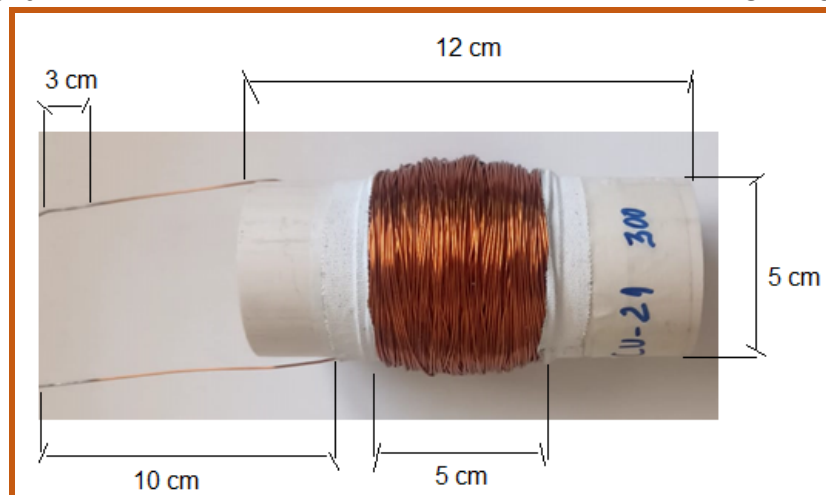
## MATERIAIS USADOS

- Bobina de cobre nº 23 com 300 voltas enrolada em um núcleo de cano PVC oco;
- LED azul ou branco de 3V;
- Bateria de 9V;
- Bobina de fio de cobre nº 21 com 500 voltas enrolada em núcleo de cabo de vassoura;
- Cabo de ligação de um metro de comprimento com garrinhas de jacaré nas pontas para facilitar as conexões entre as bobinas;
- Cabo de ligação de 20 centímetros de comprimento com garrinhas de jacaré nas pontas para facilitar as conexões entre as pernas do LED e os terminais da bobina secundária.

### MONTAGEM: Para montar esse experimento tem-se a preparação das Bobinas

Enrole o fio de cobre nº 23 em torno de um núcleo de cano PVC oco, garantindo um total de 300 voltas. Fixe o início e o final do enrolamento com fita adesiva para evitar desenrolamentos acidentais (Figura 24).

**Figura 24** - Bobina de cobre com núcleo de cano de PVC de 50mm



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Repita o processo com o fio de cobre nº 21, desta vez fazendo 500 voltas ao redor de um núcleo de cabo de vassoura (Figura 25).

**Figura 25** - Bobina de cobre com núcleo de madeira.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Posicione as duas bobinas a uma distância média de aproximadamente um metro uma da outra em uma superfície plana. Conecte as extremidades da bobina primária às extremidades da bobina secundária para formar um circuito fechado. A bobina primária foi confeccionada em cano de PVC, e contém 300 voltas de fio de cobre Nº 21, enquanto que a bobina secundária foi confeccionada em um núcleo de madeira (cabo de vassoura), e contém 500 voltas de fio de cobre Nº 23, suficiente para criar um efeito magnético significativo quando a corrente elétrica passa por ela.

Em seguida, faremos contato entre os terminais da bobina primária e os polos da bateria de 9 volts. Para induzir corrente elétrica na bobina secundária e fazer o LED piscar, é necessário apenas realizar contatos rápidos entre os terminais da bateria e os polos. Essa variação no fluxo magnético resultará na indução de corrente elétrica na bobina secundária, conforme previsto pela Lei de Faraday da indução eletromagnética.

Nesse momento, os estudantes devem seguir os seguintes procedimentos:

**PROPOSTA DE MODELO:** descrever como almejam testar as hipóteses apresentadas

**DESENHO:** representação de como será o experimento

**DESCRIÇÃO:**

- Como vou juntar as partes;

- O que espero que aconteça;

Após minha investigação e compreensão sobre o surgimento de corrente elétrica em uma bobina ao movimentar um ímã próximo a uma bobina, assim como, sobre a compreensão do surgimento dessa corrente elétrica em uma bobina secundária, sem que haja qualquer conexão direta com a bobina primária ou com a fonte de tensão. Agora me proponho a investigar sobre a influência de alguns materiais que componham estas bobinas sobre o surgimento de tais correntes.

### **ATENÇÃO PROFESSORES:**

*Para que o efeito seja perceptível, fazendo com que o LED pisque, é essencial compreender a Lei de Faraday da indução eletromagnética. De acordo com essa lei, uma variação no fluxo magnético através de uma espira condutora induzirá uma corrente elétrica na espira. No caso do experimento com o LED, ao fazer um contato rápido nos polos da bateria, ocorre uma variação rápida no efeito magnético ao redor da bobina primária, devido à interrupção rápida do fluxo de corrente. Essa variação no fluxo magnético induz uma corrente elétrica na bobina secundária, fazendo com que o LED pisque. Esse fenômeno demonstra diretamente os princípios da indução eletromagnética descritos por Faraday, onde a mudança no fluxo magnético através de um circuito elétrico induz uma corrente elétrica no circuito.*

## QUINTO ENCONTRO

### DIFERENTES MATERIAIS E VARIAÇÕES NA COMPOSIÇÃO DAS BOBINAS E NÚCLEOS

#### CENÁRIO INVESTIGATIVO: DIÁRIO DE LABORATÓRIO

No decorrer das minhas investigações e compreensão sobre a origem da corrente elétrica ao movimentar um ímã próximo a uma bobina e sua indução na bobina secundária, independentemente de conexões diretas com a bobina primária ou a fonte de tensão, surge um novo problema. Agora, proponho-me a explorar não apenas a influência dos diferentes materiais utilizados na composição dessas bobinas sobre o surgimento e comportamento das correntes, mas também a relação com o número de voltas das bobinas primária e secundária. Além disso, buscarei compreender os efeitos dos materiais que compõem as espiras e dos materiais presentes nos núcleos das bobinas nesse fenômeno eletromagnético.

#### **PERGUNTA INICIAL:**

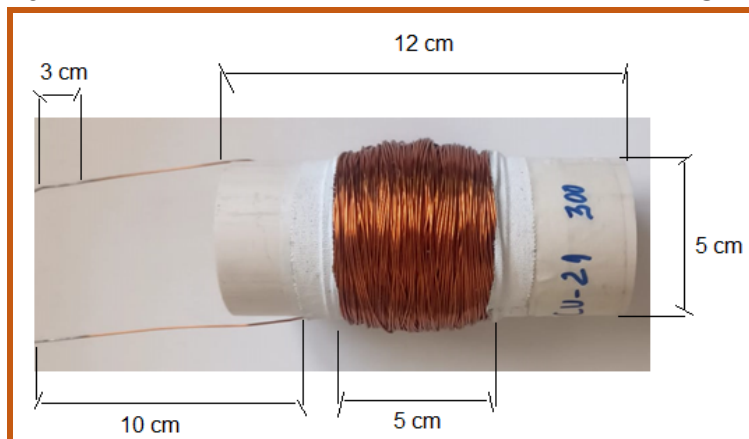
“Sabemos que a corrente elétrica passando em uma bobina, produz uma ação magnética, e que uma ação magnética também é capaz de induzir em uma bobina secundária uma corrente elétrica. Além disso, como os diferentes núcleos e os materiais que compõem o enrolamento das bobinas podem influenciar neste efeito detectado?”

#### **VARIAÇÕES: Bobinas externas (300 voltas) - Primária**

- Núcleo de PVC + fio de Cobre Nº 21 (Figura 26)
- Núcleo de Madeira + fio de Cobre Nº 21 (Figura 27)
- Núcleo de PVC + fio de Alumínio Nº 21 (Figura 28)

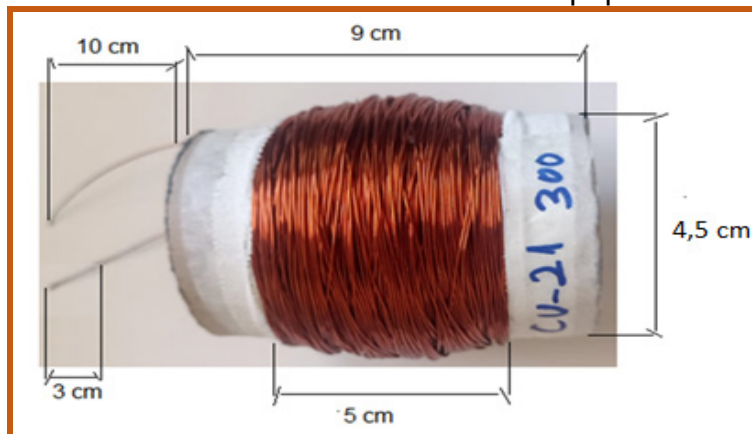


**Figura 26** - Bobina de cobre com núcleo de cano de PVC de 50mm.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

**Figura 27** - Bobina de cobre com núcleo de papelão de 45mm.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

**Figura 28** - Bobina de Alumínio com núcleo de cano de PVC de 50mm.



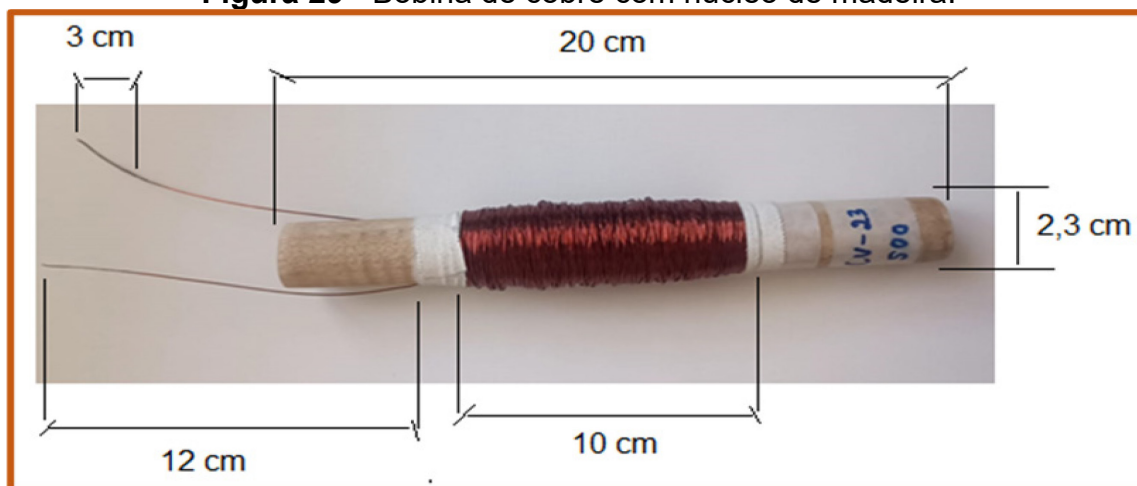
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

### **Bobinas internas (500 voltas) - Secundária**

- Núcleo de Madeira + fio de Cobre Nº 23 (Figura 29)
- Núcleo de PVC + fio de Cobre Nº 23 (Figura 30)

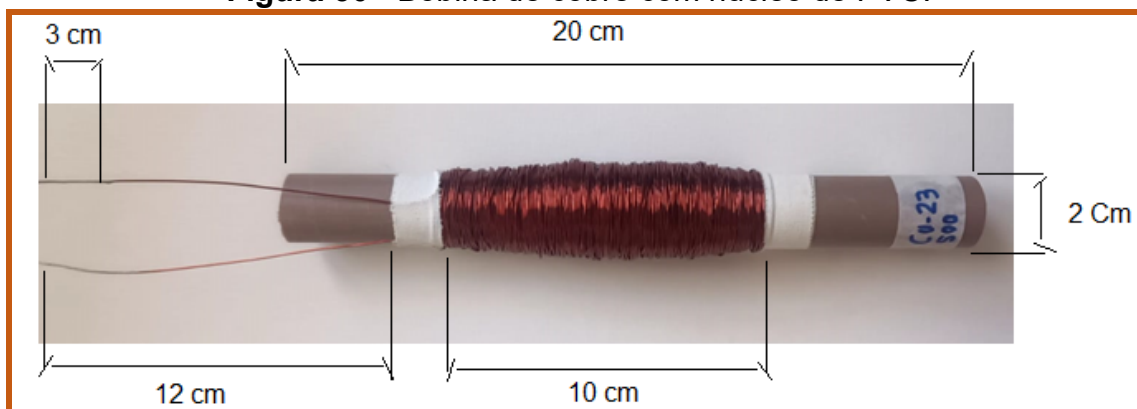
- Núcleo de Madeira + fio de Alumínio Nº 23 (Figura 31)

**Figura 29** - Bobina de cobre com núcleo de madeira.



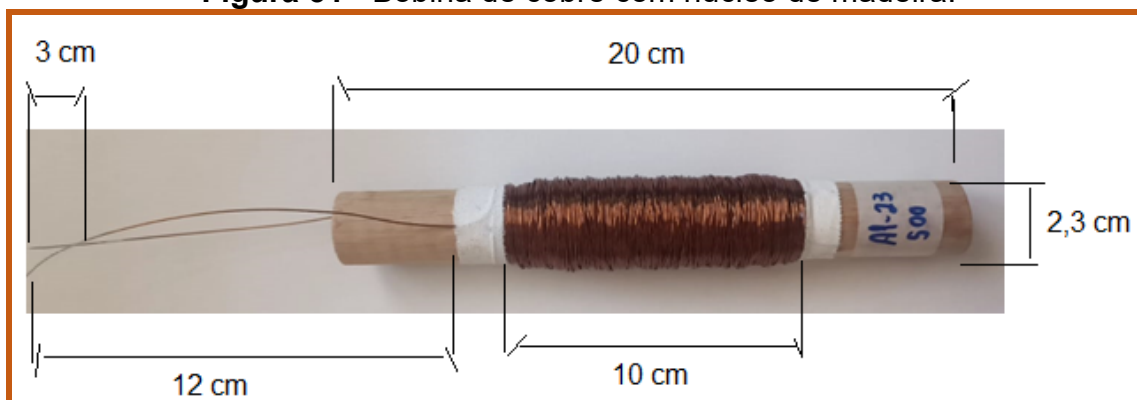
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

**Figura 30** - Bobina de cobre com núcleo de PVC.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

**Figura 31** - Bobina de cobre com núcleo de madeira.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## MATERIAIS USADOS

**Bastões Magnéticos**

**Cabos com garras de jacaré (vermelho e preto)**

**Galvanômetro**

## FENÔMENOS

**1 – EXISTÊNCIA DO FENÔMENO:** A detecção da corrente induzida na bobina secundária será realizada através do uso de um galvanômetro. No experimento proposto, ao aplicar uma corrente elétrica na bobina primária sem que haja uma conexão direta com a bobina secundária, ocorrerá uma variação no fluxo magnético próximo à bobina secundária devido à indução eletromagnética. Essa variação no fluxo magnético induzirá uma corrente elétrica na bobina secundária, conforme a Lei de Faraday da indução eletromagnética. O galvanômetro, ao ser conectado à bobina secundária, detectará essa corrente induzida, fornecendo uma leitura que indica a presença da corrente elétrica no circuito. Dessa forma, o galvanômetro é capaz de detectar a existência do fenômeno da corrente induzida na bobina secundária, mesmo sem uma conexão direta com a bobina primária.

**2 – INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS:** Para verificar se existe diferença na indução de corrente elétrica devido à composição dos materiais que compõem os núcleos e fios das bobinas, faremos uma série de conexões experimentais entre as bobinas primárias e secundárias. Essas conexões serão estabelecidas considerando diferentes combinações de materiais nos núcleos das bobinas (PVC, madeira) e nos fios (cobre, alumínio). Ao realizar essas conexões e observar as respostas das bobinas secundárias à corrente elétrica induzida pelas primárias, poderemos avaliar se as características dos materiais afetam a eficiência da indução eletromagnética.

## PROCEDIMENTOS PARA MONTAGEM

Conectaremos a bobina primária, composta por diferentes materiais, como PVC com fio de cobre, PVC com fio de alumínio e madeira com fio de cobre, a uma fonte de corrente elétrica.

Em seguida, conectaremos a bobina secundária, também composta por diferentes materiais, como madeira com fio de cobre, madeira com fio de alumínio e PVC com fio de cobre, aos terminais da bobina primária. Essas conexões serão realizadas utilizando cabos de ligação com garrinhas de jacaré, garantindo uma conexão segura e estável.

Após realizar as conexões, observaremos se há alguma diferença na indução de corrente elétrica na bobina secundária em relação aos diferentes materiais utilizados na composição das bobinas primária e secundária. Para isso, utilizaremos um dispositivo de detecção, como um galvanômetro, conectado à bobina secundária para verificar a presença e intensidade da corrente induzida.

Repetiremos o procedimento para cada combinação de materiais, registrando e comparando os resultados obtidos. Isso nos permitirá avaliar o impacto da composição dos materiais dos núcleos e dos fios das bobinas na indução de corrente elétrica e entender melhor como esses fatores influenciam o fenômeno da indução eletromagnética.

### 3 – DETECTOR: Como detector iremos utilizar um galvanômetro

**[1] Descrever no quadro de ideias quais materiais serão usados.**

MATERIAIS	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÃO

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## COMPLEMENTO – PARA O ESTUDANTE

### FLUXO MAGNÉTICO

#### CENÁRIO INVESTIGATIVO:

Faz algum tempo que me encontro intrigado com uma questão relacionada ao fenômeno que estudei recentemente, acerca da produção de um efeito magnético em virtude do movimento da eletricidade em um fio. Fenômeno esse que detectamos com o uso de uma bússola.

Mas a questão que estou interessado em observar agora é a seguinte:

“Se a corrente elétrica, passando em um fio condutor elétrico, produz uma ação magnética, então não seria de se esperar que a ação magnética também fosse capaz de induzir eletricidade em um condutor elétrico?”

É com esta interrogação que me proponho a iniciar uma investigação para obter as explicações mais completas dos fenômenos elétricos e magnéticos.

Então, vejamos:

De posse dos materiais que utilizei nos experimentos anteriores, acerca do trabalho de Oersted, e alguns outros, iniciarei escolhendo [1].

**[1] Descrever no quadro de ideias quais materiais serão usados.**

MATERIAIS	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÃO

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

**Prezado professor para fonte sugere-se que utilize pilhas, tendo em vista a segurança dos estudantes.**

## **QUADRO DE IDEIAS**

### **DIFERENTES MATERIAIS E VARIAÇÕES NA COMPOSIÇÃO DAS BOBINAS E NÚCLEOS.**

No decorrer das minhas investigações e compreensão sobre a origem da corrente elétrica ao movimentar um ímã próximo a uma bobina e sua indução na bobina secundária, independentemente de conexões diretas com a bobina primária ou a fonte de tensão, surge um novo problema. Agora, proponho-me a explorar não apenas a influência dos diferentes materiais utilizados na composição dessas bobinas sobre o surgimento e comportamento das correntes, mas também a relação com o número de voltas das bobinas primária e secundária. Além disso, buscarei compreender os efeitos dos materiais que compõem as espiras e dos materiais presentes nos núcleos das bobinas nesse fenômeno eletromagnético.

## **VARIAÇÕES**

Bobinas externas (300 voltas)

PVC + Cobre

PVC + Alumínio

Madeira+ Cobre

Bobinas internas (500 voltas)

Madeira+ Cobre

Madeira + Alumínio

PVC + Cobre

### MATERIAIS USADOS

**Bastões Magnéticos (4)**

**LEDs (4)**

**Bussolas (4)**

**Cabos ponta de prova com garra de jacaré (vermelho e preto) (4)**

**Fenômenos**

**1 – Existência do Fenômeno**

**2 – Influencia dos materiais**

**3 – Detector**

### BOBINA LIGADA A UM LED

**[1] Descrever no quadro de ideias quais materiais serão usados.**

MATERIAIS	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÃO

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## APÊNDICE B - CARTA - MICHAEL FARADAY

### FLUXO MAGNÉTICO

**Data: 24 de novembro de 1831**

Hoje, enquanto realizava meus experimentos com condutores elétricos e ímãs, deparei-me com um fenômeno intrigante que desafia minha compreensão atual do mundo magnético. Enquanto observava, notei uma interação peculiar entre um ímã e um condutor em movimento. Ao mover um ímã próximo de um condutor, uma corrente induzida surgiu no condutor, mesmo sem uma fonte externa de corrente elétrica. Essa corrente induzida parece gerar um efeito magnético, que interage de maneira complexa com o efeito magnético do ímã. Esse fenômeno desafia os princípios magnéticos estabelecidos até o momento e me estimula a explorar mais a fundo.

Gostaria de compartilhar com vocês minha hipótese inicial é que essa força adicional surge devido a uma interação mais complexa entre o movimento do condutor e o efeito magnético do ímã. Suspeito que, além da indução magnética tradicional, há uma corrente elétrica induzida no condutor que contribui para essa força adicional. No entanto, a natureza exata dessa corrente elétrica e como ela interage com o efeito magnético permanece um mistério. Além disso, conjecturo que essa corrente elétrica induzida pode ser responsável por outros fenômenos observados em experimentos anteriores, como a deflexão de uma agulha magnética em um circuito fechado. Seria fascinante explorar como essa corrente induzida pode influenciar outros componentes do circuito.

No entanto, essas são apenas hipóteses preliminares, é importante realizarmos este experimento para testar essas ideias e compreender plenamente esse fenômeno intrigante. Convido meus colegas cientistas a se juntarem a mim nessa jornada de descoberta, para explorar os segredos do mundo magnético e desvendar a verdade por trás desse fenômeno misterioso.



Continuarei registrando minhas observações e experimentos neste diário de laboratório, na esperança de contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre a indução magnética e seus efeitos.

[Assinatura de Michael Faraday]

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'M Faraday', written in black ink.

### **ATIVIDADE:**

A partir da carta fictícia de Faraday acima, vamos testar suas hipóteses e buscar respostas para seus trabalhos.

Para isso, vamos nos dividir como grupos de cientistas e explorar os seus trabalhos propondo:

- Materiais e experimentos;
- Estratégias de investigação;
- Análise dos resultados encontrados.

**Nosso objetivo é ajudar Faraday com o seu trabalho.**

Para cada descoberta e resultado precisamos registrar e documentar através de desenhos, fotos e vídeos, fornecendo material para futuras investigações e compreensão mais profunda do fenômeno que estamos investigando.

## APÊNDICE C - DIÁRIO DE LABORATÓRIO - MICHAEL FARADAY

### CORRENTE INDUZIDA EM UMA BOBINA

**Data: 24 de novembro de 1831**

Nesta bela tarde, durante a realização de meus experimentos com bobinas e uma fonte de tensão, deparei-me com um fenômeno intrigante que desafia minha compreensão atual do mundo magnético. Ao fazer o contato de uma bobina com uma fonte de tensão e observar atentamente, percebi algo que aconteceu na outra bobina que não estava conectada a primeira, que me surpreendeu muito. Ao fazer o contato da fonte de tensão com uma bobina, uma corrente induzida surgiu na segunda bobina, quase que instantâneo.

Minha hipótese inicial é que a corrente surge na bobina secundária devido à interação entre o contato da fonte de tensão com a bobina primária e o efeito magnético variável induzido pela variação de corrente na fonte de tensão. No entanto, a natureza exata dessa corrente elétrica induzida e seu efeito magnético variável permanecem um mistério. Suspeito que ela seja decorrente do contato e descontado com a fonte de tensão. Além disso, conjecturo que essa corrente elétrica induzida pode ser responsável por outros fenômenos observados em experimentos anteriores, como a deflexão de uma agulha magnética em um circuito fechado. Seria fascinante explorar como essa corrente induzida pode influenciar outros componentes do circuito.

No entanto, essas são apenas hipóteses preliminares. É crucial conduzirmos experimentos meticulosos para testar essas ideias e compreender plenamente esse fenômeno intrigante. Convido meus colegas cientistas a se unirem a mim nessa jornada de descoberta, para explorar os segredos do mundo magnético e desvendar a verdade por trás desse fenômeno misterioso. Continuarei registrando minhas observações e experimentos neste diário de laboratório, com a esperança de contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre a indução magnética e seus efeitos. Cada descoberta e resultado será minuciosamente documentado,

utilizando desenhos, fotos e vídeos, fornecendo material para futuras investigações e uma compreensão mais profunda desse fenômeno.

[Assinatura de Michael Faraday]

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M Faraday', with a stylized, cursive script.

### **ATIVIDADE:**

A partir da carta fictícia de Faraday acima, vamos testar suas hipóteses e buscar respostas para seus trabalhos.

Para isso, vamos nos dividir como grupos de cientistas e explorar os seus trabalhos propondo:

- Materiais e experimentos;
- Estratégias de investigação;
- Análise dos resultados encontrados.

**Nosso objetivo é ajudar Faraday com o seu trabalho.**

Para cada descoberta e resultado precisamos registrar e documentar através de desenhos, fotos e vídeos, fornecendo material para futuras investigações e compreensão mais profunda do fenômeno que estamos investigando.

## **APÊNDICE D – AUTORIZAÇÃO PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA DE MESTRADO**

### **Autorização para Participação em Pesquisa de Mestrado**

Nós, estudantes do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual Maria Balbina Pereira, abaixo assinados, estamos cientes de que estamos participando de uma pesquisa de mestrado conduzida pelo Professor OSVALDO FARIAS ALVES como parte de seu projeto acadêmico.

Entendemos que as aulas serão registradas por meio de gravações de áudio e vídeo, utilizando celulares e gravadores de MP3, para fins didáticos e de pesquisa. Autorizamos expressamente o registro das aulas nas quais participamos, compreendendo que essas gravações podem ser utilizadas para análise acadêmica e compartilhadas para fins educacionais.

Declaramos estar cientes de que nossa privacidade será respeitada, e concordamos com o uso das gravações para os propósitos mencionados acima.

Santa Luzia do Cariri, 14 de Novembro de 2023

---

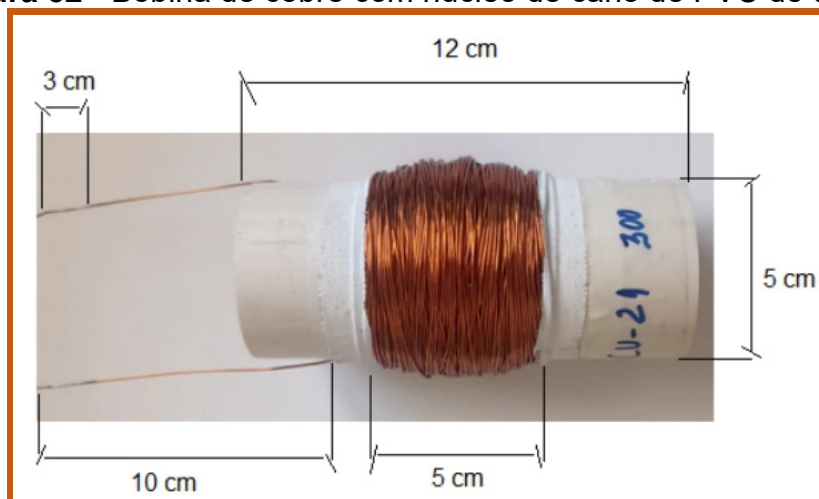
Assinatura dos Estudante

## APÊNDICE E – DESCRIÇÕES DA CONSTRUÇÃO DAS BOBINAS

### DESCRIÇÕES DA CONSTRUÇÃO DAS BOBINAS

Para construir as bobinas mostradas na Figura 32, siga os passos detalhados abaixo. Certifique-se de ter todos os materiais necessários e siga as instruções cuidadosamente para garantir a precisão e a eficácia das bobinas.

**Figura 32** - Bobina de cobre com núcleo de cano de PVC de 50mm



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

#### Materiais Necessários

- Fio de cobre esmaltado (21 AWG), cerca de 100g
- Cano de PVC para esgoto de 50mm (12cm de comprimento, 5cm de diâmetro interno) de rede esgoto;
- Alicates para cortar os fios;
- Régua em centímetros para fazer as medições;
- Fio ponta de prova para multímetro com garras de jacaré nas pontas;
- Serra para cortar ferro;
- Pedaco de lixa de madeira ou de ferro;

- Estilete ou uma tesoura;
- Fita crepe ou fita isolante;

**OBSERVAÇÃO:** Em nosso experimento, utilizamos esparadrapo devido ao seu acabamento superior e maior resistência, evitando que os fios se soltem. Para fixar firmemente o fio de cobre no início e no final do enrolamento, usamos esparadrapo (1,2cm x 4,5m), garantindo que o fio permaneça bem preso ao núcleo de PVC e prevenindo qualquer deslizamento ou soltura acidental durante a manipulação. Essa escolha é importante, considerando o manuseio frequente das bobinas pelos estudantes, prevenindo qualquer deslizamento ou soltura acidental durante a manipulação.

## **PASSO A PASSO PARA CONSTRUIR A BOBINA PRIMÁRIA COM CANO DE PVC DE 50mm (NÚCLEO OCO)**

### **PREPARAÇÃO DO MATERIAL**

#### **1. CORTE DO CANO:**

- Use uma serra para cortar um pedaço de cano de PVC com 12cm de comprimento.
- Retire as rebarbas do cano com uma lixa para garantir que as bordas fiquem lisas e seguras para manuseio.

#### **2. PREPARAÇÃO DO FIO:**

- Pegue o fio de cobre esmaltado (21 AWG), cerca de 100g.
- Deixe cerca de 10cm de fio solto no início para conexões futuras.

Enrolamento do Fio:

- Comece a enrolar o fio de cobre em torno do cano de PVC, mantendo as voltas bem apertadas e próximas umas das outras.

- Enrole 300 voltas de fio em torno do cano de PVC.
- Após enrolar as 300 voltas, deixe novamente cerca de 10cm de fio solto no final.

### **3. REMOÇÃO DO ESMALTE:**

- No início e no final de cada ponta, retire cerca de 3cm do esmalte do fio utilizando um estilete. Ou se preferir, pode aquecer as pontas com um isqueiro para retirar o esmalte do fio.
- Lixe as pontas do fio com uma lixinha de ferro para garantir que o esmalte seja completamente removido e as conexões possam ser feitas sem isolamentos.

### **4. FIXAÇÃO DAS EXTREMIDADES:**

- Use fita adesiva ou fita isolante para fixar as extremidades do fio no cano de PVC, garantindo que não se soltem.
- Certifique-se de que as extremidades do fio estão bem fixadas e não se movem durante o manuseio.

## **OBSERVAÇÕES IMPORTANTES**

Assegure-se de realizar o enrolamento do fio de cobre ao longo do cano de PVC de maneira uniforme, conforme exemplificado na Figura 33. Isso garantirá a distribuição homogênea do efeito magnético ao longo da bobina. Enrole os fios próximos uns dos outros, camada por camada, até atingir as 300 voltas desejadas.

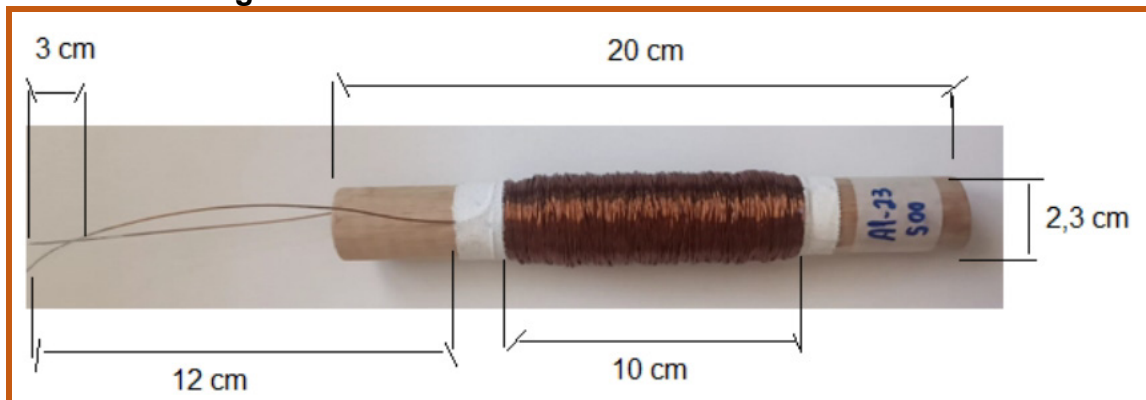
- É importante seguir as dimensões aproximadas indicadas na Figura 33 ao confeccionar a bobina primária de cobre entorno de um pedaço de cano de PVC 50mm de diâmetro e 12cm de comprimento. Essas medidas foram cuidadosamente projetadas para facilitar o manuseio dos estudantes durante a experimentação investigativa. Ao aderir às especificações da figura, garantiremos uma experiência prática mais eficiente e instrutiva.

- Além das instruções fornecidas anteriormente, é fundamental destacar a etapa adicional de preparação do fio de cobre. Recomenda-se que as extremidades do fio

sejam cuidadosamente raspadas, lixadas e, em seguida, estanhadas em uma extensão de aproximadamente 3cm. Essa prática visa aprimorar a condutividade elétrica nas conexões, assegurando uma transmissão eficiente de corrente elétrica entre as partes envolvidas. Essa medida contribuirá para otimizar o desempenho da bobina, garantir uma experiência mais consistente durante a experimentação e adaptar-se à sequência dos experimentos.

Para construir as bobinas mostradas na Figura 33, siga os passos detalhados abaixo. Certifique-se de ter todos os materiais necessários e siga as instruções cuidadosamente para garantir a precisão e a eficácia das bobinas.

**Figura 33-** Bobina de cobre com núcleo de madeira.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Fio de cobre esmaltado (23 AWG), cerca de 100g
- Cano de vassoura de 20cm de comprimento e diâmetro de 2,3cm
- Alicates para cortar os fios
- Régua em centímetros para fazer as medições
- Fio ponta de prova para multímetro com garras de jacaré nas pontas
- Serra de serrar ferro
- Pedaco de lixa de madeira ou de ferro
- Estilete ou uma tesoura
- Fita crepe ou fita isolante



**OBERVAÇÃO.:** Em nosso experimento, utilizamos esparadrapo devido ao seu acabamento superior e maior resistência, evitando que os fios se soltem. Para fixar firmemente o fio de cobre no início e no final do enrolamento, usamos esparadrapo (1,2cm x 4,5m), garantindo que o fio permaneça bem preso ao núcleo de madeira e prevenindo qualquer deslizamento ou soltura acidental durante a manipulação. Essa escolha é crucial, considerando o manuseio frequente das bobinas pelos estudantes durante sua investigação.

## **PASSO A PASSO PARA CONSTRUIR A BOBINA SECUNDÁRIA (NÚCLEO DE MADEIRA)**

### **Preparação do Material:**

- Serre um pedaço de cabo de vassoura de madeira com 20cm de comprimento, com um diâmetro de aproximadamente 2,3cm.
- Retire as rebarbas do cabo de vassoura com uma lixa de madeira para garantir que as bordas fiquem lisas e seguras para manuseio.

### **Enrolamento do Fio:**

- Pegue o fio de cobre esmaltado (23 AWG).
- Deixe cerca de 12cm de fio solto no início para conexões futuras.
- Comece a enrolar o fio de cobre em torno do cabo de vassoura, mantendo as voltas bem apertadas e próximas umas das outras.
- Enrole 500 voltas de fio em torno do cabo de vassoura.

### **Fixação do Fio:**

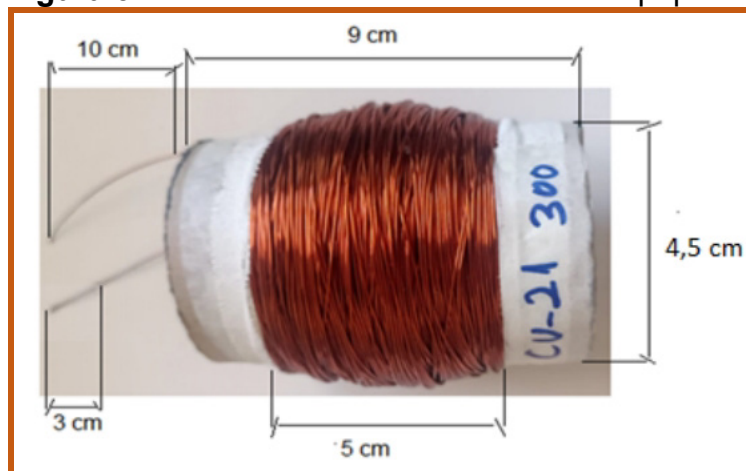
- Após completar as 500 voltas, deixe novamente cerca de 12cm de fio solto no final.
- Use fita crepe ou fita isolante para fixar as extremidades do fio no cabo de vassoura, garantindo que não se soltem.

## OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

- Assegure-se de enrolar o fio de cobre uniformemente ao longo do cabo, conforme mostrado na Figura 33. Isso garantirá uma distribuição homogênea do efeito magnético na bobina. Enrole os fios próximos uns dos outros, camada por camada, até completar as 500 voltas necessárias.
- Siga as dimensões aproximadas indicadas na Figura 33 ao confeccionar a bobina secundária, com 20cm de comprimento. Essas medidas foram projetadas para facilitar o manuseio pelos estudantes durante os experimentos. Seguir essas especificações assegura uma experiência prática mais eficiente e instrutiva.
- Além das instruções anteriores, é importante preparar adequadamente as extremidades do fio de cobre. Recomenda-se raspar, lixar e estanhar as extremidades do fio em uma extensão de aproximadamente 3cm. Isso melhora a condutividade elétrica nas conexões, garantindo uma transmissão eficiente de corrente elétrica e otimizando o desempenho da bobina, proporcionando uma experimentação mais consistente.

Para construir as bobinas mostradas na Figura 34, siga os passos detalhados abaixo. Certifique-se de ter todos os materiais necessários e siga as instruções cuidadosamente para garantir a precisão e a eficácia das bobinas.

**Figura 34** - Bobina de cobre com núcleo de papelão.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Fio de cobre esmaltado (21 AWG), cerca de 100g
- Cano de papelão para bobina de sacolas plástica de 45mm (9cm de comprimento, 4,5cm de diâmetro interno e 8,5mm de espessura) – Figura 34
- Alicates para cortar os fios
- Régua em centímetros para fazer as medições
- Fio ponta de prova para multímetro com garras de jacaré nas pontas
- Serra para serrar ferro
- Pedaco de lixa de madeira ou de ferro
- Estilete ou uma tesoura
- Fita crepe ou fita isolante

**Obs:** Em nosso experimento, optamos por usar esparadrapo devido ao seu acabamento superior e maior resistência, prevenindo que os fios se soltem. Para fixar firmemente o fio de cobre no início e no final do enrolamento, utilizamos esparadrapo (1,2cm x 4,5m), assegurando que o fio permaneça bem preso ao núcleo de cano de papelão e evitando qualquer deslizamento ou soltura acidental durante a manipulação. Essa escolha é essencial, considerando o manuseio frequente das bobinas pelos estudantes durante suas investigações.

## PASSO A PASSO PARA CONSTRUIR A BOBINA PRIMÁRIA COM NÚCLEO OCO DE PAPELÃO DE 45mm

**Figura 35** - Núcleo de papelão para bobina de sacolas plásticas.



**Fonte:** Imagem da internet, 2024.

## **ESPESSURA**

O cano de papelão utilizado deve ter uma espessura mínima de 8,5mm ou ligeiramente superior. O uso de canos com espessura inferior não é recomendado, pois eles tendem a deformar-se sob a pressão do enrolamento dos fios, comprometendo a integridade e a eficácia da bobina. Por isso, recomendamos a utilização de bobinas de papelão provenientes de embalagens de sacolas, que geralmente possuem a espessura adequada para esse tipo de aplicação.

É importante garantir que o diâmetro interno do cano de papelão seja suficiente para inserir não apenas as bobinas secundárias (Figura 35), mas também o bastão com o ímã utilizado em alguns experimentos (Figura 37). Este detalhe é crucial para a realização de diversos testes que envolvem a inserção de diferentes núcleos e componentes magnéticos no interior da bobina primária. Ao seguir essas recomendações, asseguramos que o cano de papelão fornecerá a robustez necessária para um desempenho confiável e consistente nos experimentos de indução magnética.

## **PREPARAÇÃO DO MATERIAL**

### **5. CORTE DO CANO DE PAPELÃO:**

- Use uma serra de serrar ferro para cortar um pedaço de cano de papelão com 9cm de comprimento.
- Retire as rebarbas do cano de papelão com uma lixa para garantir que as bordas fiquem lisas e seguras para manuseio.

### **6. PREPARAÇÃO DO FIO:**

- Pegue o fio de cobre esmaltado (21 AWG), cerca de 100g.
- Deixe cerca de 10cm de fio solto no início para conexões futuras.

### **7. ENROLAMENTO DO FIO:**

- Comece a enrolar o fio de cobre em torno do cano de papelão, mantendo as voltas bem apertadas e próximas umas das outras.
- Enrole 300 voltas de fio em torno do cano de papelão.
- Após enrolar as 300 voltas, deixe novamente cerca de 10cm de fio solto no final.

#### 8. REMOÇÃO DO ESMALTE:

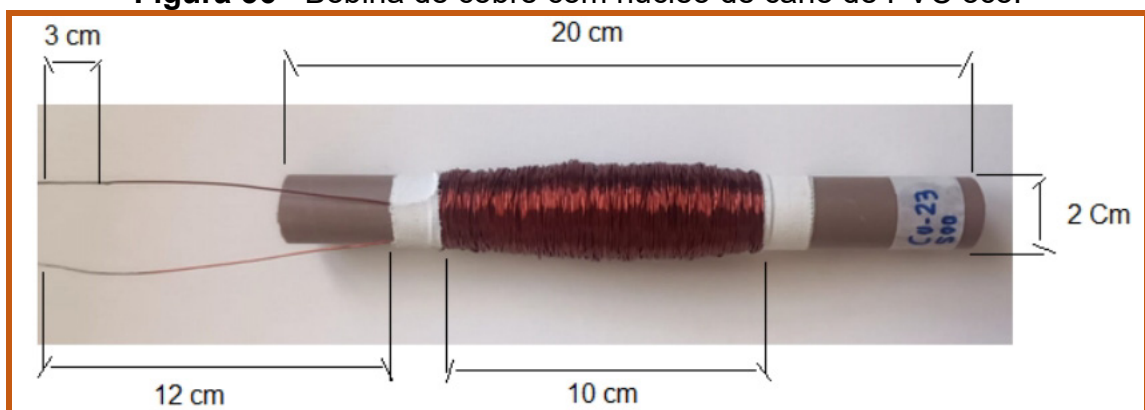
- No início e no final de cada ponta, retire cerca de 3cm do esmalte do fio utilizando um estilete. Ou se preferir, pode aquecer as pontas com um isqueiro para retirar o esmalte do fio.
- Lixe as pontas do fio com uma lixinha de ferro para garantir que o esmalte seja completamente removido e as conexões possam ser feitas sem isolamentos.

#### 9. FIXAÇÃO DAS EXTREMIDADES:

- Use fita adesiva ou fita isolante para fixar as extremidades do fio no cano de papelão, garantindo que não se soltem.
- Certifique-se de que as extremidades do fio estão bem fixadas e não se movem durante o manuseio.

Para construir as bobinas mostradas na Figura 36, siga os passos detalhados abaixo. Certifique-se de ter todos os materiais necessários e siga as instruções cuidadosamente para garantir a precisão e a eficácia das bobinas.

**Figura 36** - Bobina de cobre com núcleo de cano de PVC oco.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## **MATERIAIS NECESSÁRIOS**

- Fio de cobre esmaltado (23 AWG), cerca de 100g
- Cano de PVC de 20mm de diâmetro e 20cm de comprimento
- Alicates para cortar os fios
- Régua em centímetros para fazer as medições
- Fio ponta de prova para multímetro com garras de jacaré nas pontas
- Serra de serrar ferro
- Pedaco de lixa de madeira ou de ferro
- Estilete ou uma tesoura
- Fita crepe ou fita isolante

**OBS:** Em nosso experimento, optamos por usar esparadrapo devido ao seu melhor acabamento e maior resistência, características que evitam que ele se solte facilmente. Essa escolha é crucial, considerando o frequente manuseio das bobinas pelos estudantes. Para assegurar a fixação firme do fio de cobre no início e no final do enrolamento, utilizamos fita crepe ou esparadrapo (1,2cm x 4,5m). Isso garante que o fio permaneça bem preso ao núcleo de cano de PVC, prevenindo qualquer deslizamento ou soltura acidental durante a manipulação.

## **PASSO A PASSO PARA CONSTRUIR A BOBINA SECUNDÁRIA (NÚCLEO DE MADEIRA)**

### **PREPARAÇÃO DO MATERIAL:**

- Corte um pedaco de cano de PVC com 20cm de comprimento.
- Retire as rebarbas do cabo de vassoura com uma lixa de madeira para garantir que as bordas fiquem lisas e seguras para manuseio.

**ENROLAMENTO DO FIO:**

- Pegue o fio de cobre esmaltado (23 AWG).
- Deixe cerca de 10cm de fio solto no início para conexões futuras.
- Comece a enrolar o fio de cobre em torno do cano de PVC, mantendo as voltas bem apertadas e próximas umas das outras.
- Enrole 500 voltas de fio em torno do cano de PVC.

**FIXAÇÃO DO FIO:**

- Após completar as 500 voltas, deixe novamente cerca de 10cm de fio solto no final.
- Use fita crepe ou fita isolante para fixar as extremidades do fio no cano de PVC, garantindo que não se soltem.

**OBSERVAÇÕES IMPORTANTES**

- Assegure-se de realizar o enrolamento do fio de cobre ao longo do cabo de maneira uniforme, conforme exemplificado na Figura 36. Isso garantirá a distribuição homogênea do efeito magnético ao longo da bobina. Enrole os fios próximos uns dos outros, camada por camada, até atingir as 500 voltas desejadas.
- É importante seguir as dimensões aproximadas indicadas na Figura 36 ao confeccionar a bobina secundária 20cm de comprimento. Essas medidas foram cuidadosamente projetadas para facilitar o manuseio dos estudantes durante a experimentação investigativa. Ao aderir às especificações da figura, garantiremos uma experiência prática mais eficiente e instrutiva.
- Além das instruções fornecidas anteriormente, é fundamental ressaltar a etapa adicional de preparação do fio de cobre. Recomenda-se que as extremidades do fio sejam cuidadosamente raspadas, lixadas e, em seguida, estanhadas em uma extensão de aproximadamente 3cm. Essa prática visa aprimorar a condutividade elétrica nas conexões, assegurando uma transmissão eficiente de corrente elétrica

entre as partes envolvidas. Essa medida contribuirá para otimizar o desempenho da bobina e garantir uma experiência mais consistente durante a experimentação.

## DESCRIÇÃO DOS MATÉRIAS UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS

Para a realização dos experimentos, utilizaremos diversos materiais essenciais. Estes incluem ímãs, fios de prova para multímetro com garras de jacaré nas pontas, bússolas, baterias de 9volts, LEDs de 3volts azul ou branco, galvanômetros e multímetros. Cada componente desempenha um papel importante na investigação e na detecção dos fenômenos eletromagnéticos, garantindo precisão e confiabilidade nos resultados obtidos.

### 9. BASTÃO METÁLICO COM IMÃS CIRCULARES

- Descrição: Um bastão metálico com quatro ímãs circulares de ferrite do tipo anel, com dimensões de (40×80mm).
- Uso no Experimento: Este componente é utilizado para gerar um efeito magnético uniforme ao longo da extensão da bobina. Os ímãs são fixados ao bastão para criar uma força magnética consistente, essencial para estudar a indução eletromagnética nas bobinas (Figura 37).

**Figura 37** - Bastão com ímãs circulares.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.



**Obs1:** Utilizamos este plástico para evitar que os estudantes removam os ímãs, evitando assim possíveis quebras ou danos. Além disso, o plástico garante que todos os grupos utilizem a mesma quantidade de ímãs, assegurando a consistência no efeito magnético e evitando variações nos resultados.

**Obs2:** Uma sugestão é utilizar ímãs circulares, conforme mostrado na Figura 38, fixando-os em um pedaço de cabo de vassoura para conectar os ímãs, ao invés do bastão de alumínio.

**Figura 38** - Ímãs circulares.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## 10. BÚSSOLA MAGNÉTICA

- Descrição: Uma bússola magnética convencional (Figura 39), composta por uma agulha magnetizada que se alinha com o efeito magnético gerado por uma corrente elétrica que percorre um fio condutor.
- Uso no Experimento: Utilizada para monitorar e interpretar a direção e a intensidade do efeito magnético produzido na bobina, ao ser percorrida por uma corrente elétrica.

**Figura 39** - Bússola magnética.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

## 11. BATERIA DE 9 Volts

- Descrição: Fonte de alimentação portátil de 9 volts (Figura 40).
- Aplicação: Fornece energia elétrica para os circuitos e bobinas durante os testes de indução e geração de corrente elétrica.

**Figura 30** - Bateria de 9 volts.



Fonte: Imagem da internet,2024.

## 12. GARRINHAS DE JACARÉ

- Descrição: Conectores elétricos com pinças em formato de boca de jacaré, usados para criar conexões temporárias (Figura 41).
- Aplicação: Utilizadas para conectar a bateria e outros componentes elétricos às bobinas de maneira rápida e segura.

**Figura 41** - Garras de jacaré.



Fonte: Imagem da internet,2024.

### 13. FIOS PONTAS DE PROVAS PARA MULTÍMETRO

Descrição: Fios elétricos terminados em pontas de prova, específicos para uso com multímetros para medir tensão, corrente e resistência.

Aplicação: Facilita a medição de parâmetros elétricos nos circuitos durante os experimentos, garantindo precisão nas leituras (Figura 42).

**Figura 42** - Cabos ponta de prova com garras de jacaré



Fonte: Imagem da internet, 2024.

### 14. LED DE 3 volts

- Descrição: Um LED (diodo emissor de luz) de 3mm de diâmetro, comumente utilizado em diversos tipos de experimentos e projetos eletrônicos.
- Uso no Experimento: Utilizado como indicador visual de corrente elétrica. Quando conectado ao circuito, o LED acende, indicando a presença de corrente e permitindo a observação direta da funcionalidade do circuito.
- Aplicação: Serve para demonstrar o fluxo de corrente elétrica em experimentos envolvendo bobinas, sendo um componente essencial para visualização de resultados em projetos de eletrônica educativa e experimental.