

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL FÍSICA SOBRE FREIO MAGNÉTICO E  
CORRENTE DE FOUCAULT**

Acadêmica: Vanici Pereira Martins Barreto

Orientador: Profº Dr. Eliel Eleutério Farias

Coorientador: Profº Dr. Oscar Tintorer

Boa Vista – RR

2016

**VANICI PEREIRA MARTINS BARRETO**

**UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL FÍSICA SOBRE FREIO MAGNÉTICO E  
CORRENTE DE FOUCAULT**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, na Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Mestre no Ensino da Física.

Orientador: Prof<sup>o</sup>: Dr. Eliel Eleutério Farias

Boa Vista – RR

2016

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
Biblioteca Central Universidade Federal de Roraima

B273a Barreto, Vanici Pereira Martins.  
Uma abordagem experimental física sobre freio magnético e corrente  
de Foucault / Vanici Pereira Martins Barreto. – Boa Vista, 2016.  
86f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Eliel Eleutério Farias.

COorientador: Prof. Dr. Oscar Tintorer.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima,  
Mestrado profissional em Ensino de Física.

1 – Física. 2 – Correntes de Foucault. 3 – Lei de Faraday. 4 – Lei de  
Lenz. I – Título. II – Farias, Eliel Eleutério (orientador).

CDU – 53.006

**UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL FÍSICA SOBRE FREIO MAGNÉTICO E  
CORRENTE DE FOUCAULT**

**VANICI PEREIRA MARTINS BARRETO**

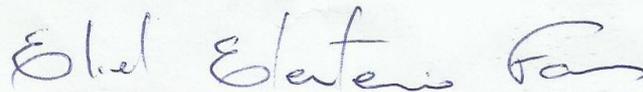
Orientador:

Profº Dr. Eliel Eleutério Farias

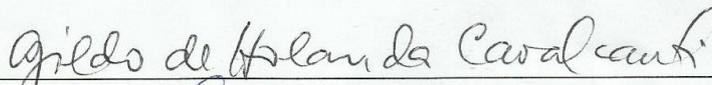
Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, na  
Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos necessários à  
obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 09 de agosto de 2016.

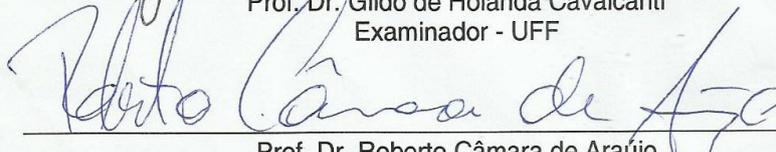
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Eliel Eleuterio Farias  
Orientador - UFRR



Prof. Dr. Gildo de Holanda Cavalcanti  
Examinador - UFF



Prof. Dr. Roberto Câmara de Araújo  
Examinador - UFRR

Boa Vista – RR  
Agosto de 2016

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu chegar até aqui e me deu forças durante todo esse tempo de estudo para atingir o título de Mestre em minha área.

Agradeço também aos meus pais, que incondicionalmente me apoiaram em todos os momentos da minha vida, não sendo diferente nesta etapa dela.

Ao meu esposo, que muito me apoiou em toda essa jornada, assim como em todas as outras fases da minha vida em que busquei uma melhor qualificação, sempre sendo um esposo e pai presente.

Aos meus filhos, pela compreensão nos momentos em que precisei estar ausente.

Aos meus amigos Eliane França de Sousa, Damião Carvalho e José Marcos de Sá, que também estiveram ao meu lado nesta caminhada, sempre presentes me apoiando e contribuindo para minha formação de alguma forma.

E por fim, agradeço ao meu professor orientador, Prof. Dr. Eliel Eleutério Farias, por toda a orientação que me dispôs nestes últimos meses, sempre muito disponível e pronto a me ajudar em todas as etapas do presente trabalho. E também, à CAPES, pelo apoio financeiro durante esta etapa de aprendizado.

A todos o meu muito obrigado!

## RESUMO

Neste trabalho são apresentados conceitos e procedimentos experimentais com o objetivo de explicar importantes questões acerca do ensino da Física aos estudantes de ensino médio, bem como as dificuldades encontradas nesse contexto. Também será destacada a importância da experimentação no ensino da Física, levando em consideração uma abordagem experimental relacionada às Correntes de Foucault, que é o ponto principal deste Trabalho. Serão abordadas igualmente as Leis de Faraday e Lenz, como base para a compreensão do tema principal. É importante frisar que tais assuntos não são muito comuns aos estudantes de ensino médio, e também para muitos estudantes de graduação, por serem assuntos de difícil compreensão. Serão, portanto, colocadas questões do ponto de vista conceitual e prático, utilizando-se de teorias ligadas à tais questões, que comprovam a importância do estudo neste sentido. No que se refere ao procedimento experimental, será apresentado um roteiro que foi utilizado em classe, especificamente em duas situações: uma quando os alunos não tiverem nenhum contato com a atividade experimental e outra quando os estudantes já tiverem algum tipo de contato com o experimento. A proposta então se pauta nas explicações teóricas acompanhadas da parte prática, onde a experimentação demonstra efetivamente de que forma as Correntes de Foucault são constatadas, através do experimento do “Pêndulo Magnético”, que representa o produto do presente trabalho.

Palavras-Chave: FÍSICA – CORRENTES DE FOUCAULT – LEI DE FARADAY – LEI DE LENZ

## **ABSTRACT**

This paper presents concepts and experimental procedures, having the objective of clarifying important issues related to teaching physics to high school level, as well as overcome difficulty in the background concepts. The importance of experimentation for physics teaching will also be highlighted, taking into account an experimental approach related to the Foucault Currents, the core theme of this work. As a theoretical foundation for understanding the core theme, both the Faraday's and Lenz laws will be employed. It is important to stress that such issues are not familiar to high school students and, in many cases neither to undergraduate students, given that they are difficult to understand. Therefore, issues will be discussed from both conceptual and practical viewpoints, using theories linked to these issues, to demonstrate the importance of studying in this area. Concerning the experimental procedure, a script that was utilized in two specific classroom situations will be presented: one with students that had no previous contact with the experimental activity, and other, with students that had previously had contact with the experiment. The proposal, then, adheres to and is guided by the practical part, where the experimental effectively demonstrates in which way the Foucault Currents are verified, through the experiment "Magnetic Pendulum", which is the product of the present work.

Keywords: PHYSICS - FOUCAULT CURRENTS - FARADAY LAW - LENZ LAW

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Anel de ferro doce que Faraday utilizou para construir o experimento que viria comprovar a indução eletromagnética.	31
<b>Figura 2</b>	Corrente elétrica produzida por um campo magnético.	32
<b>Figura 3</b>	Sentido da Corrente Elétrica.	34
<b>Figura 4</b>	Correntes de Foucault.	36
<b>Figura 5</b>	Medidor de energia.	37
<b>Figura 6</b>	Regra da mão esquerda.	38
<b>Figura 7</b>	Suporte para fixação da base vertical.	42
<b>Figura 8</b>	Ímãs.	43
<b>Figura 9</b>	Base horizontal para sustentação do Pêndulo.	43
<b>Figura 10</b>	Cantoneiras para suporte de Ímãs.	44
<b>Figura 11</b>	Hastes Verticais.	44
<b>Figura 12</b>	Suporte Intermediário.	45
<b>Figura 13</b>	Joelho de 20mm.	45
<b>Figura 14</b>	Parafusos, arruelas e porcas.	46
<b>Figura 15</b>	Placa de Alumínio.	46
<b>Figura 16</b>	Pêndulo.	47
<b>Figura 17</b>	Canudo de refrigerante	47
<b>Figura 18</b>	O Produto Educacional (Pêndulo Magnético).	48
<b>Figura 19</b>	Roteiro de montagem do Pêndulo Magnético.	49
<b>Figura 20</b>	Processo de separação das peças.	53
<b>Figura 21</b>	Processo de montagem do “Pêndulo Magnético”	54
<b>Figura 22</b>	Experimento montado.	54
<b>Figura 23</b>	O experimento sendo apresentado aos alunos da turma A	55
<b>Figura 24</b>	Alunos tendo contato com o experimento.	55
<b>Figura 25</b>	Gráfico comparativo das turmas A e B antes da intervenção.	56
<b>Figura 26</b>	Gráfico comparativo das turmas A e B após intervenção.	57
<b>Figura 27</b>	Gráfico com a média dos acertos entre as turmas A e B antes de qualquer intervenção.	57
<b>Figura 28</b>	Gráfico com a média dos acertos entre as turmas A e B após intervenção.	58

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.</b>	<b>09</b>
<b>1. A HISTÓRIA DO ELETROMAGNETISMO.</b>	<b>11</b>
1.1 BREVES CONSIDERAÇÕES ACERCA DA HISTÓRIA DA ELETRICIDADE.	11
1.2 BREVES CONSIDERAÇÕES ACERCA DA HISTÓRIA DO MAGNETISMO.	13
1.3 RELAÇÃO DA ELETRICIDADE E DO MAGNETISMO: O ELETROMAGNETISMO.	15
<b>2. DIFICULDADES NO ENSINO DA FÍSICA.</b>	<b>19</b>
2.1 ENSINO DA FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS.	23
2.2 A FÍSICA NOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS.	28
<b>3. AS LEIS DE FARADAY E LENZ E SUA IMPORTÂNCIA PARA O EXPERIMENTO NA FÍSICA.</b>	<b>30</b>
3.1 LEI DE FARADAY.	30
3.2 LEI DE LENZ.	33
3.3 CORRENTES DE FOUCAULT	35
3.4 FORÇA DE LORENTZ	37
3.5 FERROMAGNETISMO, DIAMAGNETISMO, PARAMAGNETISMO	39
<b>3.5.1 Ferromagnetismo.</b>	<b>39</b>
<b>3.5.2 Diamagnetismo.</b>	<b>39</b>
<b>3.5.3 Paramagnetismo</b>	<b>40</b>
<b>4. O PÊNDULO MAGNÉTICO – PRODUTO EDUCACIONAL.</b>	<b>41</b>
4.1 ROTEIRO DA CONSTRUÇÃO DO “PÊNDULO MAGNÉTICO”.	41
<b>4.1.1 Experimentos realizados com o mesmo fim.</b>	<b>51</b>
4.2 PROCEDIMENTOS REALIZADOS COM AS TURMAS.	52
<b>4.2.1 Turma A (Com Experimento).</b>	<b>53</b>
<b>4.2.2 Turma B (Sem Experimento).</b>	<b>56</b>
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS.	56
4.4 COMENTÁRIOS DAS QUESTÕES DOS QUESTIONÁRIOS QUE FORAM APLICADOS NAS TURMAS ANALISADAS	58
4.5 EXECUÇÃO DAS AÇÕES	61
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO D</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO E</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO F</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO G</b>	<b>83</b>

## INTRODUÇÃO

A presente dissertação tem como objetivo principal apresentar o Experimento da Corrente de Foucault, e suas especificidades. Para tanto, será necessário a realização da abordagem de diversos temas como o surgimento do eletromagnetismo, leis de Faraday e Foucault, dentre outros, com o fim de dar maior efetividade ao Eletromagnetismo e, conseqüentemente, à Física e seu ensino.

Será abordado no primeiro capítulo a História do Eletromagnetismo, para que se possa ter uma compreensão mais ampla de como surgiu essa ciência e de que forma ela se desenvolveu ao longo do tempo, e como se deu seu arcabouço teórico e prático.

A análise do tema se pauta no Eletromagnetismo, seu histórico e demais considerações pertinentes, de forma a definir conceitualmente sua aplicabilidade dentro do contexto da Física. A História da Eletricidade também será destacada, por ser uma parte da história que contribuiu para a transformação dos estudos e para a própria vida das pessoas, dada a importância dessa descoberta para todos, e que tornou possível a compreensão acerca de inúmeros fenômenos da Física. Como exemplo pode-se mencionar o próprio Magnetismo, como a descoberta das magnetitas por Tales de Mileto, no século VI a.C.

Passada essa fase histórica, o segundo capítulo tratará da análise das dificuldades do ensino da matéria de Física, que demonstra ser um tema de importante menção, pois a realidade prática nas escolas de nosso país evidencia que muitos são os entraves encontrados pelo profissional que atua como professor de Física.

Ressalta-se, também, o ensino da Física através de experimentos, onde essa metodologia auxilia o processo de ensino-aprendizagem, efetivando a aprendizagem de forma harmoniosa e agradável. Esse método de utilização de experimentação aproxima os conteúdos dos alunos, tornando mais fácil sua compreensão.

Outro ponto igualmente importante é a questão da disciplina de Física nos parâmetros curriculares nacionais, que segue a legislação específica voltada à docência no Brasil, e que é dotado de características necessárias para uma boa atuação em sala de aula, sendo assim, norteado pelos critérios já elencados por lei e pelos documentos que assim dispõem.

As Leis de Faraday e Lenz são colocadas em destaque no terceiro capítulo, na medida em que baseiam o estudo e corroboram a importância que tiveram e têm

até os dias de hoje no ensino da Física. E por fim, as correntes de Foucault que são consideradas de extrema relevância para o desenvolvimento da abordagem do tema principal.

O capítulo quatro aborda o produto educacional fazendo a descrição dos componentes necessários para a construção do Pêndulo, bem como sua montagem final. Relata ainda a sua funcionalidade e a relação com as Leis de Faraday e Lenz.

Enfim, as considerações finais contém a explanação sobre a eficácia da pesquisa qualitativa, revelando ainda as perspectivas do trabalho.

## 1 A HISTÓRIA DO ELETROMAGNETISMO

### 1.1 BREVES CONSIDERAÇÕES ACERCA DA HISTÓRIA DA ELETRICIDADE

A Física surgiu através do homem e sua efetiva necessidade em ter maior conhecimento acerca do mundo em que vivia, mundo este que se formava de maneira natural. O homem passou, então, a constatar que havia uma grande necessidade de se dominar as forças da natureza, e, conseqüentemente, surgiu a necessidade de se examinar de que forma ele poderia ter benefícios em face disso.

A Eletricidade como hoje é denominada, não era completamente desconhecida. William Gilbert (1544 – 1603) físico e médico, famoso por seus estudos de magnetismo, no final do século XVI descobriu que certos materiais, principalmente de cristais, se atraíam quando eram esfregados, ou seja, quando eram atritados, o que o levou a conceituar esses materiais como elétricos.

Alguns fenômenos como a atração dos materiais e o magnetismo de alguns objetos, até então, eram desconhecidos, o que despertou a curiosidade dos estudiosos daquele período, que consideravam aqueles acontecimentos como misteriosos. Muitos eram os questionamentos acerca de tantos elementos ainda ignorados, principalmente no que se referia à atração.

Outro pesquisador de grande expressão da história foi Jean Nollet (1753), clérigo francês, que inventou diversos equipamentos para expor e comprovar os efeitos elétricos, sugerindo novas explicações sobre os acontecimentos notados em meados de 1745, sendo considerado um escritor e mestre de grandes contribuições, principalmente no que se referia aos chamados fenômenos elétricos, que foram muito bem aceitos em vários lugares do mundo.

Nollet esboçou estudos sobre os elementos elétricos originários do movimento, que se davam em direções opostas, por meio de duas correntes de fluido elétrico, e que estariam presentes em todos os corpos, em todas as circunstâncias. Neste sentido, verificou-se que quando um corpo elétrico é estimulado por um atrito, parte deste fluido sai por meio de seus poros, ocasionando um fluxo efluente, sendo a perda equilibrada por uma corrente afluyente de idêntico fluido que vem externamente. (HEILBRON, 1981, p. 145-148)

Nollet assim descreve as correntes efluente e afluyente:

“As correntes efluente e afluenta diferiam não apenas em direção, mas também em velocidade e distribuição espacial. Ele explicou a atração e repulsão dos corpos leves nas vizinhanças do corpo eletrizado supondo que eles eram capturados por uma das duas correntes opostas de fluido elétrico”. (NOLLET 1753, p. 65-79)

Os conhecimentos acerca da abordagem do referido tema foram imediatamente recepcionados, por meio de documentos e experimentos que posteriormente se tornariam grandes contribuições para a história e o desenvolvimento da eletricidade. Não obstante seu significativo apoio para a ampliação dos estudos acerca da eletricidade, Nollet é até os dias atuais considerado como um importante profissional na divulgação da ciência. (HOME, 1972, p. 131).

Com o passar dos anos, a eletricidade passou a ser considerada como um instrumento de extrema relevância, especialmente pelos inúmeros eventos que resultaram num maior interesse no estudo dos pesquisadores, o que deu espaço para significativas contribuições que fundamentaram a física no século XVIII. O estudo dos elementos elétricos, à época, principalmente no âmbito da física experimental, correspondeu a um desses acontecimentos, que muito somou nesse contexto histórico. Sobre isso disserta Chaves (2001):

“Em meados do século XVIII, foram dominadas algumas técnicas básicas para se carregar eletricamente os objetos e mantê-los carregados com carga estável durante o tempo necessário para a realização de experimentos diversos. Toda essa tecnologia se baseia em um fato notabilíssimo apresentado pela matéria: a eletricidade flui nos objetos de forma extremamente sensível à composição destes. Em alguns materiais, como âmbar, vidro, borracha e madeira seca, a eletricidade pode ficar armazenada por períodos longos, que podem ser vários dias, sem fluir para as outras partes do corpo ou deste para outros corpos. Já outros corpos, como os metais, o carvão e a água salgada, mostram a propriedade oposta, de permitir que a eletricidade se transfira rapidamente para grandes distâncias. Os materiais podem ser portanto classificados em isolantes e condutores de eletricidade, havendo também materiais com propriedades intermediárias entre esses dois extremos. A capacidade de os materiais transportarem eletricidade de um ponto para outro é definida por uma propriedade denominada **condutividade elétrica**”. (CHAVES, 2001, p. 2)

Nesse cenário se destacou Dufay, estudioso francês que teve um importante papel na compreensão desses e outros enigmas. Dufay assim destacou:

“Nós percebemos que existem dois tipos de eletricidade totalmente diferentes de natureza e nome; àquela dos sólidos transparentes como o vidro, o cristal etc., e aquelas betuminosas ou dos corpos resinosos tais como âmbar, o copal, a cera de lacre etc. Cada uma repele corpos que adquiriram a eletricidade de sua mesma natureza e atrai aquelas de natureza contrária. Nós pudemos perceber que mesmo os corpos que não são elétricos podem adquirir alguma destas eletricidades e passam a agir como os corpos que a cederam”. (DUFAY apud WHITTAKER, 1973, p. 44).

Os estudos, então, eram realizados repetidamente como forma de comprovar as descobertas feitas através dos referidos estudos, como manifestações públicas de descargas elétricas, choques e muitos outros resultados que tornaram possíveis a produção e o aprimoramento de grandes máquinas elétricas, bem como a constatação de que a eletricidade podia provocar atrações e repulsões sem que houvesse necessidade de se ter um contato direto com outros elementos.

## 1.2 BREVES CONSIDERAÇÕES ACERCA DA HISTÓRIA DO MAGNETISMO

Inicialmente, anote-se que em 1269, Pierre de Maricout fez uma importante descoberta em relação à história do magnetismo, como bem afirma Searway:

Em 1269, Pierre de Maricourt fez uma importante descoberta ao colocar uma agulha sobre um ímã esférico natural em várias posições e marcou as direções de equilíbrio da agulha. Descobriu, então, que as linhas envolviam o ímã, da mesma forma que os meridianos envolviam a Terra, e passavam por dois pontos situados sobre as extremidades de um diâmetro da esfera. Em virtude da analogia com os meridianos terrestres, estes dois pontos foram denominados os polos do ímã. Muitos observadores verificaram que, qualquer que fosse a forma do ímã, sempre havia dois polos, um polo norte e um polo sul, onde a força do ímã era mais intensa. Os polos de mesmo nome de dois ímãs repeliam-se e os de nome oposto atraíam-se. (SEARWAY, 2003)

Desse modo, utilizando-se desse exemplo, passou a chamar as regiões onde as linhas de força convergiam de polos, chegando à conclusão de que a própria Terra apresentava o desempenho de um ímã, contudo, de forma mais expressiva.

O Magnetismo surgiu igualmente há muitos anos, com um grande passo científico dado em 1600, pelo inglês William Gilbert, como bem afirmam Cordeiro e Elerati, em seu artigo “Eletromagnetismo e Cotidiano – Magnetismo” (2010):

“Os primeiros estudos começaram em lugares e épocas diferentes. O comportamento misterioso de algumas pedras encontradas na região de Magnésia na Grécia (daí o nome magnetismo), já havia chamado a atenção de Tales de Mileto no século V a.C. Mas o primeiro passo científico aconteceu só em 1600, quando o inglês William Gilbert, médico da rainha Elizabeth I, percebeu que ao esfregar com a pele de animal um pedaço de âmbar, resina fóssil de origem vegetal ele ganhava o poder de atrair pequenos pedaços de papel. Gilbert associou esse comportamento ao dos ímãs. Para provar que Ali havia uma força, criou o primeiro instrumento para indicar campo magnético: o *versorium*, uma fina vareta que se movia sobre uma base quando se punha perto dela um objeto eletrificado pelo atrito. O que ele não sabia era como usar esse movimento”. (CORDEIRO; ELERATI, 2010, p. 1)

Assim, o referido estudo realizado por Gilbert é considerado a iniciação dos estudos acerca do magnetismo, no século XVI, e que contribuiu para que a compreensão deste fenômeno fosse efetivamente compreendida.

Em pesquisa também sobre o campo magnético, Silva (2002), em sua obra "Experimento de Oersted", dissertava:

“Utilizando-se inicialmente de um fio condutor retilíneo, por onde passava uma corrente elétrica, Oersted posicionou sobre esse fio uma agulha magnética, orientada livremente na direção norte-sul. Fazendo passar uma corrente no fio, observou que a agulha sofria um desvio em sua orientação, e que esse desvio era perpendicular a esse fio. Ao interromper a passagem de corrente elétrica, a agulha voltou a se orientar na direção norte-sul. Assim, ele concluiu que a corrente elétrica no fio se comportava como um ímã colocado próximo à agulha magnética. Ou seja, a corrente elétrica estabeleceu um campo magnético no espaço em torno dela, e esse campo foi o agente responsável pelo desvio da agulha magnética”. (SILVA, 2002, p. 65)

Em 1825, com a invenção do eletromagneto, foi possível a verificação mais ampla do magnetismo e seus estudos acerca dos campos magnéticos, como citado acima, seguindo-se a isso os estudos também de Michael Faraday que afirmava existirem efeitos magnéticos na produção de corrente em um fio.

Já no final do século XIX, Faraday se destaca por meio da importante Lei da Indução, conferida em seus estudos também sobre o campo magnético. Sobre isso Novak (2007), em um ciclo de palestras a II Escola Brasileira de Magnetismo destaca a importância da Lei da indução:

“O Final do século XIX foi marcado por 2 grandes gênios, um experimental e outro teórico. Faraday, que foi o primeiro a utilizar o termo campo magnético fez várias contribuições sendo a mais importante a lei da indução. *A primeira teoria: O modelo de Descartes para o magnetismo terrestre.* Além da caracterização de vários materiais segundo seu comportamento magnético. O mais marcante é que fez tudo isto sem nunca escrever uma equação sequer. Isto ficou para o outro gênio fazer, Maxwell, que formulou matematicamente as observações de Faraday e deu toda a base da eletrodinâmica com suas famosas equações.” (NOVAK, 2007, p. 1)

O Magnetismo foi então atrelado à eletricidade em inúmeros estudos realizados ao longo dos anos, dando forma ao Eletromagnetismo como será explanado no próximo tópico.

### 1.3 RELAÇÃO DA ELETRICIDADE E DO MAGNETISMO: O ELETROMAGNETISMO

A eletricidade e o eletromagnetismo são conhecidos há muito tempo, e surgiu por meio de experimentos ainda por volta de 800 a.C, como afirma Chaves (2001):

“A eletricidade e o eletromagnetismo são conhecidos desde a antiguidade como fenômenos distintos. Por volta da ano 800 a.C., Tales de Mileto já relatava experimentos de eletricidade com âmbar friccionado. O âmbar (*elektron*, em grego), resina fossilizada de árvores coníferas, como relatou Tales, ao ser friccionado adquire a propriedade de atrair objetos muito leves, como por exemplo penas e plumas. Seus relatos incluem também a descrição de propriedades notáveis da magnetita, um óxido de ferro que ocorria como minério na província vizinha de Magnésia. Pedacões de magnetita se atraem ou se repelem, dependendo de como se orientam, e têm também a propriedade de sempre atrair o ferro. Os termos *eletricidade* e *magnetismo* derivam de *elektron* e *magnetita*, respectivamente. Há também quem afirme que magnetismo tem origem em *Magnes*, um pastor que descobriu a magnetita e notou seu magnetismo. O magnetismo era também conhecido dos chineses, e alguns historiadores afirmam que eles já utilizavam a bússola no século XXVI a.C”. (CHAVES, 2001, p. 2)

Contudo, o primeiro a conseguir diferenciar efetivamente os fenômenos elétricos dos magnéticos, e introduzir a eletricidade como parte desse estudo, de forma conjunta, foi o William Gilbert, importante estudioso nas áreas da eletricidade e do magnetismo, comprovando que os efeitos elétricos não eram característicos apenas do âmbar, mas que muitas diferentes substâncias poderiam ser carregadas eletricamente ao serem colocadas em atrito. Seus trabalhos ganharam força em 1600, quando publicou o livro "*De Magnete*", que descrevia os fenômenos elétricos e magnéticos.

Nesse mesmo sentido explana Weruska Goeking:

“Outra contribuição para a história do eletromagnetismo veio de um estudioso do magnetismo terrestre. William Gilbert de Colchester fala em seu livro publicado em 1600 “sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre”, sobre estudos de eletricidade estática empregando o mesmo material que Tales de Mileto usou, o âmbar, que em grego significa *elektron*. Por isso, Colchester batizou o fenômeno com o nome de eletricidade”. (GOEKING, 2010)

Em meados de 1753, começou-se a observar que existiam fenômenos que permitiam que campos magnéticos se ligassem a peças de ferro que, por sua vez, geravam uma ligação entre a eletricidade e o magnetismo.

A evolução tecnológica passou por inúmeros acontecimentos que muito contribuíram para que se alcançasse esse progresso, como a criação da bateria, em 1800, a invenção do motor elétrico, em 1821, o primeiro telefone, em 1861 e a criação

da geladeira, em 1875, foram eventos possibilitaram esse salto no que se refere à evolução da tecnologia no mundo.

A partir de 1819, por meio de estudos acerca do magnetismo e da eletricidade, foi possível fazer a junção destas duas ciências e evidenciar a existência efetiva do eletromagnetismo, como bem explica Weruska Goeking:

“Após séculos de estudos e pesquisas separados, a ligação entre magnetismo e eletricidade foi finalmente encontrada. O feito se deve ao professor dinamarquês da Universidade de Copenhague, Hans Christina Oersted, que, em 1819, observou que a agulha de uma bússola – ao se aproximar de uma corrente elétrica – mudava sua direção. Se a agulha magnética da bússola é guiada por um campo magnético, somente a existência de um campo como esse na corrente elétrica explicaria o fato. Assim, Oersted constatou que os dois fenômenos não são independentes, mas que um está no outro Assim, nasceu o eletromagnetismo, que une as duas ciências que antes existiam isoladamente. A percepção da existência do eletromagnetismo levou ao desenvolvimento de transformadores, motores e geradores elétricos e até mesmo da comunicação sem fio. A partir disso, os cientistas tiveram maior embasamento para desenvolver seus estudos, levando a novas invenções e a consequente evolução das tecnologias. Um exemplo disso foi André-Marie *Ampère* que, fascinado com a descoberta de Oersted, criou a eletrodinâmica, que é o estudo da energia elétrica em movimento”. (GOEKING, 2010)

Michael Faraday (1791-1867), físico e químico, um gênio que se destacava nos experimentos, constatou que se uma corrente elétrica passava pela primeira espira, a outra era igualmente percorrida pela corrente, no exato momento em que se abria ou se fechava o circuito. Faraday demonstrou, ainda, que as correntes induzidas não são criadas por influência do campo eletromagnético, mas sim pelas variações do campo ou pelos deslocamentos do circuito no campo. Ele tinha descoberto a indução eletromagnética e o gerador elétrico.

Jean Foucault, ao analisar os polos de um magneto, acabou por dar origem às correntes que orientaram diversos estudos em relação ao eletromagnetismo, como bem menciona Silva:

“A partir destas descobertas, o físico e astrônomo francês Jean Bernard León Foucault percebeu o seguinte: ao ser colocado entre os polos de um magneto, um disco de cobre precisava de mais força para girar do que quando não havia o magneto. Isto ocorria devido à origem de correntes parasitas no interior do metal, que eram produzidas pela variação do fluxo. Com esta observação, estas correntes foram chamadas de correntes de Foucault”. (SILVA, 2012)

Foi observado também que as cargas elétricas em movimento criavam um campo magnético nas regiões próximas à elas, o que significava que o magnetismo e

a eletricidade eram efetivamente relacionados, o que resultou no surgimento do eletromagnetismo.

Após essa fase de contribuições, onde Gilbert se tornou um conceituado pesquisador dentro da História do Eletromagnetismo, a repulsão eletrostática e indução foram descobertas, por meio da analogia com o magnetismo. Contudo, não foi de pronto encontrada uma forma que possibilitasse o estudo da eletricidade no laboratório, o que acabou por fazer com que muitos fenômenos ligados à eletricidade permanecessem sem explicação, e conseqüentemente, sem importância perante o mundo científico.

Já em meados do século XIX, o eletromagnetismo se demonstrou mais sistematizado, como acrescenta Chaves (2001):

“Em meados do século XIX já se havia conseguido uma sistematização dos fenômenos elétricos e magnéticos em uma ciência unificada, o eletromagnetismo. Nesta ciência, todos os fenômenos são decorrentes de uma única entidade, a carga elétrica. Cargas em repouso interagem por meio da força elétrica. Quando elas se movem em relação às outras, aparece outra forma de interação, a força magnética. Tal síntese se concretizou graças ao trabalho experimental e às inovações conceituais do físico inglês *Michael Faraday* (1791-1867) e à percepção da síntese global dos fenômenos pelo físico escocês *James Clerk Maxwell* (1831-1879). Por volta de 1865, este último sintetizou todas as leis do eletromagnetismo em quatro equações fundamentais, as equações de Maxwell”. (CHAVES, 2001, p. 3)

A invenção da pilha também configura-se como uma importante parte no contexto da história do eletromagnetismo, e consagrou um expressivo nome para a história da Física, como afirma Chaves (2001):

“Com a invenção da pilha voltaica em 1800, pelo italiano *Alessandro Volta* (1745-1827), atingiu-se o controle mínimo da eletricidade e suas correntes para que importantes experiências fossem realizadas. Uma das experiências historicamente mais importantes ocorreu por acaso, em uma aula de demonstrações do físico dinamarquês *Hans Christian Oersted*, (1777-1851), em 1820. Ao passar uma corrente elétrica em um fio metálico, percebeu-se que a agulha de uma bússola próxima se orientava perpendicularmente ao fio. Na verdade, tal experiência havia sido feita em 1802 pelo advogado italiano *Gian Domenico Romagnosi*, mas seu anúncio não fora notado pela comunidade científica”. (CHAVES, 2001, p. 2)

Outro importante nome que muito contribuiu para o histórico da descoberta do magnetismo foi Lorentz, especialmente no que se refere às cargas elétricas e a relação com o campo magnético. Assim, no ano de 1892, Hendrik Lorentz escreveu acerca do campo magnético e do campo elétrico, gerando assim uma equação que derivava da força que existia entre estes dois campos, passando a ser conhecida como “Força de Lorentz”. Os estudos do mesmo estavam direcionados à explicação

da força decorrente dos campos ora em destaque por ele desvendado, incluindo a eletricidade como uma matéria ponderável, e a força sobre uma partícula em movimento. (RIBEIRO, 2008, p. 35)

Desde então, já foi possível compreender que a eletricidade e magnetismo estavam propostos através da existência de corrente elétrica que, por sua vez, produzia campo magnético. E assim os estudos foram sendo conduzidos por séculos, até chegarmos aos dias de hoje, em que o eletromagnetismo tem papel importante já que por meio dele e das descobertas relacionadas a ele, a humanidade ganhou muitos benefícios para sua sobrevivência, como a luz, que foi gerada através dos estudos do eletromagnetismo.

Além da luz, sem a qual hoje não seria possível ao homem realizar milhares de coisas, podemos citar também o forno de microondas, o aquecedor solar, o aparelho de ressonância magnética, e outro elemento de que o mundo se tornou dependente, o aparelho celular. Todos estes são exemplos de benefícios gerados pelo eletromagnetismo, pois todos geram de alguma forma campos eletromagnéticos. O eletromagnetismo, então, é uma teoria que se estabelece através das teorias da eletricidade e do magnetismo, sendo assim uma junção dessas duas partes da Física e que muito contribuiu para a evolução da vida em sociedade e até hoje promove benefícios para a humanidade.

A relação entre a eletricidade e o magnetismo resultou na evolução científica, onde a inovação tecnológica dominou a ciência no século XIX. Diversos cientistas e estudiosos deram uma parcela de contribuição nas teorias voltadas ao magnetismo, destacando-se nomes como James Clerk Maxwell, bem como Christian Orsted e Michael Faraday. Contudo, o principal nome que realizou estudos que resultaram na unificação do magnetismo com a eletricidade foi Maxwell, dando origem assim ao eletromagnetismo. (ESTEVÃO, 2010)

## 2 DIFICULDADES NO ENSINO DA FÍSICA

O ensino da Física no Brasil constitui parte importante no que se refere ao contexto de ensino de nosso país, sendo elemento de grande valia para que o aluno possa ter um conhecimento mais amplo em sua formação inicial. A disciplina de Física é de fato, bastante relevante, e apresenta relação com diversas outras disciplinas que formam o conjunto de conhecimentos direcionado aos alunos do ensino médio no Brasil.

É, assim, parte integrante das matérias que obrigatoriamente são estudadas no ensino médio, e que se expande ao longo dos tempos e ganhando cada vez mais espaço no que tange aos ditames nacionais curriculares, apresentando relevância não somente em sua base teórica, mas na prática, já que está presente em inúmeros fenômenos e elementos que fazem parte do cotidiano da vida humana. Suas aplicações já se denotavam entre os séculos XIX e XX, como descrito abaixo:

“Entre os séculos XIX e XX, as demonstrações no ensino de Física já eram praticadas e validadas como técnica de ensino, provavelmente por influência das **lectures demonstrations**, porém eram abordadas aos moldes da *Escola Tradicional*. Nessa época os equipamentos experimentais tinham alto custo e costumavam ser apresentados pelo professor em laboratórios didáticos de Física, que pouco lembram os que conhecemos hoje. Na época, a *experimentação* era baseada na utilização dos *Gabinetes de Física*, constituídos de aparelhos para serem manipulados pelo professor em *aulas demonstrativas*, onde apesar de sua utilidade, sem dúvida, foram abandonadas por falta de meios de comunicação, imaginação e tempo”. (MESEGUER & ESTELLES, 1994 *apud* GASPARG & MONTEIRO, 2005).

No que se refere à formação introdutória do profissional que leciona física, é importante destacar que este profissional deve ter não só os conhecimentos da teoria, mas igualmente da prática, com distintas probabilidades em face da utilização de materiais práticos e experimentais. Assim, entende-se que para ter flexibilidade satisfatória para se habituar à disparidade que existe na gama de atividades com as quais irá se deparar em sua profissão e para estabelecer compreensões e reproduções da aquisição de conhecimentos científicos mais apropriados, importa que haja essa interação entre a teoria e a prática. (COSTA; SILVA; 2004, p. 4)

A física é uma das disciplinas em que os alunos apresentam certa dificuldade de compreensão, por diversos motivos, como por exemplo, o fato de sua aplicabilidade cotidiana não ser tão facilmente relacionada com os estudos aplicados

em sala de aula, o que acaba gerando o desinteresse do aluno, já que se torna mais difícil de enxergar sua utilidade prática no dia a dia.

A compreensão da Física tem uma estrita relação com a experiência docente, uma vez que esta faz com que seja possível diminuir o distanciamento que há entre teoria e prática nos ensinamentos em sala de aula.

O ensino da Física exige, ainda, um esforço do professor em basear sua prática constante de mediação, interação e construção do conhecimento, para que estes alunos tenham maior conhecimento e interesse por essa matéria.

Esse esforço certamente contribui para a formação de alunos que elaboram suas próprias hipóteses, deduzem e resolvem situações e problemas com eficiência. De acordo com o Parâmetro Curricular Nacional (PCNs), a física deve ser estudada em um parâmetro de aplicação social e cultural para que os estudantes no processo ensino-aprendizagem tenham um conhecimento que efetivamente possa ser aproveitado na vida em sociedade. Vygotsky ensina que: “ *o indivíduo constrói a aprendizagem a partir do momento que o mesmo se comunica, não só pela fala, mas como tudo o que o cerca*”. (VYGOTSKY, 1991)

O aprendizado da Física promove a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, capaz de transcender nossos limites temporais e espaciais. Ao lado de um caráter mais prático, a Física revela, também, uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo.

No entendimento de Santos, Gomes e Praxedes, a física no ensino médio tem como finalidade:

“A física no Ensino médio deve assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo onde se habita, logo é uma ciência que permite investigar os mistérios do mundo, compreender a natureza da matéria macro e microscopicamente. Espera-se que no ensino médio, o ensino de física contribua para a formação de uma cultura científica, que permita ao indivíduo a interpretação de fenômenos naturais que estão sempre em transformação. Uma vez que o indivíduo consegue interagir com essas tecnologias e conhecimentos físicos, compreenderá melhor o mundo a sua volta e conseqüentemente o universo em que está inserido. De forma desarticulada o Ensino de Física vem sendo realizado mediante apresentação de conceitos, leis e fórmulas matemáticas, exercícios repetitivos que apenas estimulam a memorização e automatização”. (SANTOS; GOMES; PRAXEDES, 2013, p. 3)

As transformações vivenciadas nos dias atuais e a promoção da autonomia que os alunos detêm para aprender correspondem a efetivação de se buscar capacidades que permitam a independência de atos e aprendizagens posteriores.

O ensino de física no nível médio caracteriza-se, na maioria das vezes, por aulas teóricas e descritivas, distantes da realidade dos alunos, ou seja, atualmente o modelo adotado por alguns educadores tende a obedecer ao método tradicional de simples repasse de conteúdo, com aulas à base quadro-branco, pincel e livro didático, com ênfase na linguagem matemática que não traz embasamento experimental, desvinculando os conteúdos de suas possíveis relações com os fatos do cotidiano, deixando de lado os aspectos fenomenológicos, que é o estudo de um fenômeno e como se manifestam seja através do tempo ou do espaço, que consiste em estudar a essência das coisas e como são percebidas no mundo.

Como bem afirma Rosa, "esta disposição em direcionar o ensino de Física a resolução de problemas, que normalmente estão recheados de cálculos, fortemente influenciados pelo uso do livro didático, tem sido tema de sérias críticas às editoras e, por consequência aos autores das obras". (ROSA, 2005, p. 2)

Os textos e, principalmente, os exercícios são apresentados como matemática aplicada, na qual a questão fundamental se resume a treinar o estudante na resolução de problemas algébricos. Segundo Pimenta (1996), o caráter dinâmico da profissão de professor configura-se a partir das constantes transformações que é obrigada a sofrer tendo em vista a importância de se atender às novas demandas da sociedade. As características da docência, portanto, carecem de se efetivar como métodos dedicados, contraindo novas feições, ajustando-se às exigências atuais.

Nesse sentido, uma identidade profissional se constrói a partir da significação social da profissão, da revisão constante dos significados sociais da profissão, da revisão das tradições, mas também da reafirmação de práticas que tradicionalmente permanecem significativas. Segundo Pietrecola (2001, p.31):

"O ensino de Física na educação básica tem passado por transformações, visto que é necessário mostrar na escola as possibilidades oferecidas pela Física e pela ciência em geral como formas de construção de realidades sobre o mundo que nos cerca".

Borges, ao abordar os problemas no ensino da Física, explica que na trajetória desse ensino existem muitos entraves e resistências que são enfrentadas pelo profissional que a leciona, e esses entraves são justamente pelo único e exclusivo

objetivo de se promover um ensino que, ao final da educação básica, promova ao aluno o desenvolvimento de um pensamento científico, e a concreta compreensão e conhecimento acerca dos fenômenos e situações problemas que fazem parte desse contexto. Dessa maneira, o aluno passa a ter maiores capacidades direcionadas a esse determinado conhecimento, conhecendo assim os padrões fundamentais da ciência, reconhecer fenômenos físicos e ampliar sua capacidade e o costume de procurar, aferir e ponderar sobre a condição dos assuntos e das experiências disponíveis para a produção de informação sobre novos prodígios e enigmas. (BORGES, 2006)

A insuficiência na conexão de distintos tipos de conhecimento, que envolvem o estudo da física, também pode ser assinalado como um problema nesse panorama, onde os conteúdos formulados e a aplicação de atividades se tornam muitas vezes simplificada demais, o que de certa forma não transpassa ao aluno a exata noção de que ele necessita para a efetiva aquisição daquele conhecimento.

Verifica-se, contudo, que a maioria dos alunos não se identifica com a matéria de Física, demonstrado através do desinteresse durante as aulas, O método experimental então se torna uma forma de chamar mais a atenção do aluno para os assuntos abordados.

Os alunos também não reconhecem a física como uma matéria importante, muitos deles encontram muita dificuldade para a compreensão dos temas, achando que esta ciência não guarda maiores significações suficientes para sua vida. São, portanto, muitos entraves enfrentados pelos professores da Física em nossa realidade, contudo, verifica-se que, por meio de técnicas de ensino e dedicação, muitas vezes o ensino vai além do simples modo de passar o conceito aos alunos.

A superlotação de salas, que compromete o processo de ensino-aprendizagem, também é uma realidade nas escolas não só em Roraima, mas em todo o Brasil, especialmente nas escolas da rede pública, onde por meio de relatos de professores que também são da área, em outras escolas, pode se constatar a insatisfação nesse mesmo sentido.

Muitos alunos por não se identificarem com a matéria acabam por se desinteressar em relação ao conhecimento que deve adquirir nas aulas, fazendo apenas o básico, não demonstrando nem mesmo a atenção necessária durante as aulas, e, com essa falta de recursos disponíveis, simplesmente estudam o mínimo para atingirem a média, ou seja, o desinteresse pela ciência é, de fato, explícito na

maioria dos casos, ainda que haja um esforço por parte professores, de maneira geral, em passar o conteúdo de forma que os alunos se interessem significativamente pela matéria.

## 2.1 ENSINO DA FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS

Quando se fala no ensino da Física, não há que se falar nesse processo sem que hajam comprovações experimentais investigativas, embasadas em critérios pedagógicos que sigam os principais modelos pedagógicos predispostos na lei que trata de tais diretrizes, de forma que haja um comprometimento por parte do profissional em instrumentar didaticamente o padrão consoante com o que se exige cientificamente, contribuindo assim para uma aprendizagem com propriedades de uma investigação científica.

O uso da experimentação é um instrumento que preferencialmente deve ser utilizado como parte do processo de ensino na atuação do professor em face do aluno, pois é através dela que há um maior desenvolvimento dos conhecimentos físicos que são mais importantes e significativos, promovendo de igual forma a construção de capacidades e habilidades que até então esse aluno não apresentava. A evidência se pauta na grande dificuldade do ensino e também da aprendizagem da física, contudo, o que se busca é poder promover a efetiva compreensão desse aluno de forma que se estabeleça em seu mundo um novo conhecimento, não só embasado em conceitos científicos, mas também práticos.

Nesse contexto, é imprescindível que o professor, enquanto transmissor desses conhecimentos e dessas práticas, tenha absoluto domínio acerca da matéria, pois isso acaba por passar maior segurança aos alunos, e de igual forma incentivá-los a buscar mais saberes por meio da experimentação.

Sob a interpretação de Batista, a experimentação no ensino de Física assim se propõe:

“A experimentação no ensino de Física não resume todo o processo investigativo no qual o aluno 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 aluno 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”. (BATISTA, 2009)

Nessa mesma linha de pensamento, abordando a temática do ensino aprendizagem, Ferraz destaca:

“Com isso, outros aspectos experimentais dentro da temática ensino-aprendizagem escondem concepções que deveriam ser problematizadas, como por exemplo, a visão da Física como uma ciência exclusivamente experimental, a visão empirista da ciência e da aprendizagem, na medida em que os trabalhos apostam muitas vezes na *demonstração* do fenômeno físico como meio suficiente para a construção do conhecimento, caracterizando-o como um processo passivo”. (REZENDE; OSTERMANN; FERRAZ *et al*, 2009).

Configura-se, portanto, o método experimental, como um procedimento que propicia ao ensino da Física maior concretude e chama maior atenção dos alunos, já que é por meio dele que estes passam a compreender melhor os fenômenos do mundo e a origem de inúmeros fatores científicos.

A interação que passa a existir entre professor-aluno, bem como a aquisição e troca de informações são capazes de estabelecer a eficaz concepção dos fenômenos naturais existentes no mundo, bem como os processos tecnológicos cada dia mais presentes em meio a sociedade em geral. Dessa forma, o papel do professor, como profissional habilitado, é de passar o maior número de conhecimentos possíveis e chamar esse aluno a se interessar por esse novo saber, utilizando-se de meios que façam isso possível, como ocorre com a aplicação do método da experimentação.

As demonstrações, então, se configuram como técnica de estudo, e do próprio processo de ensino-aprendizagem, contudo, muitas vezes o conhecimento repassado se expressa de modo muito metódico e previsível, com explanações que se tornam muito simples, automáticas até, o que demanda uma maior abordagem em relação a adequação dessa transmissão da ciência, o que certamente contribui para a preparação de um padrão de didática mais produtivo aos alunos.

Os modelos considerados intermediários, se caracterizam como um modelo de aprendizagem através de um processo de transformação, sendo construído através de outro modelo que favorece uma compreensão mais apropriada de ciência. Um modelo de ensino estabelece-se por meio de uma forma diferenciada que possibilita ter um modelo consensual e não apenas uma facilitação do mesmo.

Na constituição de uma estratégia metodológica, importa destacar a adequação das condições fundamentais relacionadas aos objetivos pedagógicos.

Como muito bem explana Silva, existem alguns desses critérios para que as atividades experimentais demonstrativas sejam instituídas, senão vejamos:

- (1) os estudantes devem estar preparados para a percepção do experimento;
- (2) a instalação da demonstração deve ser simples, de acordo com as possibilidades, se necessário utilizar instrumentos conhecidos pelos estudantes;
- (3) o experimento deve ser visto claramente por todos os alunos da aula;
- (4) o ritmo da demonstração deve corresponder com o ritmo da exposição oral e da velocidade de percepção dos estudantes;
- (5) o experimento de demonstração deve ser convincente e a instalação para sua realização segura. (SILVA, 2001, p.26)

As possibilidades de se legitimar as atividades de cunho demonstrativo, amplamente utilizadas por trabalhos que se pautam nesse tipo de procedimento, propõem esclarecer os resultados dos acontecimentos analisados, e assim, acabam por colaborar para a aquisição dos conhecimentos voltados às definições da Física, de forma que a modalidade pode ser utilizada por meio de metodologias que iniciam-se com a mera observação desses acontecimentos, até a compreensão de resultados que façam com que os alunos participem mais e que consigam adquirir mais conhecimento por meio de um interesse maior pela matéria.

Sobre isso, muito bem explanam Oliveira, Barros e Araújo, no artigo “Aplicação da Física Experimental”:

“Nesse sentido é que o uso da experimentação em sala de aula, mostrando como ocorre fenômeno físico, torna-se mais fácil o entendimento por parte do aluno. Muitas vezes os alunos, principalmente do ensino médio, tem muitas dificuldades de entendimento da parte teórica porque não consegue entender o fenômeno físico envolvido naquele processo. O professor não possui as condições adequadas para incentivar essa prática, devido à escola não possuir dos meios necessários, tais como: laboratórios didáticos, salas adequadas, bibliografia adequada, carga horária de trabalho muito alta, número de turmas, etc. Outro problema enfrentado é que a maioria dessas escolas, principalmente, do interior não possuem em seus quadros, profissionais com formação adequada (Licenciatura ou bacharelado), tornando-se a tarefa de ensinar Física mais preocupante. São na maioria das vezes profissionais de outras áreas que lecionam essa disciplina, comprometendo assim, a qualidade do ensino e, conseqüentemente, a aprendizagem dos alunos”. (OLIVEIRA; BARROS; ARAÚJO, 2014)

De igual forma, abordando o método experimental, Kalhil assim descreve:

“[...] o método experimental é fundamental, a atividade científica deve ser concebida como parte de todo o processo de ensino-aprendizagem. [...] utilizar com certa autonomia destrezas investigativas (elaborar problemas, formular hipóteses, realizar experimentos, entre outras), reconhecendo o caráter dinâmico da ciência”. (KALHIL, 2003, p.19)

Segundo o autor, o método experimental constitui-se como um elemento basilar, na medida em que se enquadra no contexto do processo de ensino-aprendizagem, o que possibilita que essa transmissão de saberes ocorra de maneira mais dinâmica.

De igual forma, Araújo e Abib trazem à baila a importância de se utilizar do método da experimentação no ensino da Física, elencando quais as condições proporcionadas através dessa técnica, nos termos seguintes:

- (1) possibilitarem *ilustrar* um determinado fenômeno em que possa contribuir para a compreensão de *diversos aspectos* relacionados ao mesmo;
- (2) demandarem um *pequeno tempo de realização* e podem ser facilmente integradas a uma aula com ênfase expositiva;
- (3) poderem ser utilizadas em um *fechamento de aula* ou como seu *ponto de partida*, assumindo a função de *orientador prévio*;
- (4) possibilitarem serem *conduzidas por questionamento* dos alunos, *incentivando-os* na busca de explicações sobre os fenômenos observados, possibilitando elaboração de *concepções alternativas* ao desenvolver sua *capacidade de abstração* e de aprendizagem;
- (5) serem *conduzidas inicialmente pelos professores*, mas sendo os procedimentos repetidos pelos alunos posteriormente, com isso se estabelece que as *atividades demonstrativas sejam previamente complementares e indispensáveis as atividades de experimentação de laboratório*;
- (6) ser fundamental que as demonstrações *propiciem condições de reflexão e análise*, ou seja, que a abordagem experimental seja de *caráter investigativo* sendo incentivada pelos professores, seja pela *formulação de questões* ou através da *permissão da interferência dos estudantes* para que se *alterem os arranjos experimentais* propostos, para que *formulem hipóteses*, para que *analisem as variáveis intervenientes* e *discutam criticamente* os possíveis modelos explicativos dos fenômenos observados. (ARAÚJO; ABIB; 2000, p. 134-135)

A utilização de meios que tragam mais facilidade para o processo de aprendizado beneficia muito mais os estudantes, e proporciona a ampliação da disposição de cada aluno no que se refere à organização e aquisição de novos conhecimentos e definições sobre determinados assuntos que antes não tinham muito interesse.

Alves e Stachaka (2005) destacam a importância que o professor tem enquanto responsável por demonstrar que a Física representa muito mais que uma simples exposição dos acontecimentos pesquisados, mas constitui-se como uma tentativa de desvendar a ordem e a semelhança entre os diversos fenômenos. De tal modo, o estudante deve estar ciente de que o desenvolvimento do conhecimento científico está sujeito à coordenação das informações e da busca das legitimidades em face de cada experiência. É necessário, além disso, ressaltar que as atividades experimentais quantitativas permitem que os conhecimentos sejam melhor

assimilados, através de equipamentos e instrumentos de medida, apreciação e tratamento estatístico de informações e de erros ordenados.

A integração entre o ensino médio e as universidades, no sentido de colocar à disposição meios que tornem possível a execução de formação continuada, potencializando novos recursos humanos e materiais disponíveis nas referidas instituições, onde as universidades compreendam mais disciplinas de laboratório nos cursos com o intuito de preparar melhor os professores na utilização de tais recursos pedagógicos em sala de aula são aspectos importantes nesse contexto. Logo, a experimentação no ensino de Física como instrumento constitui um acessório do processo ensino-aprendizagem ou como sendo o oportuno método da construção do conhecimento científico, contribuindo positivamente no procedimento de desenvolvimento do cidadão. (ALVES e STACHAKA, 2005).

Nas lições de Hernandez, Clement e Terrazzan, as atividades experimentais correspondem a um recurso didático de grande valor para o ensino da Física, e interpretam:

Partimos do pressuposto de que as atividades experimentais constituem-se em um recurso didático para o ensino de Física e que estas podem e devem se constituir numa parcela substantiva e insubstituível das atividades didático-pedagógicas de nossas aulas de física na Escola Média. Para isso, buscamos:

1 - aproximar, do ponto de vista dos procedimentos metodológicos, as atividades experimentais de caráter didático (ou seja, as práticas de laboratório didático), das atividades experimentais de caráter científico (ou seja, das práticas de laboratório de investigação), naqueles aspectos que forem possíveis e justificáveis tais aproximações, resguardando sempre o caráter de espaço de transmissão e de difusão crítica da cultura que deve presidir a Escola Básica enquanto instituição;

2 - rever e ampliar (nossas) concepções do que sejam "situações experimentais" do ponto de vista didático-pedagógico, incluindo a escolha dos fenômenos, dos materiais e dos aparatos para uso em sala de aula. (HERNANDES; CLEMENT; TERRAZZAN, 2002, p. 2)

Assim, depreende-se que o emprego da experimentação como parte dos métodos de ministração das aulas, especialmente quando do ensino da Física, permite que os alunos participem de maneira mais efetiva, pois trata-se de uma forma de trazer a atenção deles para a aula, tornando desse modo essa aula mais dinâmica e participativa, e porque não dizer mais interessante, já que os alunos terão participação mais efetiva e, conseqüentemente, o aprendizado mais incisivo.

É, portanto, uma valiosa ferramenta, pois atíça um maior interesse dos alunos no que tange aos fenômenos demonstrados, e de igual forma pelos desafios ali

propostos, levando-os a obter informações mais práticas e reais. Com isso, a experimentação é, sem dúvida, uma escolha que propicia maior sucesso nesse processo, contribuindo de maneira significativa para o aprendizado de todos, potencializando a aquisição de conceitos e resultados inerentes ao tema.

## 2.2 A FÍSICA NOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS

O processo ensino-aprendizagem é uma novidade relevante inserida no aprendizado pedagógico do professor, que a partir dos PCNs, voltou-se para a instrução de capacidades que, por consequência, devem resultar no desenvolvimento de uma ou mais habilidades pelos alunos.

Essa capacidade nada mais é que o poder de movimentar e agregar um conjunto de instrumentos ou desenhos mentais de modo cognitivo, sócio afetivo e psicomotor (saberes teóricos e da experiência e a afetividade) com o escopo de resolver com efeito uma série de circunstâncias novas.

Conforme lições de MORETTO (2005, p. 19) "*o conceito de habilidade está ligado a “saber fazer” algo específico, ou seja, esse conceito está sempre associado a uma ação, física ou mental, indicadora de uma capacidade adquirida*".

O desempenho não se deve confundir com a competência, pois são estruturas mentais que advém de comportamentos de diferentes naturezas. Não existe desempenho sem competências, pois são as competências que geram as ações. O conceito de habilidade está ligado a “saber fazer” algo específico, ou seja, esse conceito está sempre associado a uma ação, físico ou mental, indicador de uma capacidade adquirida.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais indicam que as técnicas pedagógicas do professor devem estar direcionadas para a ampliação de capacidades por meio do ensino que incentiva a busca por novas habilidades. Para que esses aprendizados tenham oportunidades concretas de sucesso, o processo ensino-aprendizagem deve unir-se à interdisciplinaridade e à transversalidade.

A interdisciplinaridade pode ser uma sugestão de aprendizagem muito rica, pois permite que os alunos estejam raciocinando, posteriormente, externando o aprendizado nas suas resoluções, onde os problemas são respondidos de maneira mais contextualizada e completa, frutos de um intercâmbio que adéqua a concepção

de elementos que originem a aprendizagem de forma mais expressiva. Krasilchik (2000) afirma:

“Mesmo após as reformas educacionais, os currículos tradicionalistas, ainda prevalecem no Brasil, assumindo-se assim que o objetivo dos cursos se resume à transmissão de informações, cabendo ao professor apresentar a matéria de forma atualizada e organizada, facilitando a aquisição dos conhecimentos”.

O conhecimento de Física na escola média conquistou um novo significado a partir das diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais. Assim, começou-se a construir um panorama da Física que se direciona para a formação de indivíduos que acompanham a contemporaneidade, e que possam ser agentes transformadores, capazes de compreender, intervir e participar na realidade.

Muitos jovens, quando terminam a etapa do ensino médio, não tem mais nenhum ensino relacionado à matéria da Física, o que de certa forma contribui para a falta de interesse nesse ramo e conseqüentemente, a falta do conhecimento necessário em relação a esta ciência para seu cotidiano. De acordo com os PCNs, o ensino de Física deve contribuir para a formação do cidadão e de uma cultura científica que favoreça a interpretação dos fenômenos naturais, com o ser humano sendo parte integrante da natureza, e apresentam propostas para contornar as situações-problema existentes, procurando dar ao professor condições de melhorar sua prática pedagógica.

A compreensão da linguagem Física se faz cada vez mais necessária, principalmente quando se verificam sucessivas mudanças pelas quais a sociedade tem passado, e para que o aluno possa ter como alcançar um conhecimento mais efetivo, de modo que consiga compreender que transformações são essas e como elas influenciam o seu cotidiano. Além disso, o acompanhamento não só dessas transformações, mas de notícias científicas em geral, pelos mais diversos meios de comunicação, é uma forma desenvolver o interesse dos alunos.

## 3 AS LEIS DE FARADAY E LENZ E SUA IMPORTÂNCIA PARA O EXPERIMENTO NA FÍSICA

### 3.1 LEI DE FARADAY

Michael Faraday configura um importante nome para a história da física, e surge através do estudo do eletromagnetismo, com trabalhos experimentais e qualitativos. Transpassou um longo caminho até chegar à lei de indução que lhe caracterizou como a Lei de Faraday.

Sobre isso, muito bem explicam Dias e Martins:

“É no estudo de eletromagnetismo que o nome de Michael Faraday surge como um personagem importante. Frequentemente repete-se nestes momentos que Faraday era um garoto pobre, que muito pequeno já trabalhava como ajudante de um livreiro e que foi lendo os livros da livraria e percebeu que tinha algo especial, algo como uma genialidade escondida, cujo despertar permitiu torná-lo, posteriormente, um grande cientista. Em uma mesma fase, Faraday passa de ajudante em uma livraria ao “descobrimto” da lei da indução. Mas, o que existe entre esses dois momentos? Além disso, o que foi que Faraday descobriu? Seu trabalho foi essencialmente experimental (o que não significa que ele não tivesse pressupostos teóricos emergentes da produção científica na área) e qualitativo (sem medidas), e ele não chegou a nenhuma lei quantitativa da indução. Costuma-se apresentar, didaticamente, a indução eletromagnética falando sobre corrente elétrica que é induzida em uma bobina quando se move um ímã em sua proximidade, Mas não foi esse tipo de fenômeno que Faraday estudou inicialmente. A trajetória percorrida por Faraday até chegar à elaboração de lei da indução mostra que seus progressos dependeram muito mais de trabalho de pesquisa, de leitura e estudo, de seu interesse e esforços, do que de uma superioridade intelectual incomum”. (DIAS; MARTINS; 2004, p. 518)

Muitos estudos e experimentos foram realizados por Faraday acerca das denominadas rotações eletromagnéticas, ou seja, experiências que demonstrava o efeito magnético circular ao redor de um fio condutor, além disso, realizou experimentos que por fim constatavam igualmente os experimentos realizados por Oersted, que correntes elétricas produzem um campo magnético.

Em 1831, ao verificar a indução eletromagnética utilizando-se de um anel de ferro doce, Faraday observou que a corrente elétrica que passava em um dos rolamentos poderia induzir uma corrente elétrica no outro rolamento do anel.

Figura 1: Anel de ferro doce que Faraday utilizou para construir o experimento que viria comprovar a indução eletromagnética.



Fonte: <http://www.ebah.com.br>

Não satisfeito com as comprovações que ele mesmo realizou, Faraday queria averiguar as comprovações feitas por Oersted, quanto a produção de campo magnético através de correntes elétricas, e continuou a fazer experimentos para tal comprovação. E ainda em 1831, ao movimentar uma barra magnética dentro de uma bobina, Faraday convenceu-se da produção da corrente elétrica através da variação do campo magnético, com isso concluiu que ao movimentar um ímã gera uma corrente elétrica, o que veio complementar as descobertas de Oersted.

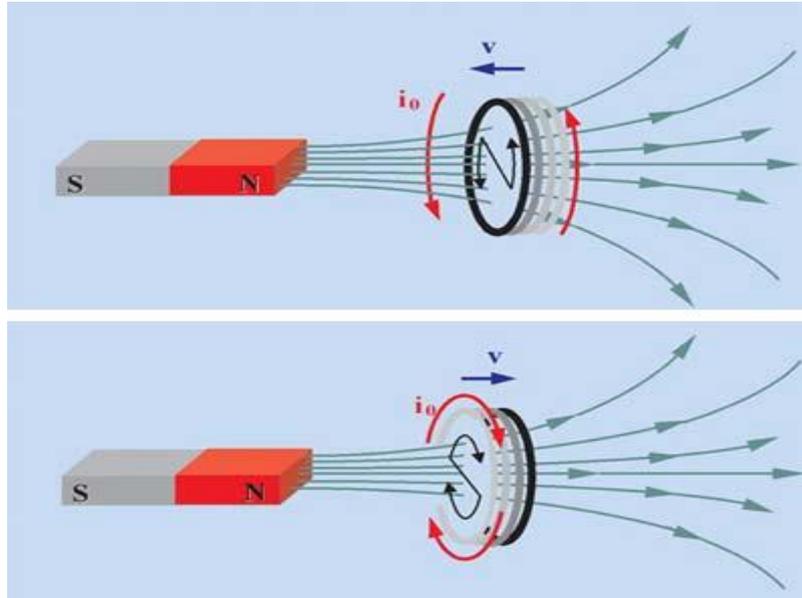
Para exemplificar melhor como ocorre o processo de indução, Silva (2008) afirma que:

“Quando o condutor é um circuito fechado, como no caso de uma espira que se movimenta no interior de um campo magnético, teremos o surgimento de uma corrente elétrica nesse condutor. Essa corrente é denominada corrente induzida. Faraday introduziu o conceito de Fluxo de Indução ou Fluxo Magnético: imagine as linhas de campo magnético atravessando a área  $A$  de uma superfície. Ao aumentarmos o número de linhas que atravessam essa superfície, aumentaremos o fluxo de indução. Obviamente, ao diminuirmos o número de linhas também diminuiremos o fluxo de indução. A variação do campo magnético - e a conseqüente variação no fluxo de indução numa espira - podem ser obtidas variando-se: (a) a área envolvida pela espira, (b) a intensidade do campo magnético (que pode ser obtida aproximando-se ou afastando-se o ímã em relação à espira) ou (c) a inclinação da espira em relação às linhas de campo magnético que a atravessam. A lei de indução de Faraday afirma que a corrente elétrica induzida na espira é devida à variação do fluxo magnético que ocorre através da espira”. (SILVA, 2008, p.1)

Nestes termos, a lei da indução de Faraday explica que a corrente elétrica induzida depende não só das linhas de campo magnético que passa por um determinado circuito mas também por outros fatores envolvidos, como por exemplo,

a área da superfície ou a posição dessa superfície em relação as linhas de campo, ou seja, o fluxo magnético através de uma superfície depende da também da inclinação desta superfície em relação ao campo magnético.

Figura 2: Corrente Elétrica produzida por um campo magnético



Fonte: [www.educacao.uol.com.br](http://www.educacao.uol.com.br)

Na figura 2 pode-se constatar que ao movimentar uma espira paralelamente em direção ao ímã, varia - se o fluxo magnético que passa por essa espira, e conseqüentemente a corrente induzida passa a ter um sentido diferente com a movimentação.

A referida lei implica que se possa prever a intensidade da força eletromotriz induzida (f.e.m), que por sua vez é responsável pela corrente induzida no circuito. Explica ainda que a variação do fluxo do campo magnético se modifica com o tempo, surgindo nesse circuito uma força eletromotriz induzida. É, então, assim apresentada:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_c}{dt}$$

Onde  $\mathcal{E}$  representa a força eletromotriz induzida (f.e.m) pelo circuito,  $d\Phi_c$  é a variação infinitesimal do fluxo de campo magnético exposto e  $dt$  é a variação infinitesimal de tempo em que esse material é exposto a essa variação de campo magnético.

Faraday ao observar as correntes variáveis chegou à seguinte conclusão: sempre que uma força eletromotriz induzida (f.e.m) aparecia em um circuito, estava ocorrendo uma variação do fluxo magnético através do circuito. Esse fenômeno de verificação da força eletromotriz induzida foi denominado indução eletromagnética.

Por fim, a lei de Faraday configurou-se de grande relevância para o mundo da física, pois acabou por transmitir ao mundo a questão das correntes elétricas, e a geração da própria energia elétrica, perdurando até os dias de hoje como parte do ensino da Física em todo mundo, dada sua grandiosidade científica.

Consequentemente, temos a Lei de Lenz, que muito contribuiu também para a física, e que será abordada no próximo tópico, e que juntamente com a lei de Faraday, constituem tema basilar deste trabalho.

### 3.2 LEI DE LENZ

Heinrich Lenz foi um físico russo que também destacou-se na história da física, e juntamente com Faraday, anunciaram algumas das leis mais importantes dessa ciência.

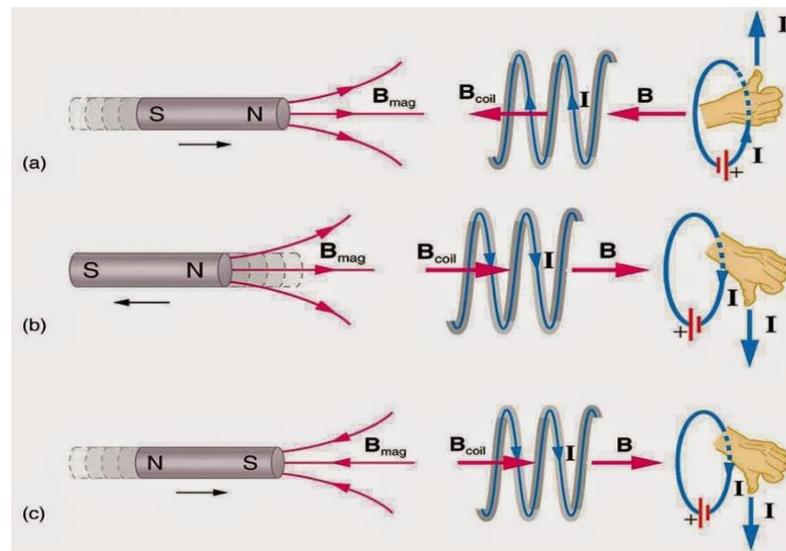
Como citado anteriormente, sabe-se que Faraday descobriu o fenômeno da indução eletromagnética, e ele também percebeu em seus experimentos, que a corrente ora surgia em um sentido, ora surgia em outro sentido, mas o que ele não conseguiu determinar foi como se dava o sentido dessa corrente.

Quem conseguiu descobrir previamente essa lei foi Lenz. Publicada em 1834, a Lei de Lenz possibilita a determinação do sentido da corrente induzida. Ele percebeu o seguinte: a variação do fluxo magnético cria uma corrente induzida no circuito, essa corrente gera um campo magnético e esse campo magnético vai se opor a variação do fluxo que criou a corrente. Conforme Máximo e Alvarenga (2010), podemos enfatizar que:

“A corrente elétrica induzida em um circuito aparece sempre com um sentido tal que o campo magnético que ela cria tende a contrariar a variação do fluxo magnético que a originou”.

Em outras palavras, se o fluxo do campo magnético aumentar, a corrente vai querer que o fluxo do campo magnético diminua, se o fluxo do campo magnético diminuir a corrente vai querer que o fluxo do campo magnético aumente. Para exemplificar melhor o sentido da corrente induzida, vejamos a figura a seguir:

Figura 3: Sentido da Corrente Elétrica



Fonte: <http://4.bp.blogspot.com>

Ao se aproximar o ímã até a espira pelo polo norte (a), o fluxo do campo magnético irá aumentar, e segundo a lei de Lenz a corrente induzida nessa espira vai contrariar este aumento, e conseqüentemente a corrente vai querer cancelar esse aumento do fluxo magnético, então a corrente vai gerar um campo magnético no sentido contrário, neste caso, o campo magnético será para a esquerda, pra cancelar o aumento de fluxo magnético. Para determinar o sentido da corrente induzida, utiliza-se a Lei de Ámpere, mais conhecida como “regra da mão direita”, ou seja, basta colocar os dedos no sentido que aponta o campo magnético que a espira produziu e verificar que o polegar aponta para o sentido da corrente induzida.

No exemplo (b), afastando - se o ímã da espira pelo polo norte, o fluxo do campo magnético irá diminuir, então a espira vai querer recuperar a quantidade de fluxo magnético que perdeu, logo ela terá que corrigir essa perda gerando uma corrente induzida cujo campo magnético gera um campo magnético pra direita. E novamente para se determinar o sentido da corrente induzida utiliza-se a Lei de Ámpere (regra da mão direita).

Análogo ao exemplo (b) tem-se o exemplo (c), pois o afastamento do ímã pelo polo norte ou a aproximação do ímã pelo polo sul, produzirá uma corrente no mesmo sentido, e conseqüentemente o campo magnético produzido pela espira terá o mesmo sentido. Verificou-se também que não importa se o movimento é da espira ou do ímã, e sim que exista movimento relativo entre os dois.

Confirmando o que foi dito anteriormente, Silva (2008) em seus ensinamentos diz que:

“Quando um ímã se aproxima de uma espira, surge uma corrente induzida sobre ele. Essa corrente faz surgir um campo magnético, cujo sentido pode ser determinado pela regra de Ampere. Ao aplicar essa regra verifica-se que o campo magnético tem sentido oposto ao campo magnético do ímã. Se fizermos o contrário, ao afastarmos o ímã da bobina perceberemos que a corrente induzida surge em sentido contrário à situação anterior e ao utilizar novamente a regra de Ampere é possível perceber que o campo magnético criado pela corrente induzida tem o mesmo sentido do campo magnético do ímã. Ao fazer essas observações Lenz concluiu que o sentido da corrente é o oposto da variação do campo magnético que lhe deu origem. (SILVA, 2008, p. 45)

Mesmo conseguindo determinar o sentido da corrente induzida, a Lei de Lenz não prevê a intensidade da corrente gerada, ou seja, não determina valores numérico se está ligada ao princípio de conservação de energia.

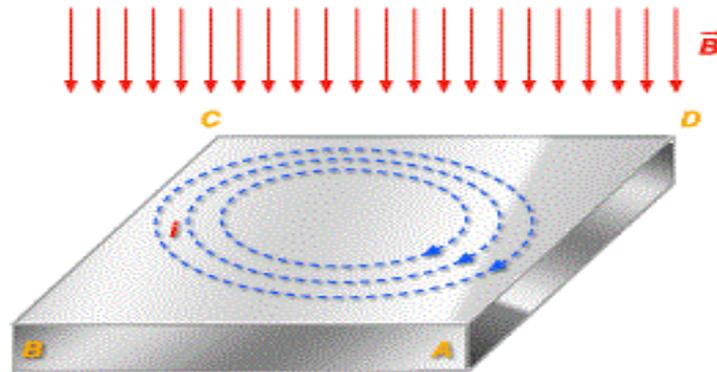
### 3.3 CORRENTES DE FOUCAULT

Jean Bernard Léon Foucault, foi um físico e astrônomo francês (1819– 1868) e um dos grandes nomes da Física, deixando um legado nesta ciência que muito contribuiu para o desenvolvimento da humanidade, ficando conhecido na história por ter lançado ao mundo a questão da rotação da terra, que explicou posteriormente muitos outros fenômenos neste sentido.

As correntes de Foucault correspondem a correntes fechadas, induzidas na massa de um metal imerso em um campo magnético, quando há variação de fluxo magnético provoca uma força eletromotriz. Esta força eletromotriz é induzida, o por sua vez, produz o movimento dos elétrons livres no metal formando circuitos fechados de correntes. (SILVA, 2012).

A produção das correntes de Foucault, causa um aumento de temperatura no material, o qual era visto como sendo um problema, mas posteriormente esse aquecimento possibilitou que as correntes viessem a ser aproveitadas como aquecedores em um forno de indução.

Figura 4: Correntes de Foucault



Fonte: [www.efisica.if.usp.br](http://www.efisica.if.usp.br)

Nos dias atuais, as correntes de Foucault são constatadas em diversas utilidades de forma prática. Podemos citar na frenagem de trens controlados por ímãs, exemplo esse que é um dos mais conhecidos ao se referir as correntes de Foucault, ou popularmente conhecidas como correntes parasitas.

Outro exemplo de aplicação prática das correntes de Foucault está nos multímetros e nos amperímetros, eles possuem um pequeno disco de metal que está entre os dois polos de um ímã. Em cima desse disco de metal estão inseridos os ponteiros de equipamentos analógicos. Ao movimentar esse disco, gera-se a corrente de Foucault, com sentido contrário ao movimento, conseqüentemente o ponteiro é freado e o resultado é mostrado na tela do aparelho.

Outro exemplo que podemos destacar na utilização das correntes de Foucault são os medidores de energia, pois neles existe bobinas que produzem campos magnéticos e seu princípio de funcionamento é baseado assim no fenômeno da indução eletromagnética, como muito bem explica Agustín Mínguez em sua monografia ao departamento de engenharia elétrica para a universidade Federal do Rio de Janeiro.

“O fluxo magnético produzido pela bobina de corrente, ao atravessar o disco de alumínio, induz correntes parasitas, essas correntes interagem com o fluxo magnético da bobina de potencial, dando origem a outra força, e, conseqüentemente, a um outro conjugado em relação ao eixo do disco, se somando ao conjugado anterior fazendo o disco girar.” (MÍNGUEZ, 2007, pag. 11)

Em outras palavras, no disco são induzidas correntes de Foucault (correntes parasitas), a rotação do disco é gerada pela reação destas correntes e o campo magnético criado pela bobina.

Figura 5: Medidor de energia



Fonte: [www.sites.google.com](http://www.sites.google.com)

Essas correntes são utilizadas para o amortecimento de oscilações em alguns aparelhos, cujo alguns deles foram citados neste trabalho. Conclui-se então que podemos destacar correntes de Foucault como sendo correntes induzidas que surgem no interior de uma placa quando esta é submetida a variação do fluxo do campo magnético, e essa corrente induzida produz um campo magnético de maneira que cancele a variação do fluxo a qual foi submetida.

Sabe-se também que quando um campo magnético passar em um condutor, produzindo uma corrente induzida, conseqüentemente surgirá uma força. Essa força é objeto de estudo da próxima seção.

### 3.4 FORÇA DE LORENTZ

Pode-se definir como sendo a força de Lorentz, a força que surge numa carga elétrica quando esta está sob a ação de um campo magnético. Faz-se necessário uma revisão desta força, para que o leitor dessa dissertação possa entender melhor quais artifícios utilizam-se para que o pêndulo magnético apresentado neste trabalho venha ocorrer a frenagem até acontecer o repouso da placa de alumínio inserida neste pêndulo.

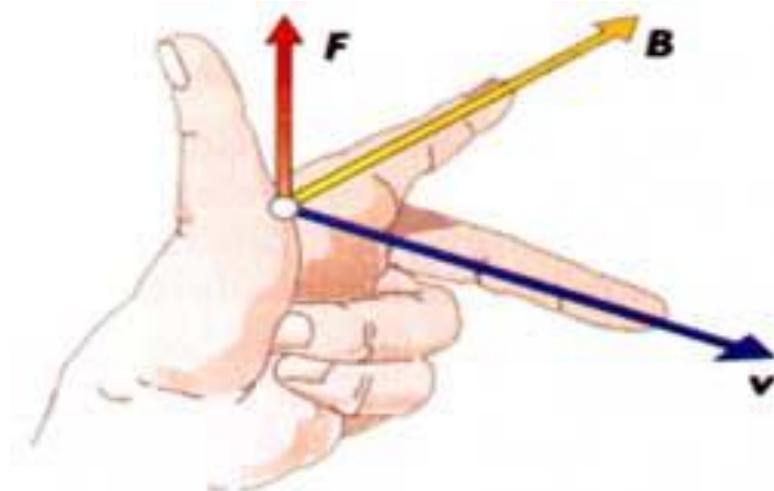
Hendrik Antoon Lorentz (1853 - 1928), foi um físico-matemático holandês nascido em Arnhem. Tinha um enorme interesse ao estudo das relações entre a eletricidade, o magnetismo e a luz. E foi em uma dessas percepções que ele pode analisar as forças relacionadas as partículas carregadas quando essas são inseridas em um campo magnético. Através das análises feitas por Lorentz sabe-se que a força magnética tem um módulo muito bem definido, ou seja, essa força depende da carga associada a partícula, do módulo da velocidade dessa partícula e o módulo do campo magnético em que essa partícula está inserida e também depende da condição de perpendicularidade dessa partícula, ou seja, qual o ângulo com que essa partícula penetra nesse campo magnético. Tem-se então:

$$F_m = q.v.B.\text{sen } \theta$$

Onde  $\theta$  é o ângulo formado pelos vetores  $\mathbf{v}$  e  $\mathbf{B}$ . E quando a partícula se movimentar paralelamente ao campo magnético a força magnética será nula. Halliday enfatiza que a força magnética que age sobre a partícula é igual a carga  $q$  multiplicada pelo produto vetorial da velocidade  $\mathbf{v}$  pelo campo magnético  $\mathbf{B}$  ( $\mathbf{F} = q.\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ ). (HALLIDAY E RESNICK 2009, p. 203).

E quando procura-se o módulo dessa força, aparece o  $\text{sen } \theta$  na equação. Para determinar o sentido dessa força magnética utiliza-se a regra da “mão esquerda”, onde associa-se ao dedo polegar a força magnética, ao dedo indicador é associado ao campo magnético e ao dedo do meio tem-se a velocidade.

Figura 6: Regra da mão esquerda.



Ao analisarmos o produto educacional deste trabalho (“Pêndulo Magnético”) construído para explicar a Lei de Faraday e Lenz, explicando as correntes de Foucault, não podemos deixar de analisar também a força magnética, pois como sabe-se essa força atuará nas cargas que estarão se movimentando circularmente na placa de alumínio do pêndulo magnético, devido as correntes induzidas nesse material provocadas pela variação do fluxo magnético. Ou seja, quando a placa de alumínio entra na região de campo magnético, o fluxo magnético aumenta, conseqüentemente cada carga elétrica dessa placa sofrerá a ação de uma força magnética. Ao analisarmos cada carga elétrica que se movimenta circularmente na placa de alumínio e utilizando -se da “regra da mão esquerda”, saberemos qual o sentido dessa força no momento em que a placa de alumínio entrar ou sair da região de campo magnético.

### 3.5 FERROMAGNETISMO, DIAMAGNETISMO E PARAMAGNETISMO.

Sabe-se que as correntes são induzidas em materiais condutores, podendo ou não esses materiais serem magnetizáveis. Esta dissertação utilizará em seu produto educacional o material paramagnético, o que convém explanar os diferentes tipos de materiais para melhor compreensão do fenômeno ocorrido.

Vejam, portanto, cada um deles, de forma sucinta, para obter a compreensão acerca do tema.

#### 3.5.1 Ferromagnetismo

Conforme lições de Máximo e Alvarenga, um pequeno grupo de substâncias na natureza apresenta um comportamento bastante diferente daqueles considerados paramagnéticos e diamagnéticos, substâncias essas que são denominadas ferromagnéticas. Assim, ao serem colocadas em um campo magnético, se imantam fortemente, de modo que o campo magnético que elas estabelecem é muitas vezes maior do que o campo aplicado. São consideradas substâncias ferromagnéticas apenas o ferro, o cobalto, o níquel e as ligas que contém estes elementos. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2010).

Ou seja, a maioria dos materiais existentes pertencem a outra classe de material. Ainda conforme os autores, temos que:

“O grande aumento que uma substancia ferromagnética provoca no campo magnético ao se imantar é devido ao elevado grau de alinhamento que ocorre em seus ímãs elementares. Este alinhamento, isto é, a magnetização da substância, é tanto maior quanto maior for o campo magnético aplicado nela, podendo chegar a uma situação na qual praticamente todos os seus ímãs elementares estão alinhados”. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2010)”

### 3.5.2 Diamagnetismo

Como a maioria dos materiais encontrados são de natureza diamagnética ou paramagnética, pode-se destacar nesse tópico que os diamagnéticos são aqueles materiais que se imantam fracamente ao serem colocados na presença de um campo magnético, como exemplo tem -se o cobre, a água, a prata, o ouro, o chumbo, etc.

Sobre o diamagnetismo, assim descrevem Máximo e Alvarenga:

“Estas substâncias, ao serem colocadas em um campo magnético, têm seus ímãs elementares orientados em sentido contrário ao do campo aplicado. Desta maneira, elas estabelecem um campo magnético em sentido contrário ao deste campo aplicado, fazendo com que o campo resultante tenha um valor um pouco menor do que o inicial. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2010)”

Os mesmos autores seguem dissertando acerca do Paramagnetismo, como se vê da descrição em tópico seguinte.

### 3.5.3 Paramagnetismo

O alumínio, o magnésio, a platina, o sulfato de cobre são exemplos conhecidos de materiais paramagnéticos, pode-se afirmar que materiais paramagnéticos são aqueles que ao serem colocados na presença de um campo magnético, imantam-se muito fracamente, fazendo com que o valor do campo magnético seja ligeiramente aumentado.

Máximo Alvarenga enfatizam que:

“Substâncias paramagnéticas são aquelas que, ao serem colocadas em um campo magnético, se imantam de maneira a provocar um pequeno aumento no valor do campo magnético em um ponto qualquer. Nestas substancias, os ímãs elementares tendem a se orientar no mesmo sentido do campo aplicado e, portanto, o campo magnético estabelecido por elas terá o mesmo sentido deste campo aplicado, fazendo com que o campo resultante tenha um valor um pouco maior do que o inicial. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2010)”

Com base nisso, o experimento aqui apresentado utilizou como base material paramagnético, sendo, portanto, exposto a seguir.

## 4 O PÊNULO MAGNÉTICO – PRODUTO EDUCACIONAL

Neste tópico apresentaremos o produto educacional denominado “Pêndulo de Magnético”, que tem por finalidade discutir sobre o freio magnético utilizado em material paramagnético, por não ser um material magnetizável e neste caso utilizando-se o alumínio, como demonstração das correntes de Foucault.

Sabe-se que a experimentação tornou-se uma ferramenta que visa auxiliar tanto o professor como o aluno no seu processo de ensino e aprendizagem, constituindo-se de um importante instrumento para o aprendizado, pois desperta no aluno o interesse a buscar e relacionar o conteúdo aprendido com o experimento que está sendo exposto pelo professor.

É de conhecimento de todos quanto ao vasto conteúdo que se tem que ministrar durante todo o ano letivo, turmas lotadas e de diferentes níveis de aprendizagens. Buscando alcançar a maioria dos conteúdos a serem abordados e, principalmente, o interesse dos alunos pela disciplina de Física, pensou-se em produzir algo concreto e que relacionasse os conteúdos ensinados ao cotidiano de cada aluno e que pudesse despertar neles o interesse sobre a aplicabilidade dos fenômenos físicos.

Então, teve-se a ideia de construir o “Pêndulo Magnético” para estudar a indução eletromagnética, fenômeno analisado por Faraday, com a contribuição de Lenz quanto ao sentido da corrente produzida, e correntes de Foucault. Como veremos a seguir, descreveremos cuidadosamente cada material utilizado e suas dimensões, bem como o procedimento da montagem ao final desta seção expondo um croqui para melhor auxiliar a sua montagem.

### 4.1 ROTEIRO DA CONSTRUÇÃO DO “PÊNULO MAGNÉTICO”

Para construção do Pêndulo Magnético foi utilizado os seguintes materiais:

- ✓ 6 joelhos para cano de 20mm.
- ✓ 9 canos em pvc de 20 mm de 3 cm de comprimento.
- ✓ 6 luvas para cano de 20mm.
- ✓ 2 canos em pvc de 20 mm de 6 cm de comprimento.
- ✓ 2 fios de cobre de 23 cm de comprimento após ser enrolado (fio cabo 6).
- ✓ 2 canudos de refrigerante.

- ✓ 2 canos eletroduto de 25 mm de 3 cm de comprimento.
- ✓ 2 canos em pvc de 20 mm medindo 30 cm de comprimento.
- ✓ 2 braçadeiras com gancho feita de alumínio recortada de lata de refrigerante para fixação da placa.
- ✓ 2 placas de alumínio – dissipador de calor encontrado em televisores antigos (e posteriormente essas placas foram lixadas), medindo 9,5 cm de comprimento, 3,5 cm de largura e 1mm de espessura.
- ✓ 4 ímãs retirados de um HD de computador com 4 cm de comprimento e 2 cm de largura
- ✓ 2 cantoneira medindo 7 cm de altura, 5 cm de largura e 1 mm de espessura (suporte de lâmpada fluorescente).
- ✓ 1 base de madeira horizontal medindo 33 cm de comprimento, 23 cm de largura e 0,5 cm de espessura.
- ✓ 2 base de madeira lateral medindo 19,5 cm de comprimento, 5 cm de altura e 2 cm de espessura.
- ✓ 2 “T” para cano de 20 mm.
- ✓ 2 base de madeira lateral medindo 33 cm de comprimento, 5 cm de altura e 2 cm de espessura.
- ✓ 14 pregos.
- ✓ 4 parafusos.
- ✓ 4 porcas.
- ✓ 4 arruelas.

Figura 7: Suporte para fixação da base vertical.



Fonte: A autora.

A figura representa um “T” e joelhos para cano de 20 mm que estão conectados através de recorte de cano de 20 mm de comprimento 3 cm e que será utilizado para melhor fixação da base do pêndulo.

Figura 8: Ímãs



Fonte: A autora

A figura representa 4 ímãs medindo 4 cm de comprimento e 2 cm de largura.

Figura 9: Base horizontal para sustentação do pêndulo.



Fonte: A autora

A figura representa a base horizontal, construído com uma tábua e quatro suportes de madeira, para dar formato na caixa onde será fixado o pêndulo, medindo 33 cm de comprimento, 23 cm de largura e 5 cm de altura. A base horizontal tem 12

orifícios de 0,5 cm de diâmetro distanciados por 1 cm para facilitar a variação das distâncias entre os pêndulos.

Figura 10: Cantoneiras para suporte dos ímãs



Fonte: A autora

Esse componente fixará os ímãs, e tem 7 cm de altura, 5 cm de largura e 1 mm de espessura.

Figura 11: Hastes verticais



Fonte: A autora

Peças de cano de pvc de 20 mm de diâmetro com 30 cm de comprimento, que será montado na vertical, apoiado em duas luvas e dois recortes de cano de pvc de 3 cm de comprimento, ao que chamamos de suporte intermediário.

Figura 12: Suporte intermediário



Fonte: A autora

Esse suporte intermediário é composto por duas luvas para cano de 20 mm conectadas a um pedaço de cano de 20mm medindo 3 cm de comprimento e a outro pedaço de cano de 20 mm de 6 cm de comprimento.

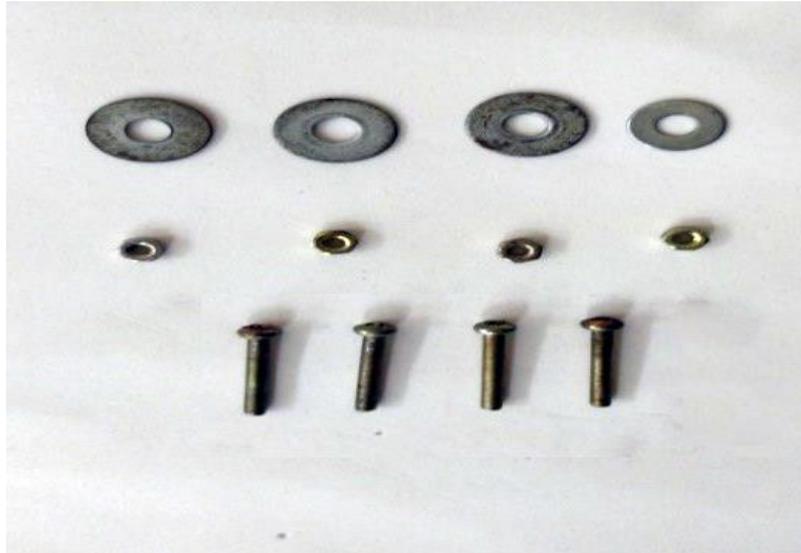
Figura 13: Joelho de 20 mm



Fonte: A autora

Joelhos para cano de 20mm.

Figura 14: Parafusos, arruelas e porcas



Fonte: A autora

Foram usados 4 parafusos, 4 porcas e 4 arruelas para fixação das cantoneiras onde foram colocados os ímãs.

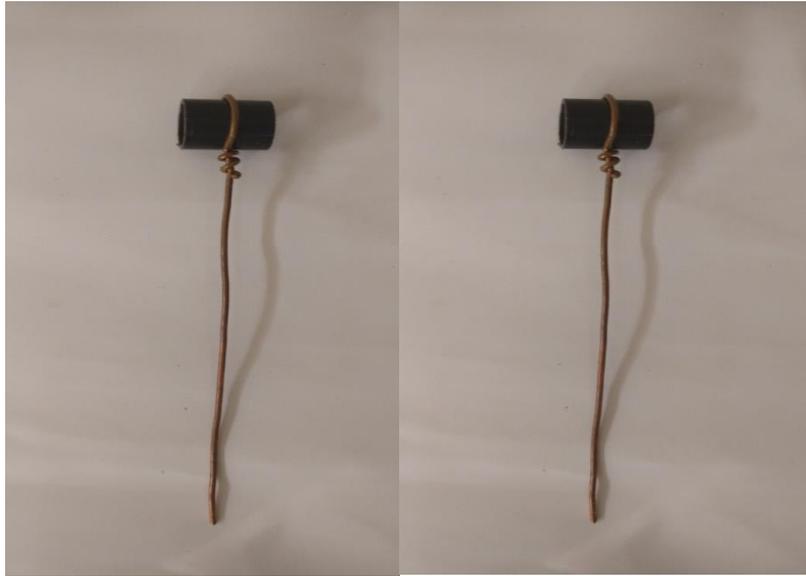
Figura 15: Placa de alumínio



Fonte: A autora

Esse componente é uma placa de alumínio, medindo 9,5 cm de comprimento, 3,5 cm de largura e 1 mm de espessura.

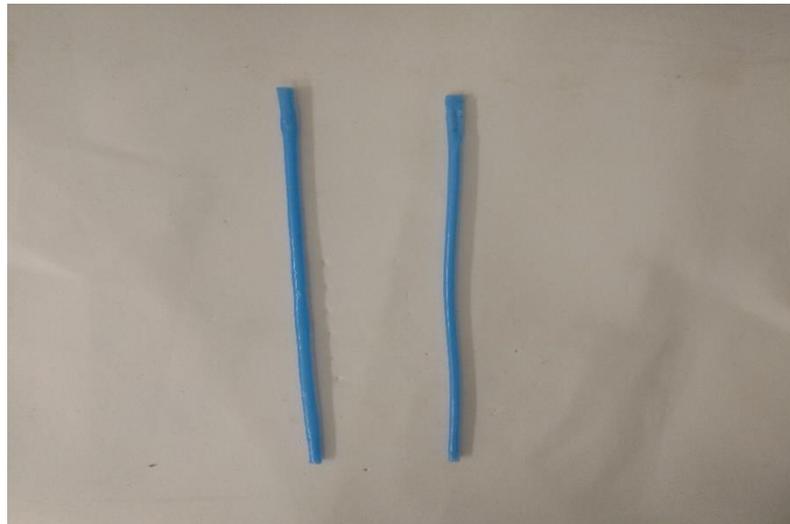
Figura 16: Pêndulo



Fonte: A autora

Esse componente são dois fios de cobre medindo 23 cm de comprimento cada um após ser enrolado ao cano de eletroduto, onde ficará suspensa a placa de alumínio.

Figura 17: Canudo de refrigerante



Fonte: A autora

Estes dois canudos de refrigerante serão utilizados para envolver os fios de cobre do pêndulo magnético, para que não haja contato físico entre a placa de alumínio e o fio de cobre, de modo que não haja circulação das cargas elétricas entre esses materiais.

Figura 18: O produto educacional (Pêndulo Magnético)



Fonte: A autora

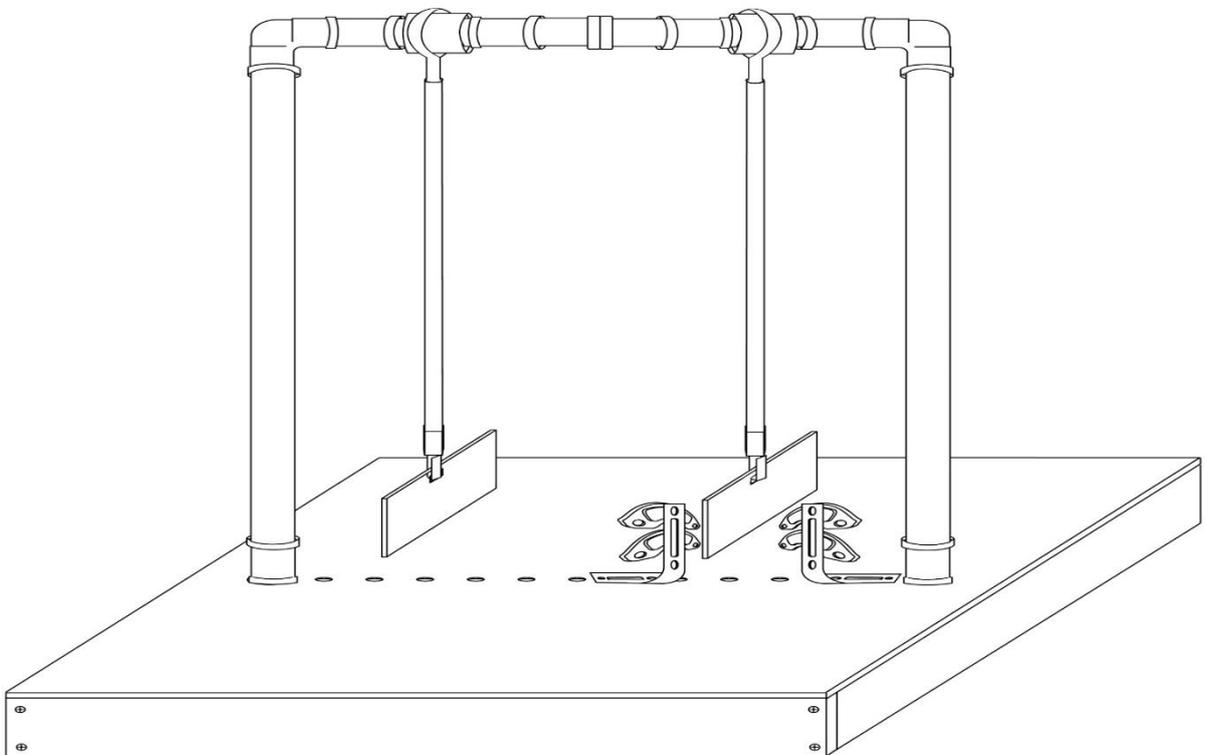
Como pode-se perceber, o aparato experimental foi construído com material de baixo custo, o que viabiliza sua construção. Uma das vantagens de se trabalhar com esse tipo de material é a facilidade para encontrar, e como indica, a aquisição ser acessível a todos, inclusive aos alunos, por muitos serem de baixa renda. Porém, tivemos um impasse quanto aos ímãs utilizados nesses experimentos, pois aqui no Estado de Roraima não temos facilidade em encontrar ímãs apropriados para realização de experimento, o que faz com que você recorra a outro Estado para aquisição, tornando o custo do experimento elevado.

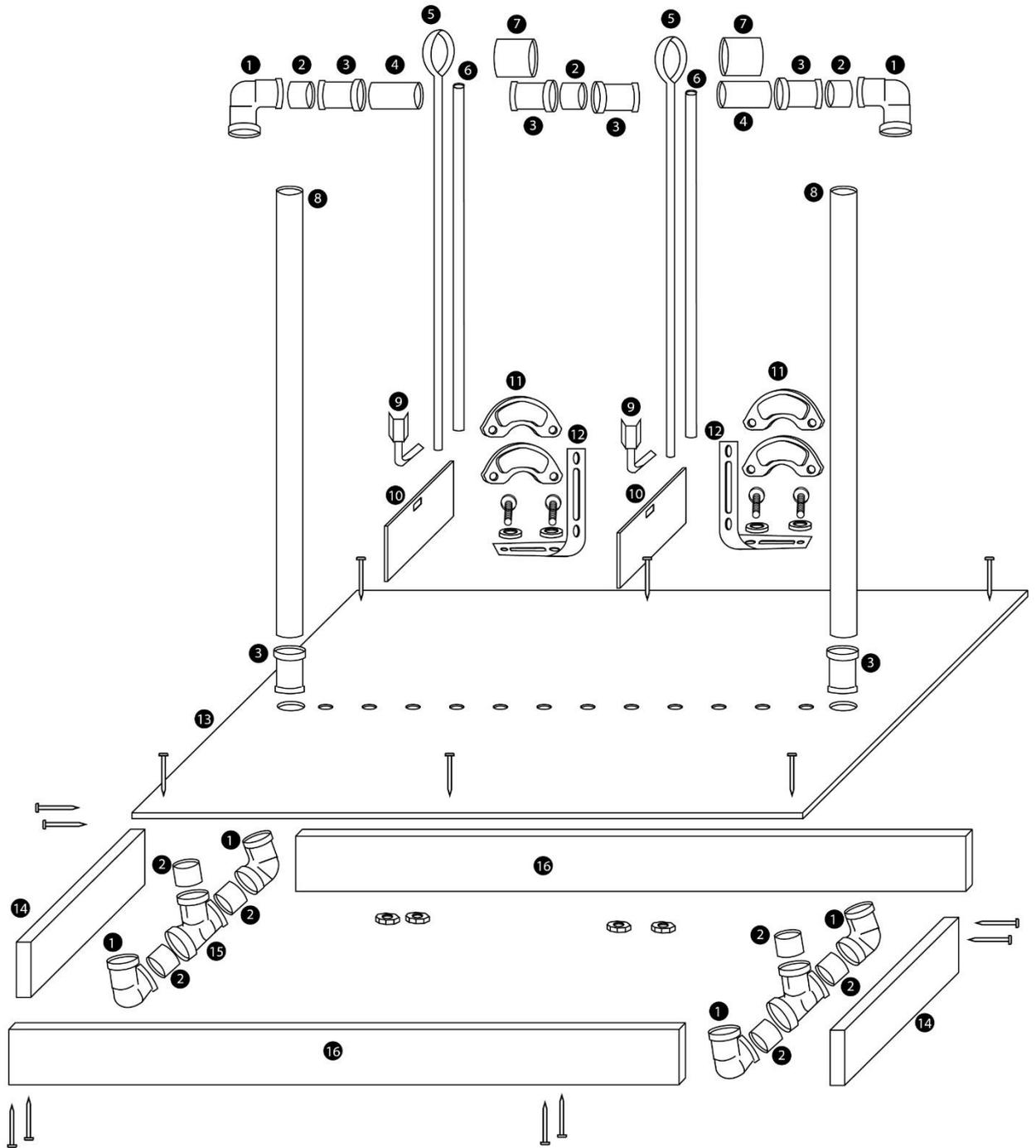
Sendo assim, recorreremos a utilização de ímãs retirados de HD de computador, encontrados em HD de computador, o que nos impossibilitou de sabermos o valor do campo magnético produzido por cada ímã, mas isso não retira a eficácia da comprovação das correntes de Foucault, pois sabemos que essas correntes serão maiores ou menores devido à variação do fluxo magnético. Pode-se também fazer uso de ímãs de auto falantes como uma outra alternativa para comprovações das correntes de Foucault e fazer um paralelo para verificar qual dos dois tipos de ímãs contribuem para melhor formação dessas correntes parasitas.

Outra análise que pode ser feita é variar a área da placa, pois a placa de alumínio utilizada nesse experimento possui 9,5 cm de comprimento, 3,5 cm de largura e 1 mm de espessura, e tendo assim a possibilidade de verificar o que acontecerá, pois sabe-se que essas dimensões irão contribuir para a formação do freio magnético, pois se área for menor o freio magnético será maior.

Dada a devida importância a Lei de Faraday e Lei de Lenz com comprovações das correntes de Foucault, o professor, se achar necessário, pode variar o material utilizado na placa, a distância entre os ímãs, a quantidade de ímãs e o formato da placa e suas dimensões. Tudo isso o professor pode estar fazendo para verificar se realmente os alunos conseguiram assimilar o conteúdo. Para melhor esclarecimento, segue-se abaixo o roteiro a montagem do Pêndulo Magnético.

Figura 19: Roteiro de montagem do Pêndulo Magnético





ITEM	PEÇA	QUANT.	ITEM	PEÇA	QUANT.	QUANT.	
1	JOELHO (Ø 20mm)	6	9	BRAÇADEIRA COM GANCHO	2	 4  4  4  14	
2	CANO EM PVC 3 cm (Ø 20 mm)	9	10	PLACA DE ALUMÍNIO	2		
3	LUVA (Ø 20mm)	6	11	IMÃS	4		
4	CANO EM PVC 6 cm (Ø 20mm)	2	12	CANTONEIRA	2		
5	FIO DE COBRE	2	13	BASE DE MADEIRA HORIZONTAL	1		
6	CANUDOS DE REFRIGERANTE	2	14	BASE DE MADEIRA LATERAL	2		
7	CANO ELETRODUTO 3 cm (Ø 25mm)	2	15	TÊ (Ø 20mm)	2		
8	CANO EM PVC 30 cm (Ø 20mm)	2	16	BASE DE MADEIRA LATERAL	2		

#### 4.1.1 Experimentos realizados com o mesmo fim

Acerca dos experimentos realizados por outras pessoas para demonstração do pêndulo de magnético é importante mencionar alguns deles. Inicialmente, experimento apresentado em Feira de Ciências registrada pelo professor Luiz Ferraz Neto, registrado por meio do site <http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/0515.asp>, datado de 20 de novembro de 1999.

Nele, o objetivo era comprovar que o plano de oscilação do pêndulo não sofre mudanças e sua utilização para provar a rotação da Terra, e utilizou para comprovação desse feito o banco de rotações, que consiste em um aparato que permite o pêndulo oscilar e girar em torno do seu próprio eixo. Conforme observações do referido professor, a questão da rotação da Terra é demonstrada por meio do Pêndulo de Foucault, que serve de base para verificar de que forma esta rotação é realizada, tanto no hemisfério norte como no hemisfério sul.

Já num segundo experimento, registrado por João Batista Garcia e Rodrigo Moura, perante o Instituto de Física da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, relacionado ao freio magnético provocado pelas correntes de Foucault no movimento de uma chapa metálica suspensa que oscila dentro de um campo magnético, artigo periódico apresentado em abril de 2000, disponível no endereço eletrônico <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165493.pdf>. Neste, o experimento se fez para a demonstração dos efeitos das correntes de Foucault, onde se recortou uma placa de alumínio em chapas de diferentes formatos, onde foi feita a suspensão dessas chapas de forma que os pêndulos viessem a oscilar. Conforme os autores do experimento, pôde-se observar que quando há oscilação dessas chapas no interior do campo magnético, o efeito de freio das correntes de Foucault é constatado, pois a chapa para muito mais rapidamente que aquele que oscila na região fora deles, se essas chapas forem totalmente fechadas, ou seja, sem nenhuma abertura.

Num terceiro experimento, também acerca das correntes de Foucault, é explanado também por meio de artigo apresentado para o Departamento de Física da UNESP, disponível em <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165972.pdf>. (2008)

Os acadêmicos pensaram na realização do experimento com o objetivo de melhor explorar as correntes de Foucault bem como as leis de Faraday e Lenz, de forma a montar um rotor que giraria unido magneticamente a um hd de computador.

Segundo os acadêmicos que realizaram esse experimento, O rotor foi construído a partir de uma seringa descartável e se constitui de um eixo que tem, numa das extremidades, um ímã permanente e, na outra, uma pequena hélice que foi construída com papel cartão para facilitar a visualização do movimento. Quando se liga o referido hd, seu disco rígido passa a girar, constatando-se que a hélice também começa a girar.

Segundo eles, ainda que não se observe atração magnética na interação do alumínio ao ímã, se entre eles existir movimento relativo, o resultado pode ser um efeito surpreendente. Conforme lições da lei de Faraday, a variação do fluxo magnético em um circuito fechado induz o surgimento de forças eletromotrizes, explicando assim o resultado do experimento.

#### 4.2 PROCEDIMENTOS REALIZADOS COM AS TURMAS:

Para a realização deste experimento, foi realizado alguns procedimentos para que se tornasse possível sua execução. Primeiramente foi submetido ao comitê de ética da Universidade Federal de Roraima (UFRR) um projeto que especificasse os objetivos a serem alcançados com a realização do experimento, visto que este experimento é o produto educacional desta dissertação e que está vincula também ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e a Sociedade Brasileira de Física (SBF), sendo autorizado pela UFRR. Em seguida, foi feito um termo de autorização da Escola Estadual Presidente Tancredo Neves, onde a escola autoriza a execução desta atividade. Logo após, todos os pais de alunos com idade inferior a dezoito anos assinou um termo de consentimento autorizando seus filhos a participarem desta atividade e direito de imagem dos mesmos. E por fim, os alunos com idade maior de dezoito anos também assinaram o termo de consentimento e autorizando a divulgação das imagens. Todos esses termos encontram-se em anexo nesta dissertação.

#### 4.2.1 - Turma A (Com Experimento)

Antes de introduzir o conteúdo sobre eletromagnetismo, apliquei um questionário com os alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Presidente Tancredo Neves (Turma A) com o intuito de constatar o que eles já sabiam referente ao assunto de eletromagnetismo, mas especificadamente os conteúdos sobre Lei de Faraday e Lenz, e se saberiam relacionar um assunto com o outro. Os alunos deverão saber o conceito de campo magnético e fluxo magnético para entender a Lei de Faraday, mais conhecida como o princípio da indução eletromagnética.

Em seguida, foi introduzido a Lei de Faraday e a interpretação da Lei de Lenz, e com a compreensão dessas leis foi comentado sobre as correntes de Foucault e suas aplicabilidades. Para fechamento dos conteúdos ministrados foi construído um experimento denominado “Pêndulo Magnético”, que consiste em verificar as correntes de Foucault e o freio magnético com material paramagnético enfatizando novamente os conteúdos da Lei de Faraday e Lenz. Para finalizar, foi novamente aplicado um questionário para avaliar se o experimento contribuiu com a melhoria do ensino e aprendizagem e, posteriormente foi quantificado os erros e os acertos para fazer o comparativo com a turma B.

As fotos abaixo mostram os alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Presidente Tancredo Neves da cidade de Boa Vista – RR, a qual chamaremos de Turma A, trabalhando na montagem do experimento.

Figura 20: Processo de separação das peças



Fonte: A autora

Essa foto demonstra os alunos da Turma A trabalhando em cada peça para construção do experimento.

Figura 21: Processo de montagem do “Pêndulo Magnético”



Fonte: A autora

Na figura 21 os alunos estão montando o “Pêndulo Magnético”.

Figura 22: Experimento montado



Fonte: A autora

Figura 23: O experimento sendo apresentado aos alunos da Turma A



Fonte: A autora

Na figura 23 a professora está fazendo a demonstração do experimento aos alunos da Turma A. Durante a apresentação do experimento, foi explicado o fenômeno da indução eletromagnética, dando ênfase as correntes induzidas que são produzidas no material analisado, que é o alumínio, fortalecendo as razões por que essas correntes produzem um outro campo magnético contrário ao campo ao qual o material está sendo submetido, e por fim, ressaltando a força eletromagnética que atua nas cargas deste material e como analisar o sentido dessa força, através da regra da “mão esquerda”, pois é essa força que faz o pêndulo diminuir a sua velocidade até chegar em seu estado de repouso.

Figura 24 – Alunos tendo contato com o experimento



Fonte: A autora

Nessa figura os alunos estão interagindo com os demais, no intuito de fortalecer os conceitos aprendidos em sala de aula. Ao término da apresentação pôde-se perceber o entusiasmo que eles tiveram, pois os mesmos interagiram com os demais, questionaram o experimento e perceberam que eles sabem Física sim, só que de uma maneira diferente de como é apresentado nos livros, ou seja, não com conceitos bem definidos e interligados.

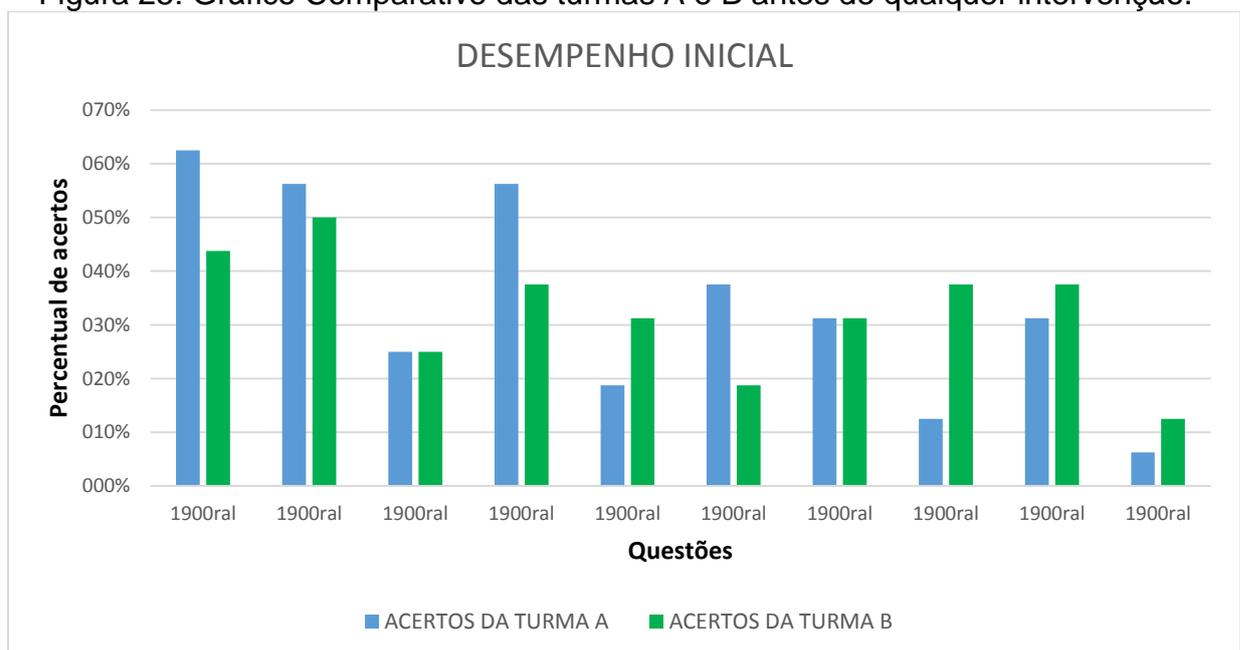
#### 4.2.2 - Turma B (Sem Experimento)

Também com uma outra turma de alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Presidente Tancredo Neves (Turma B), antes de introduzir o conteúdo sobre eletromagnetismo, foi aplicado um questionário com o mesmo objetivo, de analisar o que eles sabem e se relacionam os assuntos estudados. Após a aplicação desse questionário, foi introduzido os conteúdos sobre a Lei de Faraday e a Lei de Lenz e enfatizando as correntes de Foucault.

Posteriormente o estudo cuidadosamente desses conteúdos já mencionados, foi aplicado novamente o questionário para depois comparar os resultados obtidos com os da turma A e assim averiguar qual a melhor sequência didática que contribuiria com a melhoria do ensino e portanto, da aprendizagem.

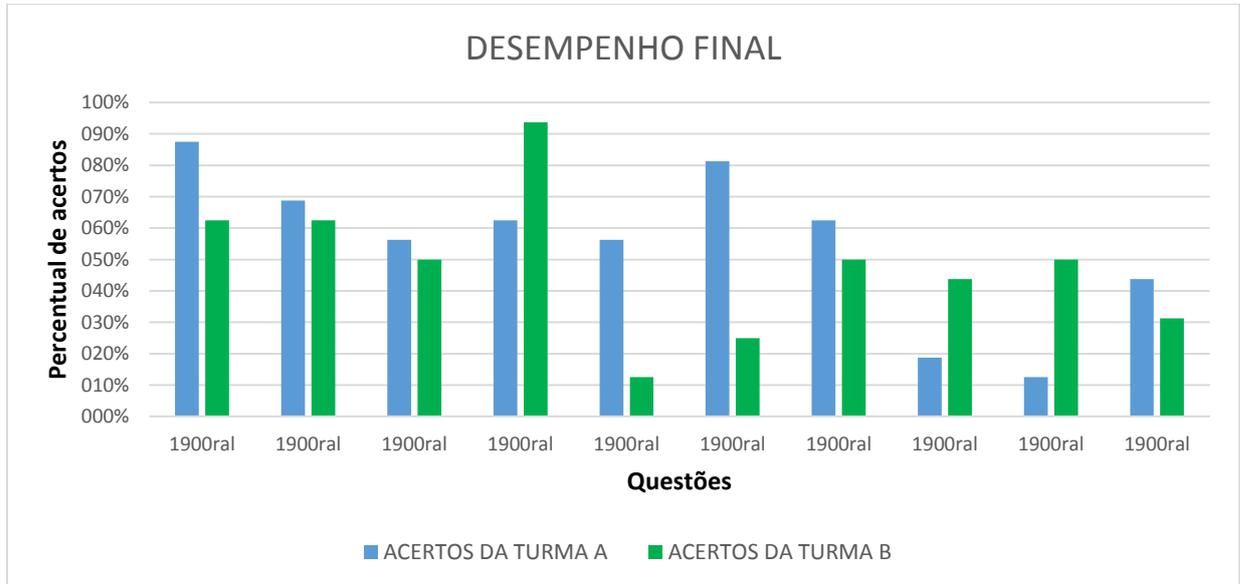
#### 4.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Figura 25: Gráfico Comparativo das turmas A e B antes de qualquer intervenção.



Este desempenho inicial foi elaborado através do questionário inicial antes de qualquer atividade em sala de aula, ou seja, os alunos não tiveram conhecimento dos conteúdos que seriam abordados.

Figura 26: Gráfico Comparativo das turmas A e B após intervenção.



O gráfico de desempenho final foi feita baseada nos questionários aplicados após a utilização do experimento pela turma A e após a turma B ter contato apenas com os conteúdos que foram abordados em sala de aula. Para se ter uma visão mais ampla do desempenho de cada turma, fez-se a média de acertos das turmas, para melhor visualização e compreensão acerca da metodologia usada em cada turma.

Figura 27: Gráfico com a média dos acertos entre as turmas A e B antes de qualquer intervenção.

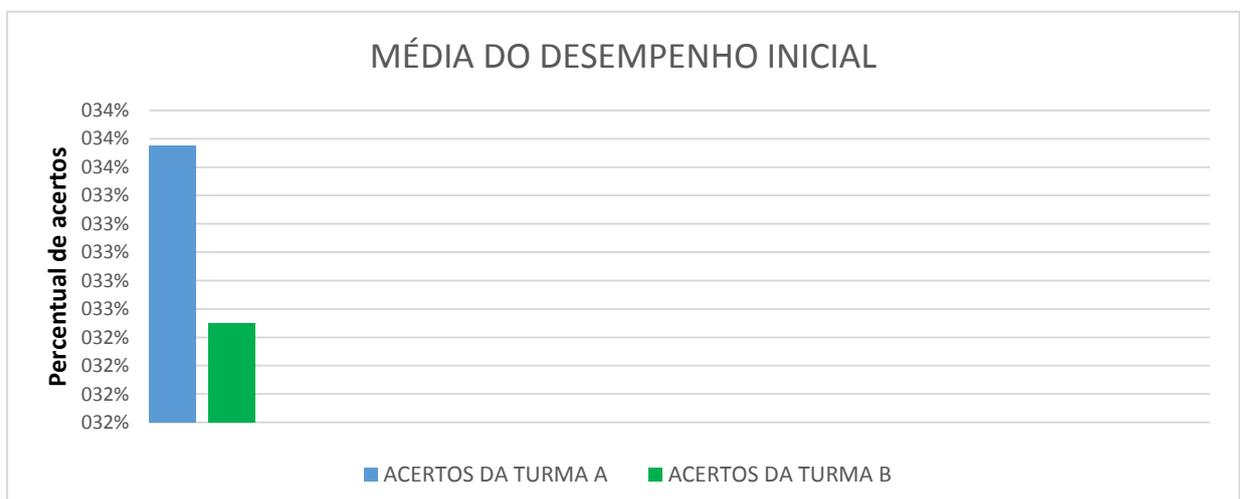
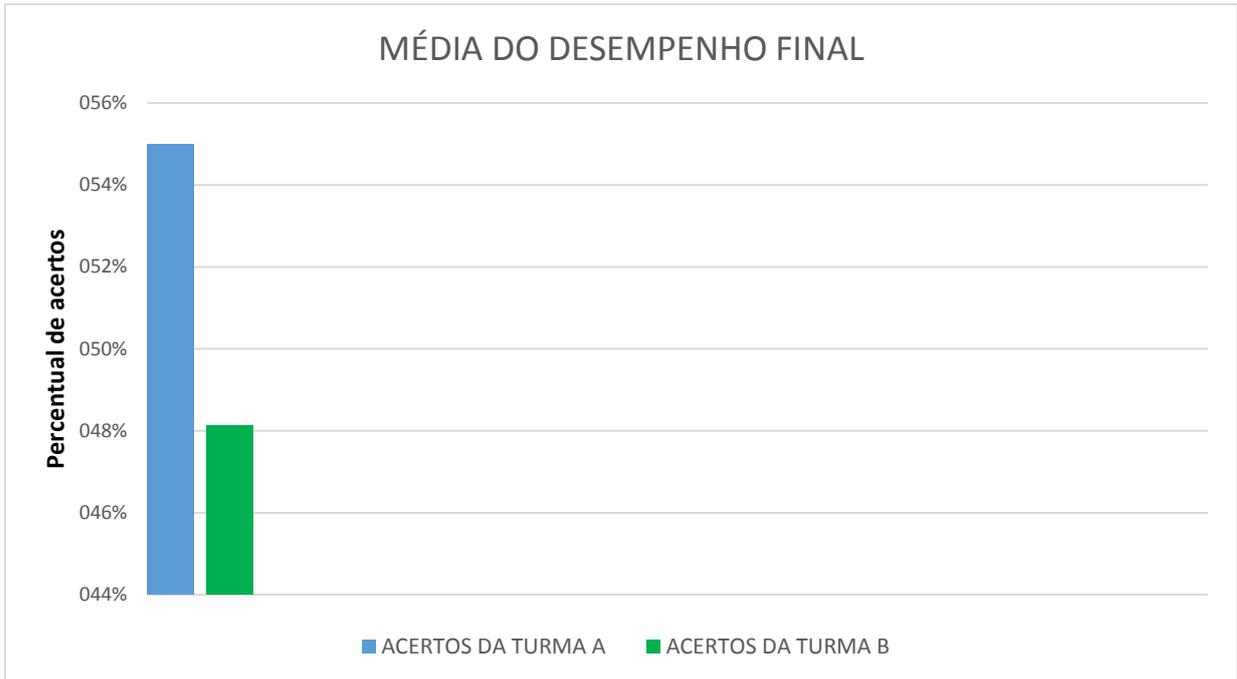


Figura 28: Gráfico com a média dos acertos entre as turmas A e B após intervenção.



#### 4.4 – COMENTÁRIOS DAS QUESTÕES DOS QUESTIONÁRIOS QUE FORAM APLICADOS NAS TURMAS ANALISADAS:

##### Questão 1 – Essa questão fala sobre o conceito de campo magnético.

A turma A teve um acréscimo de 25% de acertos quando comparados ao momento anterior ao experimento e depois do experimento.

Já a turma B (sem o experimento) somente com a base teórica teve também um acréscimo, porem um pouco menor, de 18,75% em relação à antes da aula teórica. Isso comprova que todos nós podemos ter a compreensão de um conceito formado do que é campo magnético, mas muitas vezes, é necessário que haja um estímulo à participação, como se verificou com os alunos.

##### Questão 2 – Essa questão procura saber se o aluno tem a compreensão do que é fluxo magnético.

Nessa questão tanto a turma A quanto a turma B tiveram o mesmo acréscimo de 12,5%, reforçando assim, o conhecimento dos alunos referente a esse item.

**Questão 3 – Tem o intuito de descobrir se os alunos conseguem identificar o fator responsável pela indução eletromagnética.**

A turma A teve um acréscimo de 31,25 % em relação ao momento anterior e posterior da realização do experimento. A turma B, por sua vez, apresentou a porcentagem de 12,5%, o que demonstra a complexidade dessa questão para os alunos.

**Questão 4 –Questiona somente quais foram os principais colaboradores da indução eletromagnética.**

Nessa questão, a turma A teve um acréscimo de 6,25% quando comparado com o antes e o depois do experimento. Já a turma B provocou certa surpresa nessa questão, pois teve um aumento de 81,25%.

Neste caso, o experimento teve contribuição irrelevante frente aos conceitos aplicados em sala de aula.

**Questão 5 – O objetivo desta questão é relacionar a corrente induzida com seu sentido quando se varia o fluxo magnético.**

O experimento contribuiu para que houvesse um aumento de 37,5% para a turma A, enquanto que a turma B aumentou 18,75 % sem a realização do experimento. Quando se realizou o experimento, os alunos puderam ver na prática a indução eletromagnética ocorrendo, e assim, fixarem em suas memórias esse conceito.

**Questão 6 – A referida questão foi proposta para saber que tipo de materiais não eram atraídos por ímãs.**

Com a turma A teve-se um aumento de 43,75 %, enquanto que a turma B apresentou apenas o acréscimo de 6,25%. Quando houve a realização do experimento com a turma A, eles constataram que o alumínio não era atraído, mas quando colocado na variação de fluxo magnético ocorria as correntes induzidas, o que possibilitou o aumento de acertos.

Já a turma b como ficou só na parte teórica, o que dificultou a quantidade de acertos, contudo, ainda assim, houve um aumento significativo.

**Questão 7 – A questão 7 procura identificar o nome dado aqueles materiais fortemente magnetizados, que nos conhecemos como ferromagnéticos.**

Foi verificado que a turma A aumentou 31,25% em relação ao antes e depois do experimento, enquanto que a turma B teve um acréscimo de 18,75%, se comparado ao antes da aplicação da teoria.

**Questão 8 – Essa questão basicamente consiste no mesmo objetivo da questão 7, porém, nesta, a ênfase foi direcionada aos materiais que não são fortemente atraídos por ímãs, ou seja, materiais paramagnéticos.**

Nessa questão, tanto a turma A quanto a turma B tiveram um acréscimo de 6,25%. Tal resultado talvez ocorreu pelo fato de os alunos não possuírem um discernimento quanto ao aspecto “muito fracamente” e “muito devagar”, termos que estavam presentes na questão.

**Questão 9 – Aqui queríamos verificar a relação entre as correntes induzidas e o que as provocavam.**

A turma A teve um acréscimo de 18,35% enquanto a turma B de 12,5%. Quando puderam verificar que as correntes surgiam com a variação do fluxo magnético, os alunos puderam constatar as correntes de Foucault.

**Questão 10 – O objetivo dessa questão era descobrir como eram conhecidas as correntes de Foucault.**

Houve um aumento de 37,5% com a turma A, 18,75% com a turma B. Ao término da análise dos resultados dos questionários, verificando cautelosamente todas as questões, foi possível constatar que, com a aplicação do experimento, o aluno consegue assimilar melhor os fenômenos físicos que estão ocorrendo e, conseqüentemente, obter um aprendizado mais significativo.

#### 4.5 EXECUÇÃO DAS AÇÕES:

Deixa -se aqui uma sugestão de atividade ao professor que desejar reproduzir este experimento. Podendo ainda o mesmo fazer adaptações e ou alterações, como por exemplo, aplicar o experimento antes de qualquer outra atividade.

Segue abaixo a maneira como foi conduzido todo o processo abordado no pêndulo magnético, o produto educacional.

- ✓ Abordagens dos conteúdos das Leis de Faraday e Lenz, com aplicação das correntes de Foucault e aplicação de um questionário investigativo (2 horas/aulas).
- ✓ Montagem do experimento (2 horas/aulas).
- ✓ Apresentação do experimento e aplicação de um questionário avaliativo (2 horas/aulas).

E como mais um auxílio ao professor ou a qualquer outra pessoa que se interessa em atividade experimental, será colocado à disposição um manual de montagem do “Pêndulo Magnético”.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação aqui apresentada teve como objetivo explicar acerca da abordagem experimental física sobre freio magnético, tomando como base as correntes de Foucault.

Para tanto, foi proposto inicialmente um panorama histórico do eletromagnetismo, trazendo a história da eletricidade, seguida da história do magnetismo, até se chegar à introdução do eletromagnetismo na história da Física, por meio de estudiosos e cientistas que muito contribuíram para esse fim.

Em um segundo momento, foram expostas as dificuldades no ensino da Física, demonstradas por meio de registros que traduzem quais são os maiores entraves nesse sentido, uma vez que a referida matéria é, sem dúvida, uma das que os alunos sentem maiores dificuldades e, por consequência, menos interesse no ensino médio.

Com isso, foi possível constatar a importância do experimento no ensino da Física, forma pela qual os professores conseguem, de fato, chamar uma maior atenção desses alunos, dada a complexidade dos temas propostos e que requerem a questão prática como complemento nas aulas, sendo, portanto, o experimento, uma ferramenta valiosa nesse contexto. Outro ponto importante é o cenário da Física nos parâmetros curriculares nacionais, que desempenham um importante papel na compreensão da aplicação desta matéria no ensino médio no Brasil.

Foram elencadas, também, as Leis de Faraday e Lenz, como forma de confirmar mais ainda o embasamento do experimento no ensino da Física, seguidas das Correntes de Foucault que norteou a experimentação e desenvolvimento do produto desta dissertação.

O produto educacional, desenvolvido e demonstrado com base no “Pêndulo de Foucault” foi demonstrado através de roteiros de construção e experimentos realizados junto às turmas, com questionários e a prática desde o início da montagem do Pêndulo.

Conclui-se, portanto, que a ligação entre as correntes de Foucault, com o experimento utilizando-se o freio magnético, e a experiência proposta em sala de aula, puderam dar uma melhor visão aos alunos participantes desta etapa, de forma que todos se envolveram e puderam ampliar seus conhecimentos através dessa prática proposta.

A Física, como matéria obrigatória para os estudantes do ensino médio em nosso país é, sem dúvida, uma parte importante de nossa história, e através dela muitos elementos utilizados por nós no dia-a-dia foram descobertos, criados, elementos essenciais à convivência humana.

O experimento “Pêndulo Magnético veio contribuir de forma significativa para a melhoria do processo ensino aprendizagem na turma do 3º Ano da Escola Estadual Presidente Tancredo Neves, pois o mesmo trouxe aos estudantes uma melhor compreensão dos temas abordados, visto que eles se empenharam na construção do experimento.

Esse envolvimento se deu desde a procura de materiais de baixo custo, até a efetiva realização do experimento, onde eles se dedicaram de forma bastante ativa, onde foi possível verificar que os mesmos conseguiram relacionar o que eles tinham estudado em sala de aula com o cotidiano. Eles puderam refletir, também, o quanto a Física está presente em nosso dia-a-dia, muito mais do que imaginamos.

A aprendizagem foi aperfeiçoada, portanto, através do referido experimento, trazendo a compreensão final de que na prática tudo se torna melhor compreendido, e que a teoria é, de fato, vivenciada por meio de experiências como a utilizada de base para esta dissertação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V.C; STACHAK, M. **A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em Física: Eletricidade.** XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física – Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) – Presidente Prudente/SP, 2005.

ARAÚJO, Mauro S.T. de; ABIB, Maria Lucia V. dos S. **Experimentação no ensino médio: novas possibilidades e tendências.** In: ABIB, M.L.S. et al. (Eds) ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VII, 2000, Florianópolis, Atas do evento. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2000.

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.

BORGES, O. **Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor!** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 135-142, 2006.

CHAVES, Alaor Silvério. **Física: Eletromagnetismo.** Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Ed., 2001.

CORDEIRO, Edson; ELERATI, Felipe; SAADE, Jamil; TAGLIATI, J.R. **Eletromagnetismo e Cotidiano.** 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/virtu/files/2010/04/artigo-2a9.pdf>. Acesso em 28 jun 2016.

DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto de Andrade. **Michael Faraday: O Caminho da Livraria à descoberta da Indução Eletromagnética.** Ciência e Educação, v. 10, nº 3, p. 517 a 530, 2004.

ESTEVIÃO, Vanks. **Eletromagnetismo.** 2010. Disponível em: <http://www.efeiujoule.com/2010/02/fisica-eletromagnetismo-vestibular.html>. Acesso em 01 jul 2016.

GOEKING, Weruska. **O descobrimento e o valor do eletromagnetismo.** A Revista. Edição 54, julho de 2010. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/409-o-descobrimto-e-o-valor-do-eletromagnetismo.html> Acesso em 05 jun 2016.

HALLIDAY, D., Resnick, R., Walker, J., **Fundamentos de Física**, v.3, 6 ed., LTC, Rio de Janeiro, 2002.

HALLIDAY, D., Resnick, R., Walker, J., **Fundamentos de Física.** LTC, Rio de Janeiro, 2009.

HEILBRON, J. L.; NOLLET, J. A. In: GILLISPIE, C. C. (Ed.). **Dicionário de biografia científica.** New York: Charles Scribner Sons, 1981.

HOME, Roderick W. **Franklin's electrical atmospheres.** British Journal for the History of Science 6: 131-151, 1972.

KALHIL, J.B. **Estratégia Pedagógica para el desarrollo de habilidades investigativas en la Disciplina Física de Ciências Técnicas.** Tese de Doutorado em Ciências Pedagógicas. Universidade de Havana, Havana, 2003.

KRASILCHIK, Myriam. **Reformas e Realidade: o caso do ensino das ciências.** São Paulo: Perspec. vol.14 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2000.

MARTINS, Vinicius. **História do Eletromagnetismo.** 2003. Disponível em: [http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem1\\_2003/992558ViniciusIsola-RMartins\\_F809\\_RF09\\_0.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/992558ViniciusIsola-RMartins_F809_RF09_0.pdf). Acesso em 27 jun 2016.

MAXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física.** Volume 3. São Paulo: Scipione, 2010.

MESEGUER DUEÑAS E MAS ESTELLÉS (1994). **Experiências de cátedra em las clases de física de primer curso de escuelas técnicas.** Enseñanza de las ciencias, 12(3), pp.381-391. Citado por GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Casto. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky.** 2005.

MÍNGUEZ, Agustín. **Medidores de energia ativa: funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e análise das fraudes mais comuns.** Dissertação, 2007.

MORETTO, Vasco Pedro. **PROVA um momento privilegiado de estudo não um acerto de contas.** 5 ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.

NOLLET, Jean Antoine. **Essai sur l'électricité des corps.** Paris: Chez les freres Guerin, 1753.

NOVAK, Miguel A. **Introdução ao Magnetismo.** 2007. Disponível em: <http://www.cbpf.br/~labmag/miguel.pdf>. Acesso em 28 jun 2016.

OLIVEIRA; José Vanderlan L.; BARROS, Adriano Trindade de; ARAÚJO, Janduy Guerra de. **Aplicação da física experimental na escola estadual de ensino fundamental e médio José Gonçalves de Queiroz.** Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia UEPB, 2014.

PIETROCOLA, Maurício. **Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo.** In: \_\_\_\_\_ (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: EDUFSC, 2001.

PIMENTEL, Jorge Roberto. **Demonstre em aula: Correntes de Foucault exploradas com um disco rígido de computador.** 2008. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165972.pdf>. Acesso em 22 mai 2016.

REZENDE, Flavia; OSTERMANN, Fernanda; FERRAZ, Grace. **Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI.** Revista Brasileira de Ensino da Física. vol.31, nº.1. São Paulo: Abril de 2009.

RIBEIRO, José Edmar. **Sobre a força de Lorentz, os Conceitos de Campo e a “Essência” do Eletromagnetismo Clássico.** Dissertação de Mestrado: USP, 2008.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. **Ensino de Física: objetivos e imposições no Ensino Médio.** Revista Electronica de Ensenanza de las Ciências vol. 4, nº 1. 2005.

SANTOS, J. C. S.; GOMES, A. A. G.; PRAXEDES, A. P. P. **O ensino de física: da metodologia de ensino às condições de aprendizagem.** Universidade Federal de Alagoas. 2013. Disponível em: < <http://dmd2.webfaccional.com/media/anais/ENSINO-DA-FISICA.pdf>> acesso em 08 de jun. 2016.

SERWAY, Raymond A. **Princípios da Física – Eletromagnetismo.** Vol. I. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

SILVA, Débora. **(Corrente de Foucault)** 2012. Disponível em: <http://www.estudopratico.com.br/corrente-de-foucault-historico-e-o-que-ocorre-nela/>. Acesso em: 10 mai 2016.

SILVA, Domiciano Correa Marques Da. ("**Experimento de Oersted**"); *Brasil Escola*. 2002. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-oersted.htm>>. Acesso em 05 de abr 2016.

SILVA, João Freitas da. **(Faraday, Lenz, Neumann: Conheça algumas leis do eletromagnetismo)** 2008. Disponível em: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/faradaylenzneumannconhecaalgumasleisdoeletromagnetismo.html>. Acesso em: 10 mai 2016.

TERRAZAN, Eduardo A.; HERNANDES, C. L.; CLEMENT, L. **Uma Atividade Experimental Investigativa de Roteiro Aberto Partindo de Situações do Cotidiano.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – EPEF, VIII, 2002, Águas de Lindóia, São Paulo: SBF, junho 2002.

VYGOTSKI, L.S. (1991). **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKI, L.S. (1991). **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WHITTAKER, E. **A history of the theories of aether and electricity.** New York: Humanities Press, 1973.

## ANEXOS

## ANEXO A

 <p><b>MNPEF</b> Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	<p><b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA - UFRR</b> <b>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA – SBF</b> <b>MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO</b> <b>DE FÍSICA</b> <b>POLO 38 UFRR- CAMPUS UFRR/PARICARANA</b></p>	 <p><b>SBF</b> SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA</p>
<b>DADOS DE IDENTIFICAÇÃO</b>		
<p><b>Título do projeto:</b> Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault.</p> <p><b>Área do projeto:</b> Ciências da Natureza e suas Tecnologias/Linguagem, Códigos e suas Tecnologias.</p> <p><b>Disciplina:</b> Física</p> <p><b>Categoria do projeto:</b> Ensino Médio- 3º ano</p> <p><b>Data da culminância:</b> Previsto para março de 2016.</p>		
<p><b>Introdução</b></p> <p>A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, 1996), em seu artigo 22, estabelece o Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, definindo-a como a conclusão de um período de escolarização de caráter geral. A identidade do Ensino Médio, por sua vez, passa pela superação do dualismo entre ser preparatório para o Ensino Superior, propedêutico, ou ser profissionalizante; requer que seja capaz de articular as dimensões trabalho, ciência, tecnologia e cultura na perspectiva da emancipação humana, de forma igualitária para todos os cidadãos.</p> <p>Os baixos índices de aprendizagem e de conclusão escolar, escassez de professores, especialmente em disciplinas como Química, Física e Matemática, além de um currículo pouco inovador para os alunos, fez o Ministério da Educação lançar o Programa Ensino Médio Inovador, com clara expectativas de induzir mudanças curriculares no Ensino Médio.</p> <p>É com essa abordagem, que os professores que compõem esse projeto pretendem se organizar curricularmente, numa articulação experimental nas turmas de 3º anos do turno vespertino na Escola Estadual Presidente Tancredo Neves, a partir das inter-relações entre os eixos constituintes do Ensino Médio: o trabalho, a ciência, a tecnologia e a cultura.</p>		

O projeto aqui apresentado tem a seguinte abordagem, os alunos que integram essas turmas acima citadas, irão realizar a produção prática de uma atividade experimental em Física. Tendo o cuidado de desenvolver uma fundamentação histórica acerca do experimento. Mostrando os objetivos a serem alcançados.

Fazendo uso das palavras do **Professor Mozart Neves Ramos**<sup>1</sup> dizemos que - *“Assim como o Ensino Médio Inovador, esperamos contribuir para o enfretamento da tensão dialética entre pensamento científico e pensamento técnico, entre trabalho intelectual e trabalho manual, na busca de outras relações entre teoria e prática, visando instaurar outros modos de organização e delimitação dos conhecimentos..., a partir das inter-relações existentes entre os eixos constituintes do Ensino Médio: o trabalho, a ciência, a tecnologia e a cultura, tendo o trabalho como princípio educativo”*.

Segundo o Professor Ramos, *“é preciso que o professor seja capaz de promover a curiosidade pelo inusitado e pelo espírito inventivo. É nesse contexto que se insere a importância da pesquisa científica associada à atividade de iniciação científica”*.

A Física é uma ciência experimental, e devemos levar isto em conta ao planejamento, onde o aluno possa realizar essas atividades recolhidas da vivência cotidiana. O estudo e a compreensão dos conteúdos de determinado tema são o fator que permite, a nosso ver, a formação do campo conceitual necessário à interpretação significativa dos fenômenos físicos. E não muito distante, a Física facilmente será compreendida se o aluno possuir habilidades cognitivas de observação, no registro e na interpretação dessas ocorrências em diversas áreas. A estruturação da sociedade moderna tornou o mundo um sistema complexo, onde se entrelaçam o cultural, o social, o econômico, o político, o religioso etc. Dessa maneira, os conhecimentos oriundos das ciências, da tecnologia, das humanidades, entre outros, têm papel de destaque.

Então como realizar o convencimento para com nossos alunos da importância dos conteúdos que pretendemos ensinar? Como ligar os problemas sociais vivenciados pelos alunos a disciplina de física ensinada em sala de aula?

Parte dessa dificuldade reside no fato de o currículo escolar se organizar em disciplinas compartimentadas. Na verdade, os conteúdos ensinados nas diferentes disciplinas estão demasiadamente marcados por idealizações, simplificações e restrições. Isso dificulta sua aplicação no momento de lidar com a diversidade e a complexidade do mundo. Com isso, a escola tem sofrido a crítica constante de não ser capaz de tratar o mundo cotidiano dos alunos.

Foi nesse pensamento, que idealizamos este projeto, como forma estratégica metodológica capaz de tratar situações ligadas ao mundo vivencial dos alunos. A ideia é interagir todos os aspectos da situação a ser estudada em representações que deem conta de sua complexidade. Então, propomos este projeto onde o aluno saiba cruzar saberes provenientes de muitas disciplinas e conhecimentos da vida cotidiana. Seu

valor e sua eficiência estão vinculadas à contribuição que se possa dar para a solução de um problema bem determinado.

Diante disto, o problema central de nosso projeto é tratar a dimensão empírica no ensino de Física, no que diz respeito a observação das correntes de Foucault e sua aplicação no dia a dia. Dentro dessa concepção, verificamos que a construção experimental é importante, pois permite compreender as condições iniciais, as tecnologias, as noções culturais e econômicas para agir diante delas. E, é notório o desenvolvimento de nossos alunos, o aprendizado se torna mais eficaz e satisfatório.

*<sup>1</sup>Professor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e membro do Conselho Nacional de Educação do Ministério da Educação (CNE-MEC), em entrevista concedida por e-mail em 17 de fevereiro de 2010.*

### **Fundamentação Teórica**

Para fundamentar nosso projeto iremos esboçar a ideia de indução, lei de Faraday, Lei de Lenz, e por fim corrente de Foucault.

Indução Magnética ou lei da Indução foi definida por Faraday que aproximou um ímã permanente cilíndrico de um solenóide ligado a um galvanômetro. Quando a barra era introduzida no solenóide, o galvanômetro acusava a passagem da corrente. Quando era removida, produzia-se uma corrente em sentido oposto. Logo Faraday percebeu que um efeito se produzia quando o solenóide era aproximado ou afastado do ímã, ficando este em repouso: a indução de corrente dependia apenas do movimento relativo entre o ímã e a bobina, resultando numa variação do campo magnético que a atravessa. Matematicamente:

Partindo da ideia do fluxo magnético

$\Phi_c = \int_S B \cdot dS = \int_S B \cdot n \, dS$ , onde S é qualquer superfície de contorno C, orientada.

Seja R a resistência da espira C. Logo, podemos enunciar a Lei de Faraday em termos da corrente i induzida em C quando  $\Phi_c$  varia com o tempo:

$$i = \frac{-1}{R} \frac{d\Phi_c}{dt}$$

A existência dessa corrente na espira está associada, como sabemos, a uma fem (força eletromotriz)  $\mathcal{E}$  dada por

$$\mathcal{E} = Ri = -\frac{d\Phi_c}{dt}$$

A corrente induzida só existe enquanto há variação do fluxo, chamado fluxo indutor.

Lei de Lenz que interpreta o sinal negativo na lei de Faraday, proposto pelo físico Heinrich Lenz aponta que a corrente induzida tem sentido oposto à variação de campo magnético que a gera devido:

- ✓ A diminuição do fluxo magnético, a corrente induzida irá criar um campo magnético com o mesmo sentido do fluxo;
- ✓ Ou ao aumento do fluxo magnético, a corrente induzida irá criar um campo magnético com sentido oposto ao sentido do fluxo.

O sentido da corrente induzida é aquele que tende a se opor à variação do fluxo através da espira.

Para as correntes de Foucault acontecerem deve haver a variação no campo magnético, correntes induzidas se movimentam no sentido contrário.

Devido à suas dimensões consideráveis, a superfície sofre dissipação de energia por efeito Joule, causando grande aumento de temperatura, o que torna possível utilizar estas correntes como aquecedores, por exemplo, em um forno de indução, que têm a passagem de correntes de Foucault como princípio de funcionamento.

Em circuitos eletrônicos, onde a dissipação por efeito Joule é altamente indesejável, pois pode danificar seus componentes. É frequente a utilização de materiais laminados ou formados por pequenas placas isoladas entre si, a fim de diminuir a dissipação de energia.

### **Objetivo Geral**

- ✓ Comprovar as correntes de Foucault em um freio magnético.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Trazer para discussão a criação de pontes entre teoria e a prática;
- ✓ Compreender o que são as correntes de Foucault;
- ✓ Analisar porque ocorre a influência das correntes de Foucault;
- ✓ Verificar a utilização das correntes de Foucault no dia a dia.

### **Justificativa**

Devido ao estudo da indução magnética, especificamente Lei de Faraday, Lei de Lenz e correntes de Foucault, na série final do Ensino Médio e a verificação dos baixos índices de aprovação, bem como a preocupação quanto ao desenvolvimento social, cultural, econômico, científico, religioso etc., como também pela diversidade e complexidade do mundo cotidiano do aluno em relacionar os conteúdos abordados na Física, fez-se necessário realizar uma pesquisa investigatória, onde trouxe a discussão os elementos principais que possibilitam o ensino por projetos experimentais como uma estratégia metodológica capaz de tratar situações ligadas ao mundo vivencial dos alunos. Trazendo consigo eficácia na aquisição de conhecimentos pelos mesmos.

### **Metodologia**

Este projeto fundamenta-se inicialmente no estudo da Lei de Faraday e Lei de Lenz. Sendo realizado na Escola Estadual Presidente Tancredo Neves na terceira série do Ensino Médio. O projeto será realizado em três etapas. Sendo a primeira através de um questionário investigativo o qual será apresentado aos alunos antes da realização do experimento, a fim de avaliar o conhecimento prévio de cada um. Na segunda etapa os grupos já formados realizarão encontro na escola para a confecção do experimento, o qual será feito com materiais de baixo custo, com o intuito de não trazer gastos para os alunos. Após montado e explicado o experimento, será analisado os fenômenos físicos nele contido. E em um terceiro momento será aplicado novamente um questionário para verificar se houve contribuição na aprendizagem dos alunos. Tendo sido avaliados com aspectos atitudinais (relacionamento e colaboração com o grupo e

desenvolvimento de trabalho, além do cumprimento dos prazos) e conceituais (participação nas atividades de discussão da leitura, na apresentação e no fechamento do projeto).

**Materiais:**

Serão necessários:

- Uma base de madeira;
- Canos de PVC de 20;
- Joelhos de PVC de 20;
- T de PVC de 20;
- 4 ímãs de ferrite;
- Fios de cobre;
- Placas de alumínio;
- Parafusos;
- Cerrote;
- Pregos;
- Tinta para madeira.

**Cronograma**

	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Levantamento bibliográfico	X				
Pressupostos teóricos	X				
Procedimentos da pesquisa		X	X		
Procedimentos da Análise			X		
Conclusão				X	
Revisão, digitação, capa.					X
Culminância					X

**Referência Bibliográfica**

Livros:

- Curso de Física, volume 3/ MÁXIMO, Antônio e ALVARENGA, Beatriz – 1ª ed. – São Paulo; Scipione, 2010. (Coleção curso de física)
- Fundamentos da Física, volume 3/ HALLIDAY, David e RESNICK, Robert e WALKER, Jearl – 6ª ed. – Rio de Janeiro; LTC, 2002. (Coleção Fundamentos da Física).
- Física, volume 3/ HELOU, Ricardo e BISCUOLA, Gualter e VILLAS, Newton – 1ª ed. – São Paulo; Saraiva, 2010. (Coleção Física)
- Física, 3º ano: ensino médio/ Vários autores – 1ª ed. – São Paulo; PD, 2010. (Coleção quanta física).

- Conexões com a Física, volume 3/ SANT'ANNA, Blaidi e MARTINI, Gloria e REIS, Hugo e SPINELLI, Walter – 1ª ed. – São Paulo; Moderna, 2010. (Coleção conexões com a Física)
- Física em contextos pessoal, social e histórico, volume 3/ PIETROCOLA, Mauricio e POGIBIN, Alexander e ANDRADE, Renata e ROMERO, Talita – 1ª ed. – São Paulo; FTD, 2010. (Coleção Física em contextos)
- Física para o ensino médio, volume 3/ YAMAMOTO, Kazuhito e FUKU, Luis – 1ª ed. – São Paulo; Saraiva, 2010. (Coleção Física para o ensino médio)
- Convite à Física, volume único/ BEN-DOV, Yoav – Projeto FNDE – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1996.
- Ciências: desafio e dilemas, volume único/ ANGELO, Claudio – São Paulo: Editora Salesiana.
- Curso de Física Básica, volume 3/ NUSSENZVEIG, H. Moysés – 1ª ed. – São Paulo: Blucher, 1997.

Internet:

- A Pedagogia de projetos: o novo olhar na aprendizagem. Disponível em: [www.meuartigobrasilecola.com/educaçao/a-pedagogiaprojetos-novo-olhar-na-aprendizagem.htm](http://www.meuartigobrasilecola.com/educaçao/a-pedagogiaprojetos-novo-olhar-na-aprendizagem.htm). Acesso em: janeiro de 2016.
- Como montar um projeto. Disponível em: [www.educacional.com.br/projetos/comomontar.asp](http://www.educacional.com.br/projetos/comomontar.asp). Acesso: janeiro de 2016.
- Trabalhando com projetos. Disponível em: [www.tvebrasil.com.br/salto/boletins2002/cp/texto1.htm](http://www.tvebrasil.com.br/salto/boletins2002/cp/texto1.htm). Acesso: janeiro de 2016.
- Formação de formadores, transdisciplinaridade e tecnologia: uma utopia? In: FRIAÇA, Amâncio (Org.). Educação e transdisciplinaridade. São Paulo: Triom, 2005, v. III, p. 415-32.

Portal: Só Física. Disponível em: [www.sofisica.com](http://www.sofisica.com). Acesso: janeiro de 2016.

**Nome dos Professores Orientadores**

Eliel Eleuterio Farias - Possui graduação, Mestrado e Doutorado em Física pela Universidade Federal Fluminense.

Vanici Pereira Martins Barreto – Possui graduação em Física, Especialização em Mídias na Educação, Mestranda em Ensino de Física pela Universidade Federal de Roraima.

Boa Vista, RR

de

de 2016.

---

Vanici Pereira Martins Barreto

**ANEXO B**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – PÓLO 38

**QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO**

Questionário investigativo realizado com alunos da terceira série do Ensino Médio da Escola Estadual Presidente Tancredo Neves, em Boa Vista-RR, sob a supervisão da professora de Física Vanici Pereira Martins Barreto.

- 1) No seu entendimento qual a melhor explicação para o conceito de campo magnético:**
  - a) É a região do espaço na qual se realiza a interação magnética entre dois objetos que apresentam propriedades magnéticas.
  - b) Região que fica no meio de dois ímãs quando colocados um próximo do outro
  - c) É a atração de objetos
  - d) É a repulsão de objetos
  
- 2) Faraday verificou a f.e.m. Induzida em diversas experiências, constatando a variação do fluxo magnético no circuito. Baseado em seus conhecimentos assinale a alternativa que caracteriza o fluxo magnético:**
  - a) É o campo magnético do ímã.
  - b) É a quantidade de campo magnético que passa em uma determinada área do ímã.
  - c) É a rapidez com que os corpos são atraídos.
  - d) É a quantidade de ímã que será usado.

**3) Em que consiste a indução eletromagnética:**

- a) Consiste no aparecimento de uma corrente elétrica em virtude da variação do fluxo magnético perto de um condutor.
- b) Consiste no aumento de temperatura do corpo quando este é colocado na presença de um campo magnético.
- c) Consiste no surgimento de um campo eletromagnético.
- d) Consiste no surgimento de cargas elétricas.

**4) Ao estudarmos as correntes de Foucault, compreendemos a corrente elétrica induzida no interior de um material condutor, por meio de um campo magnético. Assim, quais dos cientistas abaixo contribuíram para a lei da indução magnética?**

- a) Oersted e Faraday
- b) Lenz e Oersted
- c) Faraday e Lenz
- d) Àmpere e Oersted

**5) Os experimentos de Lenz demonstram o sentido da corrente induzida quando certos materiais são colocados na presença de ímãs. O que acontecerá se aumentarmos o fluxo magnético nesses materiais?**

- a) O sentido da corrente será contrário ao campo magnético.
- b) O sentido da corrente será o mesmo do campo magnético.
- c) O sentido da corrente não sofrerá alteração.
- d) O sentido da corrente depende do material.

**6) Quais materiais não serão atraídos pelos ímãs?**

- a) Alumínio e ferro.
- b) Ferro e cobre.
- c) Alumínio e cobre.
- d) Prata e níquel.

**7) Sabemos que existem materiais que podem ou não serem atraídos por ímãs. E essas substâncias são denominadas ferromagnéticas, paramagnéticas e diamagnéticas. Baseando-se nisso identifique o que são substâncias ferromagnéticas:**

- a) São substâncias que colocadas na presença de um ímã se magnetizam fortemente.
- b) São substâncias que colocadas na presença de um ímã, se magnetizam muito fracamente.
- c) São substâncias que colocadas na presença de um ímã, se magnetizam muito devagar.
- d) São substâncias que na presença ou na ausência de ímãs se magnetizam facilmente.

**8) Ainda relacionando com a questão anterior, identifique o que são substâncias paramagnéticas:**

- a) São substâncias que colocadas na presença de um ímã se magnetizam fortemente.
- b) São substâncias que colocadas na presença de um ímã, se magnetizam muito fracamente.
- c) São substâncias que colocadas na presença de um ímã, se magnetizam muito devagar.
- d) São substâncias que na presença ou na ausência de ímãs se magnetizam facilmente.

**9) Dentro do conhecimento de eletromagnetismo podemos identificar as correntes induzidas. Assim, assinale a alternativa que identifica a presença dessas correntes:**

- a) Quando tivermos materiais condutores.
- b) Quando permanecer o mesmo fluxo magnético.
- c) Quando tivermos ímãs super potentes.
- d) Quando variar o fluxo magnético.

**10) Sabemos que as correntes induzidas surgem em condutores devido à variação do fluxo do campo magnético sendo denominadas correntes de Foucault, devido a sua característica particular, como também são conhecidas?**

- a) Ligeiras
- b) Constantes
- c) Lentas
- d) Parasitas

## ANEXO C

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE (Pais ou responsáveis)

#### **“Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault.”**

Declaro que fui satisfatoriamente esclarecido pela pesquisadora Vanici Pereira Martins Barreto em relação a participação do meu (minha) filho(a), no projeto de pesquisa intitulado “*Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault*”, cujo objetivo é estudar as correntes de Foucault. Os dados serão coletados através de um questionário investigativo o qual será apresentado aos alunos antes da realização do experimento, a fim de avaliar o conhecimento prévio de cada um. Após, será montado e explicado o experimento e os fenômenos físicos nele contido. E em um terceiro momento será aplicado novamente um questionário. No entanto, essa pesquisa pode trazer algum desconforto ou até mesmo riscos mínimos como, por exemplo, constrangimento perante os colegas da turma ou pequenos ferimentos na hora de montar o experimento, como, por exemplo, ao serrar uma madeira, para isso faz-se necessário o auxílio da professora na hora de qualquer manuseio com material cortante ou desse tipo. Mas também como toda pesquisa tem-se como retorno alguns benefícios, sejam eles a curto ou longo prazo. Podemos citar aqui a melhora na concepção dos fenômenos físicos quanto às correntes de Foucault, enfatizando o funcionamento dos freios magnéticos em materiais ferromagnéticos, como por exemplo, o alumínio, além desse tipo de atividade permitir o crescimento investigativo de cada aluno.

Estou ciente e autorizo a realização dos procedimentos acima citados e a utilização dos dados originados destes procedimentos para fins didáticos e de divulgação em revistas científicas brasileiras ou estrangeiras contanto que seja mantido em sigilo informações relacionadas a privacidade do meu(minha) filho(a), bem como garantido meu direito de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de dúvidas acerca dos procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, além de que se cumpra a legislação em caso de dano. Caso haja algum efeito inesperado que possa prejudicar o estado de saúde físico e/ou

mental do meu (minha) filho(a), poderei entrar em contato com a pesquisadora responsável. É possível retirar o meu consentimento a qualquer hora e deixar de participar do estudo sem que isso traga qualquer prejuízo à minha pessoa. Desta forma, concordo voluntariamente e dou meu consentimento, sem ter sido submetido a qualquer tipo de pressão ou coação.

Eu, \_\_\_\_\_, após ter lido e entendido as informações e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo com a Professora Vanici Pereira Martins Barreto, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE, que o(a) meu(minha) filho(a), \_\_\_\_\_ participe do mesmo.

Boa Vista-RR, de \_\_\_\_\_ 2016.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pai ou Responsável

Eu, Vanici Pereira Martins Barreto, declaro que forneci todas as informações referentes a realização da pesquisa.

\_\_\_\_\_  
Assinatura da Pesquisadora Responsável

Para maiores esclarecimentos, entrar em contato com os pesquisadores nos endereços abaixo relacionados:

Nome:	Vanici Pereira Martins Barreto		
Endereço:	Universidade Federal de Roraima, Avenida Capitão Ene Garcez, 2413		
Bairro:	Aeroporto		
Cidade:	Boa Vista	UF: RR	
Fones:	99119-0304/ 3621-3139	e-mail: vanicipmb@ibest.com.br	

## ANEXO D

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE (Para alunos Maiores de 18 anos)

#### **“Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault.”**

Declaro que fui satisfatoriamente esclarecido pela pesquisadora Vanici Pereira Martins Barreto em relação a participação no projeto de pesquisa intitulado “*Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault*”, cujo objetivo é estudar as correntes de Foucault. Os dados serão coletados através de um questionário investigativo o qual será apresentado aos alunos antes da realização do experimento, a fim de avaliar o conhecimento prévio de cada um. Após, será montado e explicado o experimento e os fenômenos físicos nele contido. E em um terceiro momento será aplicado novamente um questionário. No entanto, essa pesquisa pode trazer algum desconforto ou até mesmo riscos mínimos como, por exemplo, constrangimento perante os colegas da turma ou pequenos ferimentos na hora de montar o experimento, como, por exemplo, ao serrar uma madeira, para isso faz-se necessário o auxílio da professora na hora de qualquer manuseio com material cortante ou desse tipo. Mas também como toda pesquisa tem-se como retorno alguns benefícios, sejam eles a curto ou longo prazo. Podemos citar aqui a melhora na concepção dos fenômenos físicos quanto às correntes de Foucault, enfatizando o funcionamento dos freios magnéticos em materiais ferromagnéticos, como por exemplo, o alumínio, além desse tipo de atividade permitir o crescimento investigativo de cada aluno.

Estou ciente e autorizo a realização dos procedimentos acima citados e a utilização dos dados originados destes procedimentos para fins didáticos e de divulgação em revistas científicas brasileiras ou estrangeiras contanto que seja mantido em sigilo informações relacionadas a privacidade, bem como garantido meu direito de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de dúvidas acerca dos procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, além de que se cumpra a legislação em caso de dano. Caso haja algum efeito inesperado que possa prejudicar o estado de saúde físico e/ou mental, poderei entrar em contato com a

pesquisadora responsável. É possível retirar o meu consentimento a qualquer hora e deixar de participar do estudo sem que isso traga qualquer prejuízo à minha pessoa. Desta forma, concordo voluntariamente e dou meu consentimento, sem ter sido submetido a qualquer tipo de pressão ou coação.

Eu, \_\_\_\_\_, após ter lido e entendido as informações e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo com a Professora Vanici Pereira Martins Barreto, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE, em participar do projeto de pesquisa acima citado.

Boa Vista-RR, de \_\_\_\_\_ 2016.

---

Assinatura do Participante da Pesquisa

Eu, Vanici Pereira Martins Barreto, declaro que forneci todas as informações referentes a realização da pesquisa.

---

Assinatura da Pesquisadora Responsável

Para maiores esclarecimentos, entrar em contato com os pesquisadores nos endereços abaixo relacionados:

Nome: Vanici Pereira Martins Barreto

Endereço: Universidade Federal de Roraima , Avenida Capitão Ene Garcez, 2413

Bairro: Aeroporto

Cidade: Boa Vista UF: RR

Fones: 99119-0304/ 3621-3139 e-mail: vanicipmb@ibest.com.br

## ANEXO E

### TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TALE (para alunos menores de 18 anos)

#### **“Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault.”**

Declaro que fui satisfatoriamente esclarecido pela pesquisadora Vanici Pereira Martins Barreto em relação a participação do meu (minha) filho(a), no projeto de pesquisa intitulado “*Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault*”, cujo objetivo é estudar as correntes de Foucault. Os dados serão coletados através de um questionário investigativo o qual será apresentado aos alunos antes da realização do experimento, a fim de avaliar o conhecimento prévio de cada um. Após, será montado e explicado o experimento e os fenômenos físicos nele contido. E em um terceiro momento será aplicado novamente um questionário. No entanto, essa pesquisa pode trazer algum desconforto ou até mesmo riscos mínimos como, por exemplo, constrangimento perante os colegas da turma ou pequenos ferimentos na hora de montar o experimento, como, por exemplo, ao serrar uma madeira, para isso faz-se necessário o auxílio da professora na hora de qualquer manuseio com material cortante ou desse tipo. Mas também como toda pesquisa tem como retorno alguns benefícios, sejam eles a curto ou longo prazo. Podemos citar aqui a melhora na concepção dos fenômenos físicos quanto às correntes de Foucault, enfatizando o funcionamento dos freios magnéticos em materiais ferromagnéticos, como por exemplo, o alumínio, além desse tipo de atividade permitir o crescimento investigativo de cada aluno.

Estou ciente e autorizo a realização dos procedimentos acima citados e a utilização dos dados originados destes procedimentos para fins didáticos e de divulgação em revistas científicas brasileiras ou estrangeiras contanto que seja mantido em sigilo informações relacionadas a privacidade do meu(minha) filho(a), bem como garantido meu direito de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de dúvidas acerca dos procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, além de que se cumpra a legislação em caso de dano. Caso haja algum efeito inesperado que possa prejudicar o estado de saúde físico e/ou

mental do meu (minha) filho(a), poderei entrar em contato com a pesquisadora responsável. É possível retirar o meu consentimento a qualquer hora e deixar de participar do estudo sem que isso traga qualquer prejuízo à minha pessoa. Desta forma, concordo voluntariamente e dou meu consentimento, sem ter sido submetido a qualquer tipo de pressão ou coação.

Eu, \_\_\_\_\_, após ter lido e entendido as informações e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo com a Professora Vanici Pereira Martins Barreto, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE, que o(a) meu(minha) filho(a), \_\_\_\_\_ participe do mesmo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante da Pesquisa

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pai ou responsável

Eu, Vanici Pereira Martins Barreto, declaro que forneci todas as informações referentes a realização da pesquisa.

\_\_\_\_\_  
Assinatura da Pesquisadora Responsável

Boa Vista-RR, de \_\_\_\_\_ 2016.

Para maiores esclarecimentos, entrar em contato com os pesquisadores nos endereços abaixo relacionados:

Nome: Vanici Pereira Martins Barreto

Endereço: Universidade Federal de Roraima , Avenida Capitão Ene Garcez, 2413

Bairro: Aeroporto

Cidade: Boa Vista UF: RR

Fones: 99119-0304/ 3621-3139 e-mail: vanicipmb@ibest.com.br

**ANEXO F**

## DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Boa Vista, 03 / Fevereiro / 2016.

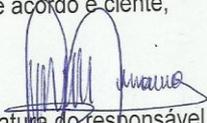
Senhora  
Ivete Souza da Silva  
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Roraima –  
CEP/UFRR

Prezada Senhora,

Eu, Mauro Cícero Rodrigues, declaro, a fim de viabilizar a execução do projeto de pesquisa intitulado “Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault”, sob a responsabilidade da pesquisadora Vanici Pereira Martins Barreto que a Escola Estadual Presidente Tancredo Neves, assume a responsabilidade de fazer cumprir os termos da Resolução nº 466/CNS/MS, de 12 de dezembro de 2012, e demais resoluções complementares à mesma (240/97, 251/97, 292/99, 304/2000, 340/2004, 346/2005, e 347/2005), viabilizando a produção de dados da pesquisa citada, para que se cumpram os objetivos do projeto apresentado.

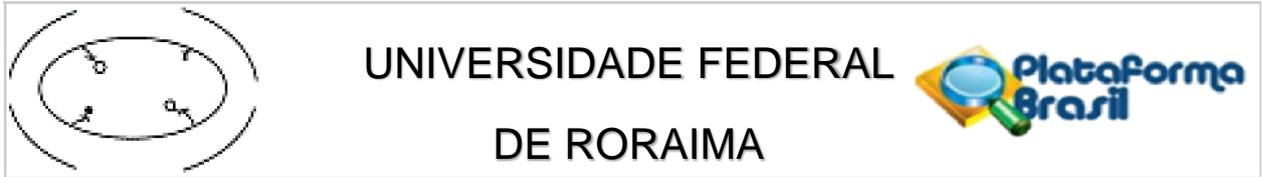
Esperamos, outrossim, que os resultados produzidos possam ser informados a esta instituição por meio de Relatório Semestral de Atividades enviado ao CEP.

De acordo e ciente,



Assinatura do responsável  
Mauro Cícero Rodrigues  
CPF: 225.188.512-91  
*Mauro Cícero Rodrigues*  
Gestor - Esc. Est. Pres. Tancredo Neves  
Doc. 236-P de 13/02/2015

## ANEXO G



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Uma abordagem experimental Física sobre freio magnético e corrente de Foucault.

**Pesquisador:** Vanici Pereira Martins Barreto

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 53505516.1.0000.5302

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Roraima – UFRR

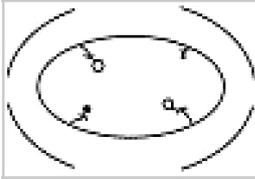
**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.440.612

**Apresentação do Projeto:**

O projeto de pesquisa pretende estudar as correntes de Foucault, e será desenvolvido na Escola Estadual Presidente Tancredo Neves, com alunos das turmas de terceira série do Ensino Médio. O projeto será realizado em três etapas, sendo que na primeira se aplicará um questionário investigativo, apresentando o projeto aos alunos antes da realização do experimento, a fim de avaliar o conhecimento prévio de cada aluno. Na segunda etapa, os grupos formados realizarão encontro na escola para a confecção do experimento, com materiais de baixo custo. Após montado o experimento, serão analisados os fenômenos físicos nele contido. E no terceiro momento, será aplicado um questionário para verificar a aprendizagem dos alunos.



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE RORAIMA



### **Objetivo da Pesquisa:**

Comprovar as correntes de Foucault em um freio magnético

### **Objetivos específicos:**

- Discutir conexões entre teoria e prática;
- Compreender as correntes de Foucault;
- Analisar a influência das correntes de Foucault;
- Verificar a utilização das correntes de Foucault no dia a dia.

### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Sobre riscos, a pesquisa pode trazer algum desconforto ou até mesmo riscos, mesmo que mínimo, por exemplo, constrangimento diante dos colegas da turma, ou pequenos ferimentos na hora de montar o experimento, como exemplo, ao serrar uma madeira. Assim, faz-se necessário o auxílio da professora na hora de qualquer manuseio com material cortante ou desse tipo.

Quanto aos benefícios, sejam eles a curto ou longo prazo, podemos citar a melhora na compreensão dos fenômenos físicos quanto às correntes de Foucault, enfatizando o funcionamento dos freios magnéticos em materiais ferromagnéticos, como exemplo, o alumínio.

### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Na metodologia de análise de dados, serão aplicados questionários, antes da realização do experimento e posterior, para analisar a evolução do conhecimento cognitivo adquirido.

### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A pesquisadora apresentou documentos conforme o protocolo de pesquisa, projeto detalhado, autorização da instituição, TALE\_MENOR, TCLE\_MAIOR\_DE\_18, TCLE\_PAIS.



### Recomendações:

Sugere-se aprovação do Colegiado.

### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto de pesquisa deve verificar as correntes de Foucault em um freio magnético.

### Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_658522.pdf	03/02/2016 00:15:16		Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	03/02/2016 00:13:05	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_Vanici.docx	02/02/2016 13:19:14	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito
Outros	Autorizacao_Escola.jpeg	02/02/2016 13:18:48	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito
Outros	QUESTIONARIO.docx	02/02/2016 13:14:55	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TALE_MENOR.docx	02/02/2016 13:10:18	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito
Justificativa de Ausência	TALE_MENOR.docx	02/02/2016 13:10:18	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MAIOR_DE_18.docx	02/02/2016 13:10:06	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_PAIS.doc	02/02/2016 13:09:48	Vanici Pereira Martins Barreto	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BOA VISTA, 07 de Março de 2016

---

**Assinado por:**  
**Ivete Souza da Silva**  
**(Coordenador)**