



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Escola de Ciências e Tecnologia - ECT
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
MNPEF - Pólo 51 Sociedade Brasileira de Física - SBF

Glauberto Gonzaga de Oliveira

**EXPERIMENTOS PORTÁTEIS PARA AULA SOBRE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA, GERADORES E MOTORES.**

NATAL - RN
ABRIL DE 2023

GLAUBERTO GONZAGA DE OLIVEIRA

**Experimentos Portáteis Para Aula Sobre Indução Eletromagnética,
Geradores e Motores.**

Dissertação apresentada ao Polo 51 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Chesman
Araújo Feitosa - UFRN

Coorientador:

NATAL - RN
ABRIL DE 2023

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Ronaldo Xavier de Arruda - CCET

Oliveira, Glauberto Gonzaga de.

Experimentos portáteis para aula sobre indução
eletromagnética, geradores e motores / Glauberto Gonzaga de
Oliveira. - 2023.

132 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do
Norte, Escola de Ciência e Tecnologia, Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física. Natal, RN, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Chesman.

1. Física - Dissertação. 2. Experimento portátil - Dissertação.
3. Sequência didática - Dissertação. 4. Geradores e motores -
Dissertação. I. Chesman, Carlos. II. Título.

RN/UF/CCET

CDU 53(043.3)

GLAUBERTO GONZAGA DE OLIVEIRA

**Experimentos Portáteis Para Aula Sobre Indução Eletromagnética,
Geradores e Motores.**

Dissertação apresentada ao Polo
51 do Programa de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino
de Física da Universidade Federal
do Rio Grande do Norte - UFRN
como requisito parcial à obtenção
do título de Mestre em Ensino de
Física.

Aprovada em (dia) de (mês) de (ano).

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor Carlos Chesman de Araujo Feitosa
Orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Doutora Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares
Examinadora Externa à Instituição
Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Professor Doutor Alexsandro Pereira de Lima
Examinador Interno
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

NATAL - RN
ABRIL DE 2023

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, João Alves de Oliveira e Doralice Gonzaga de Oliveira por dedicarem grande parte de suas vidas para o meu crescimento educacional e profissional.

Aos meus professores desde o ensino fundamental até a minha graduação em Física pela UEPB.

A minha namorada por ter quebrado meu micro-ondas, pois foi a partir deste momento que me incentivou a explorar possibilidades de ideias para serem utilizadas em aulas mais dinâmicas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Chesman de Araújo Feitosa, por toda sua atenção, dedicação e esforços para conclusão desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Alexsandro Pereira Lima, pelo seu apoio na construção desta proposta, contribuindo para que esse trabalho tivesse o seu sucesso.

Todos os professores do MNPEF polo UFRN - CCT, que dedicaram parte de suas vidas em apoiar juntos com a Sociedade Brasileira de Física o avanço profissional e conseqüentemente melhorias no nível da educação pública de todo o país.

Aos alunos que ao participarem das atividades, contribuíram com essa conquista.

Aos meus colegas do MNPEF por engrandecer minha visão de professor, nas nossas discussões.

A CAPES por sua parceria com diversas instituições de Ensino Superior, buscando qualificar os professores das redes públicas estaduais, procurando melhorar a educação do país; por possibilitar o desenvolvimento e a aplicação do MNPEF no campus da UFRN.

RESUMO

EXPERIMENTOS PORTÁTEIS PARA AULA SOBRE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA, GERADORES E MOTORES.

Neste trabalho, apresentamos experimentos portáteis com o intuito de abordar os conceitos da indução eletromagnética com alunos do Ensino Básico. Os materiais utilizados para a realização dos experimentos são de fácil aquisição e o conjunto deles pode ser adquirido na forma de um kit, facilmente transportável. A proposta é que os alunos aprendessem os conceitos por meio de discussão em sala e da execução de experimentos. Para isso, foi dado maior destaque às aulas interativas em detrimento das expositivas. Assim, nos inspiramos na Metodologia ISLE desenvolvida pelo grupo da Universidade de Rutgers, liderado pela professora Eugenia Etkina. A fundamentação dessa proposta foi a de que os alunos estudassem e aprendessem os conceitos físicos de forma semelhante à forma que os cientistas trabalham para construir o conhecimento científico. Tal metodologia foi denominada “*Investigative Science Learning Environment*” (ISLE). Desta feita, os alunos foram apresentados ao método científico, ainda no Ensino Médio, de forma concreta, em que a observação, a proposição e a refutação de hipóteses são fundamentais para a criação de um modelo para o fenômeno físico estudado. Para avaliar a metodologia e os experimentos portáteis, apresentamos uma proposta de sequência didática a ser aplicada em uma turma da terceira série do Ensino Médio.

Palavras-chave: Experimento Portátil, Sequência Didática, Geradores e Motores.

ABSTRACT

PORTABLE EXPERIMENTS FOR CLASS ON ELECTROMAGNETIC INDUCTION, GENERATORS AND MOTORS.

In this work we presented a portable experiments in order to approach the concepts of electromagnetic induction to Basic Education students. The materials used to perform the experiments are easy to acquire, and the set of them can be purchased in the form of an experimental kit, easily transportable. The proposal is that students learned the concepts through classroom discussion and the execution of experiments, with greater emphasis on interactive classes over lectures. For this, we were inspired by the Methodology ISLE developed by the group from Rutgers University, led by Professor Eugenia Etkina. The foundation of this proposal is that students studied and learned physical concepts similar way scientists work to setup scientific knowledge. Such methodology is called "Investigative Science Learning Environment" (ISLE). In this method, students were introduced to the scientific method, in high school, in a concrete way where observation, proposition and refutation of hypotheses are fundamental for creating a model for the physical phenomenon studied. To evaluate the methodology and use of the portable experiment, we presented a proposal for a didactic sequence to be applied to a twelve-year high school class.

Keywords: Portable Experiment, Following teaching, Generators and Engines.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Ciclo ou diagrama de bloco do ISLE. O início é uma observação ou uma experimentação, seguindo-se a construção de conceitos de Física e desenvolvendo habilidades de aprendizagem da Ciência, simulando os processos que os físicos usam para construir conhecimento. Por fim, chega-se às aplicações tecnológicas.....03
- Figura 2- Ilustra um fio condutor sendo percorrido por uma corrente elétrica e esticado entre as mãos do operador, abaixo do fio encontra-se uma agulha imantada que devido à corrente elétrica sofrerá um giro.....20
- Figura 3- O galvanômetro G quando o ímã está se movendo em relação à espira, indicando que há uma corrente na espira.....22
- Figura 4- O galvanômetro G deflete momentaneamente assim que a chave S é fechada ou aberta. Nenhum movimento relativo das bobinas está envolvido ..23
- Figura 5- (a) Uma superfície plana de área A limitada por uma espira condutora. O sentido positivo do elemento de superfície S é dado pela regra da mão direita. (b) Um campo magnético uniforme atravessa, agora, a espira; o fluxo magnético através da espira é positivo (c). O módulo do campo magnético aumenta com tempo. A **fem** induzida está no sentido mostrado, oposto ao sentido dado pelos dedos em (a).....27
- Figura 6- Ao se aproximar o ímã da espira, a corrente induzida aponta no sentido indicado, criando um campo magnético que se opõe ao movimento do ímã29
- Figura 7- Ao se aproximar o ímã da espira, aumentamos o fluxo magnético através da espira. A corrente induzida na espira aponta no sentido indicado, criando um campo magnético que se opõe ao aumento do fluxo.....29
- Figura 8- Utilizando a regra da mão direita na relação entre corrente elétrica induzida **i** ao campo magnético **Bi** que ela produz quando o campo magnético externo através da espira aumenta (a, c) ou diminui (b, d).....30
- Figura 9- Uma espira de formato retangular condutora fechada sendo puxada para fora de um campo magnético com velocidade **v** escalar constante. Enquanto a bobina está se movendo, uma corrente elétrica induzida, no sentido horário, aparece na espira. Energia térmica aparece na espira a uma taxa igual **J** com que o trabalho mecânico é realizado sobre a espira32

Figura 10- (a) Quando o campo magnético aumenta numa taxa constante, uma corrente induzida constante aparece, como é mostrada, no anel de cobre de raio 'r'. (b) Campos elétricos induzidos aparecem em vários pontos mesmo quando o anel é removido. (c) A figura completa dos campos elétricos induzidos, indicados pelas linhas de campo. (d) Quatro caminhos fechados semelhantes que delimitam áreas idênticas. **Fems** iguais são induzidas em torno dos caminhos '1' e '2' que estão inteiramente dentro da região de campo magnético variável. Uma fem menor é induzida em torno do caminho '3', que está parcialmente dentro daquela região. Nenhuma **fem** é induzida em torno do caminho '4', que está completamente fora do campo magnético36

Figura 11- Imagem de uma esfera de volume v com uma carga elétrica localizada no seu centro e com linhas de campo elétrico saindo dela.....41

Figura 12- Fotografia com todos os materiais do experimento dentro e fora do caixote. À esquerda, todos os materiais dentro do pequeno caixote portátil. No centro, a bobina ligada ao multímetro digital com ímãs de diâmetro diferentes e a carcaça do mini gerador. À direita, a manivela de cano de PVC acoplada ao mini gerador que acende uma lâmpada residencial e um multímetro para medição da voltagem gerada44

Figura 13- Fotografia dos ímãs (cilíndrico menor diâmetro e o cilíndrico de maior diâmetro), e a carcaça do mini gerador, abaixo do multímetro, bobina (à esquerda na cor branca). Cabos ligam a bobina ao multímetro (na escala de 200 milivolts VDC), usados para observar o fenômeno da indução eletromagnética ao se aproximar os ímãs da bobina. Visualiza-se, por fim, a detecção com a variação dos dígitos do multímetro.....46

Figura 14- Fotografia com os materiais para demonstrar a geração de energia elétrica, manivela de cano de PVC, mini gerador, cabos com dois seguimentos (ligam o mini gerador a lâmpada e ao multímetro com o auxílio dos cabos do próprio aparelho), multímetro e lâmpada residencial tipo LED.....49

Figura 15- Nestas duas imagens é possível observar parte dos alunos participantes da proposta, formando equipes de dois ou três integrantes, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa e ouvindo a apresentação da ideia a ser trabalhada.....53

Figura 16- Imagem onde é possível observar parte dos alunos participantes da proposta, com equipes de dois ou três integrantes formadas, com o kit

composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa e ouvindo a apresentação da primeira parte do momento pedagógico da proposta a ser trabalhada.....	54
Figura 17- Nesta imagem visualizamos uma dupla formada por alunos participantes da proposta, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa, ouvindo as orientações de como conectar os terminais do tipo (Disconnect Engate fêmea).....	55
Figura 18 Em ambas as imagens, onde é possível observar duas duplas formadas por alunos participantes da proposta, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa, e conectando a manivela ao mini gerador de energia elétrica para observar a leitura obtida no multímetro ao girar a manivela	56
Figura 19- Observamos uma imagem formada por alunos participantes da proposta, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa, com a manivela conectada ao mini gerador de energia elétrica observando a geração de energia elétrica que acende a lâmpada LED conectada ao mesmo	56
Figura 20- As quatro imagens são do ambiente onde ocorriam os experimentos, com as luzes apagadas para observação da capacidade de geração de energia elétrica pelo mini gerador e a intensidade luminosa da lâmpada de LED.....	57
Figura 21- Temos duas imagens, em ambas os alunos fazem a montagem do motor de corrente contínua de escovas	58

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na primeira questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....59
- Gráfico 2- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na segunda questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....60
- Gráfico 3- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na terceira questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....61
- Gráfico 4- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na quarta questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....62
- Gráfico 5- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na quinta questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a

quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....63

Gráfico 6- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na sexta questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....64

Gráfico 7- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na sétima questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....65

Gráfico 8- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na oitava questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....66

Gráfico 9- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na nona questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....67

Gráfico 10- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na décima questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde

ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.....68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Correspondente às respostas da primeira etapa da avaliação, as alternativas identificadas pela cor Verde-água estão corretas e as identificadas pela cor Laranja estão incorretas.....53

Tabela 2 - Correspondente às respostas da segunda etapa da avaliação, após a conclusão das atividades experimentais, as alternativas identificadas pela cor Verde-água estão corretas e as identificadas pela cor Laranja estão incorretas58

Sumário

Capítulo 1 Introdução	01
Capítulo 2 Fundamentação Teórica	10
2.1 Novo olhar para os conceitos de aprender e ensinar	10
2.2 Como a aprendizagem significativa acontece	11
2.3 Diferença entre as aprendizagens	12
2.4 A importância da aprendizagem significativa	12
Capítulo 3 Indução Eletromagnética	19
3.1 Duas Experiências	21
3.1.1 Primeira Experiência	21
3.1.2 Segunda Experiência	22
3.2 Lei da Indução de Faraday	23
3.3 Lei de Lenz	28
3.3.1 Lei de Lenz e Conservação da Energia	31
3.4 Estudo Quantitativo da Indução	32
3.4.1 Taxa de Realização de Trabalho	3
3.5 Campos Elétricos Induzidos	36
3.5.1 Uma nova estruturação da Lei de Faraday	38
3.5.2 O Potencial Elétrico com um novo enfoque	39
Capítulo 4 Sequência Didática para o Experimento de Indução Magnética, Motores e Geradores	43
4.1 Materiais Usados no Experimento Portátil Proposto	43
4.2 Primeiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional	45
4.3 Segundo Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional	45
4.4 Terceiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional	48
Capítulo 5 Resultados e Discussão	51
5.1 Metodologia de aplicação das avaliações inicial e final	51
5.2 Resultados da Avaliação Inicial	52
5.3 Aplicação do Produto Educacional	54
5.4 Resultados da Avaliação Final	58

5.5 Comparação entre os resultados	59
Capítulo 6 Considerações Finais.....	70
Referências	74
Apêndice A Produto Educacional.....	77

1 Introdução

Esta proposta de atividade teve como finalidade apresentar os conceitos básicos da lei da indução eletromagnética e o funcionamento de motores e geradores de energia elétrica, para isto foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o tema e em seguida realizamos uma proposta de experimentos acompanhada de uma sequência didática para realização de tais experimentos.

Ensinar Física de maneira experimental em uma escola que não dispõe de equipamentos necessários, é um grande desafio. Desta forma, devemos propiciar aos estudantes, situações que causem interesse por esta área do conhecimento. Os Parâmetros Curriculares Nacionais [01] propõe:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.

A escolha deste tema ocorreu pelo fato do Eletromagnetismo está cada vez mais presente na vida das pessoas com a utilização dos geradores e motores de corrente alternada e a grande semelhança entre eles, tornando possível compreender o princípio de funcionamento de um grande número de dispositivos e equipamentos de uso no cotidiano que estão baseados na Lei da indução de Michael Faraday. A mesma diz que uma corrente elétrica era induzida em uma espira condutora quando esta se movia nas proximidades de um ímã.

O funcionamento de todos esses motores tem suas explicações nos experimentos feitos por Michael Faraday. Ele apresentou duas versões do que futuramente se denominaria de motor elétrico, capaz de produzir um movimento contínuo devido à ação de uma corrente elétrica; elas diferenciam-se por se estabelecer, ora um ímã permanente fixo com haste móvel, ora uma haste fixa com ímã móvel [02].

Seu trabalho também serviu de fonte de inspiração para que outros cientistas desenvolvessem seus projetos, modificando, assim, o que envolvia a

ciência, cuja era passou a ser chamada de Revolução Industrial, onde os campos experimentais influenciaram o surgimento de uma nova era na descoberta das ciências, cujo reconhecimento se deu a partir dos experimentos de eletromagnetismo e da descoberta de fontes de energia fósseis feitos por Faraday.

Os fenômenos magnéticos intrigaram os cientistas até tempos recentes, e o seu entendimento sempre foi um desafio. O magnetismo nos dias atuais é fundamental para o funcionamento de uma grande parte de dispositivos essenciais, tais como: transformadores, motores elétricos, computadores, rádios e televisões, assim como, as propriedades térmicas, elétricas e ópticas, as propriedades eletromagnéticas e cujo funcionamento destes equipamentos também estão relacionados ao comportamento dos elétrons.

Existem ímãs permanentes naturais, como as pedras de magnetita, e ímãs permanentes artificiais, como aqueles formados por ligas de ferro, níquel, cobalto, neodímio e outros elementos. Diferentemente dos permanentes, existem ímãs que podem ser ligados ou desligados conforme a necessidade: os eletroímãs.

É muito comum a aplicação de ímãs compostos por materiais magnéticos duros em motores elétricos, por serem muito superiores aos eletroímãs, já que são menores, seus campos são mantidos continuamente sem consumir energia elétrica e não geram calor na operação.

As aplicações desses motores costumam ser, em furadeiras, equipamentos automotivos como (motor de partida do carro, limpadores de para-brisa), ventiladores, gravadores de áudio, periféricos de computadores e relógios.

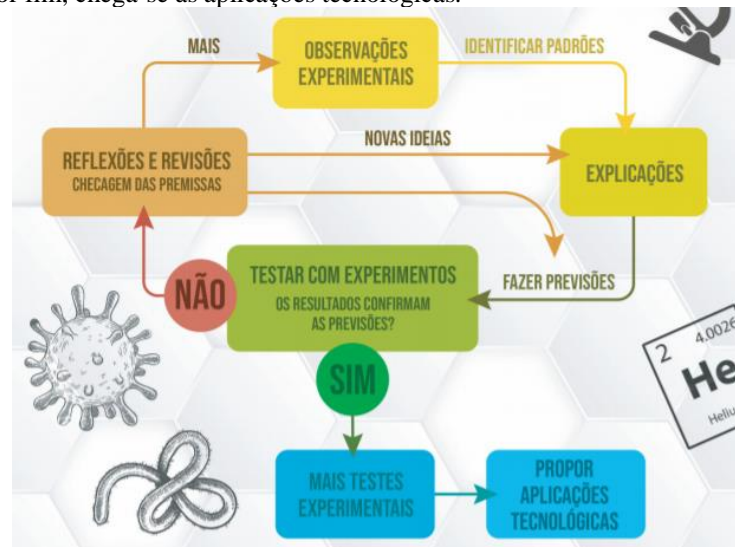
Com certeza a relação entre magnetismo e eletricidade, presente nos experimentos de Oersted, Faraday e Ampère, foi um grande ponto de virada para o entendimento entre os dois fenômenos.

O ferromagnetismo é a manifestação mais significativa das propriedades magnéticas e é característica de certos materiais metálicos que apresentam um momento magnético permanente, mesmo na ausência de um campo externo; e isso se deve aos momentos magnéticos atômicos devidos aos SPINS dos elétrons que não são cancelados em consequência da estrutura eletrônica.

Os caminhos seguidos por esta atividade visavam uma compreensão de maneira teórica e prática sobre a indução eletromagnética e o funcionamento de motores e geradores elétricos. Um deles é o Método ISLE denominado de Ambiente de Aprendizagem Científica Investigativa e o outro, é a atividade prática proposta em sala de aula seguindo o método de aprendizagem citado.

Um resumo da sequência do Método ISLE de Aprendizagem, pode ser observado em um diagrama de blocos a seguir, cuja descrição vem na sequência.

Figura 1 - Ciclo ou diagrama de bloco do ISLE. O início é uma observação ou uma experimentação, seguindo-se a construção de conceitos de Física e desenvolvendo habilidades de aprendizagem da Ciência, simulando os processos que os físicos usam para construir conhecimento. Por fim, chega-se às aplicações tecnológicas.



Fonte: Imagem do autor

O Ambiente de Aprendizagem Científica Investigativa, que a partir deste parágrafo será utilizado apenas a sigla ISLE, é composto por três componentes, o primeiro componente é um ciclo de raciocínio lógico que se repete a cada novo tópico aprendido.

A lógica de raciocínio é um casamento de raciocínio Indutivo e Hipotético-dedutivo: no Indutivo os experimentos observacionais forneceram aos alunos dados (e padrões) interessantes que precisaram ser explicados. Os alunos geraram várias explicações com base em conhecimento prévio e raciocínio analógico.

Já no raciocínio Hipotético-dedutivo levamos em consideração se esta

explicação estiver correta e eu fizer isso e aquilo (realizar um experimento de teste), então isso e aquilo deviam acontecer (previsão baseada na explicação). Mas não aconteceu, portanto, minha ideia não foi correta (julgamento). Ou aconteceu, portanto, minha ideia ainda não foi refutada (julgamento).

O segundo componente do ISLE é um conjunto de ferramentas representacionais que os alunos aprenderam a usar para viajar pelo ciclo do ISLE e resolver problemas do mundo real (aplicativos). Estes incluem: imagens, diagramas de movimento, diagramas de força, gráficos de barra de impulso-momento, diagramas de circuito elétrico, diagramas de raios, diagramas de frente de onda, etc.

O terceiro componente do ISLE é o desenvolvimento de um conjunto de habilidades científicas ou hábitos mentais científicos que permitiram aos alunos viajar pelo ciclo do ISLE e resolver problemas do mundo real (aplicações) pensando como um físico. Aqui está um exemplo de uma habilidade científica que os alunos desenvolveram com o ISLE: Os alunos foram capazes de identificar as suposições que estavam fazendo e como essas suposições afetaram o resultado. Observe que essa habilidade se aplicou a vários contextos.

As suposições foram feitas ao projetar um experimento de teste, podendo afetar o resultado desse experimento ou as conclusões tiradas do mesmo. Foram aplicadas ao conhecimento da Física para resolver um problema do mundo real (por exemplo, descobrir a que distância um projétil irá viajar). Estas suposições afetaram o resultado do cálculo quando comparado com o resultado real, ou seja, disparou o projétil e observou o quão longe ele realmente foi.

O conjunto completo de habilidades científicas e os múltiplos contextos em que ocorrem são codificados nas rubricas de habilidades científicas [03].

Quando os alunos aprendem Física, eles aprendem que devem jogar um jogo epistêmico. Os estudantes de física têm plena consciência de que precisam “jogar um jogo” quando estão aprendendo física. A questão é: que tipo de jogo queremos que eles joguem? A coisa mais essencial sobre o ISLE é que ele apresenta aos alunos um conjunto de regras para um jogo não ameaçador que os ajuda a construir suas identidades e habilidades como cientistas praticantes. E. Etkina, D. Brookes, A. Van Heuvelen [3]

Pretendíamos com esta atividade possibilitar para o aluno a importância

de um ambiente que não fosse hostil para o ensino de Física.

Um caminho instrucional mais prático em busca de uma mudança conceitual na Física foi partir da ideia de questionar os alunos na tentativa de fazê-los prever o que eles achavam que iria acontecer em um determinado cenário físico (por exemplo, "o que você acha que vai acontecer quando eu girar a manivela que está acoplada ao mini gerador, será que ele tem capacidade de acender uma lâmpada?") Possivelmente os alunos diriam que não ocorreria nenhuma ação além do ato de girá-la. O instrutor então realizou o experimento (girando a manivela com uma velocidade de um ciclo por segundo).

Quando os resultados obtidos não foram os esperados e os alunos deviam entender que sua intuição sobre as ideias da Física precisava ser modificada, solucionaram os conflitos entre o esperado e a realidade.

Os alunos se apegaram tenazmente às suas crenças "incorretas", usando a ideia, de como exemplo, um pequeno motor que cabe na palma da mão não foi capaz de gerar energia necessária para acender uma lâmpada, embora eles estiveram cientes do resultado do experimento.

Este modelo de cognição do aluno tem problemas significativos porque negligencia a parte emocional da aprendizagem. As pessoas ignoram ou bloqueiam os dados quando eles ameaçam sua identidade ou senso de identidade.

Se uma aula de Física está fazendo você questionar sua intuição e / ou sua confiança em sua percepção da realidade, é quase certo que atinja o âmago de seu senso de identidade.

Na tentativa de proporcionar melhorias na qualidade do ensino, diminuindo as barreiras existentes entre professor e aluno, para que o processo de aprendizagem da Física fosse mais prazeroso, fizemos uso de uma estratégia nesta proposta que é o Método ISLE de aprendizagem.

A aprendizagem refere-se à aquisição cognitiva, física e emocional, e ao processamento de habilidades e conhecimento em diversas profundidades, ou seja, o quanto uma pessoa é capaz de compreender, manipular, aplicar e/ou comunicar esse conhecimento e essas habilidades.

É preciso conhecer o conceito de domínio da aprendizagem para depois abordar seus estilos e aprender, porque quando durante o processo de

aprendizagem o ser humano escolhe qual a forma preferencial para obter e processar as informações, apesar de usar todos os cinco sentidos: visão, audição, tato, paladar e olfato, para aprender.

Uma pessoa com predominância mental no processo de aprendizagem dará ênfases à resolução de problemas, o Método ISLE envolve o desenvolvimento dos estudantes, a partir de ideias próprias, por meio da observação de fenômenos e indicação de padrões.

Sobre o Domínio Emocional, existem fatores externos e internos que interferem no processo de aprendizagem, eles estão ligados diretamente com a forma como o indivíduo se sente em termos psicológicos e fisiológicos. Como o aluno é capaz de compreender os conceitos, ou seja, os estilos de aprendizagem.

Os estilos são um meio pelo qual as pessoas coletam e selecionam informações para depois processá-las, e usam significados, valores, habilidades e estratégias para solucionar problemas, tomar decisões e obter novos significados.

Avaliando cada uma dessas dimensões, podemos compreender como as pessoas são capazes de aprender quando estão inseridas em um determinado método de ensino, e desta forma, ter o melhor aproveitamento da aprendizagem.

Os objetivos desta proposta foram os seguintes: Conceituar motores e geradores de energia elétrica, apresentar o contexto histórico, sua utilização no cotidiano e compreender como ocorre a geração de energia elétrica, acompanhados de uma sequência didática para sua aplicação.

Motores e geradores elétricos são grupos de aparelhos utilizados para converter a energia mecânica em elétrica ou vice-versa. O dispositivo chamado de gerador, alternador ou dínamo é a máquina que tem como função converter vários tipos de energia mecânica, por exemplo, energia eólica em eletricidade; e motor é aquele que faz a tarefa inversa de converter a energia elétrica em mecânica.

O princípio básico é a indução eletromagnética descoberta por Michael Faraday que tem o seguinte princípio: se um condutor se move através de um campo magnético, de intensidade variável, induz-se nele, uma corrente. O princípio oposto foi observado por André Marie Ampère, ou seja, se uma

corrente passa através de um condutor dentro de um campo magnético, este exercerá uma força mecânica sobre o condutor.

Para a realização da proposta pedagógica se utilizando dos experimentos portáteis para aula sobre indução eletromagnética, geradores e motores, foi escolhida a Escola Estadual Professor Francisco Ivo Cavalcanti, situada à Avenida Coronel Estevam, S/N – Bairro Dix-Sept Rosado, Natal/RN, criada através do Decreto Nº 7.847 de 15 de fevereiro de 1980 e inaugurada a 25 de março de 1980, tendo sido autorizada pela Portaria de Nº 166/82 SEC/GS, mantida pelo Poder Público e administrada pela Secretaria de Estado da Educação e da Cultura do Governo do Estado do Rio Grande do Norte.

Este Estabelecimento de Ensino tinha, na sua origem, a finalidade de proporcionar ao educando uma formação profissional, em nível de 2º grau – habilitação básica em Química, Mecânica, Construção Civil, Saúde, Crédito e Finanças, Administração e Contabilidade – cursos esses que, gradativamente, foram sendo extintos.

A Escola passou por várias mudanças de ensino e hoje oferta na sua grade curricular, apenas 02 (duas) opções, exclusivamente de Ensino Médio integrado com profissionalizante em tempo integral: Técnico em Administração e Técnico em Informática.

Esta instituição pública em respeito às normas comuns e às de seu sistema de ensino, assume a incumbência prevista na Lei nº 13.415/2017 que alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e estabeleceu uma mudança na estrutura do ensino médio, ampliando o tempo mínimo do estudante na escola e introduzindo o ensino médio integral e integrado ao ensino técnico profissionalizante para algumas escolas, em nosso estado.

A Portaria 2.116/2019 do MEC que estabelece novas diretrizes, novos parâmetros e critérios para o Programa de Fomento às Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral – EMTI, em conformidade com a Lei 13.415, de fevereiro de 2017, que alterou a LDB na carga horária mínima anual no ensino médio.

Os estudantes que procuram matrícula têm a faixa etária entre 13 e 17 anos de idade, no turno integral, maioria oriundos do bairro Dix-Sept Rosado, onde localiza a escola, também de bairros circunvizinhos, como: Nazaré, Alecrim, Quintas, Cidade da Esperança, Felipe Camarão, Bom pastor e

também de bairros mais distantes: Igapó, Panatis, Soledade, Vale Dourado, Nova Natal, localizados na Zona Norte da cidade. Com relação à situação econômico-financeira, os primeiros levantamentos apontam para procedentes, em sua maioria, da classe média baixa, com renda mensal familiar entre 01 (um) e 03 (três) salários mínimos, numa família de 04 a 05 pessoas residentes na mesma casa.

A EEITP professor Francisco Ivo Cavalcanti tem como missão a formação integral e profissional do educando, garantindo-lhe acesso aos diversos saberes necessários à sua formação pessoal e social, oportunizando-lhe meios adequados ao desenvolvimento das competências e habilidades exigidas pela estrutura curricular implantada, por meio da aprendizagem significativa e construtiva, utilizando os valores éticos coerentes com os preceitos propostos pela escola.

Iniciando a atividade na escola referenciada, primeiramente foi selecionado um grupo de quinze estudantes da terceira série, dos quais cinco eram do curso técnico em Administração e 10 do curso técnico em Informática, divididos em cinco grupos compostos de três estudantes cada, com os quais trabalhei durante o processo da pesquisa e que, em um segundo momento foram deixados cientes do que se tratava a proposta de aplicação do produto.

Sequenciando, explicações básicas dos procedimentos de segurança foram referenciadas, pois apesar da corrente gerada pelo motor na primeira parte dos experimentos ser pequena, ela pode causar incômodos; e lembrar que na segunda parte dos experimentos, envolveu o manuseio com a rede elétrica residencial de 220 v no caso do Rio Grande do Norte, fazendo assim uma interdisciplinaridade com a Biologia por se tratar da explicação de conceitos relevantes a efeitos biológicos causados pela eletricidade ao passar pelo corpo humano.

A seguir, foi aplicado um questionário com conteúdos de Física que serviram de embasamento teórico, para avaliar o conhecimento prévio dos discentes.

Esta ação foi realizada através da plataforma de Quiz Socrative, por se tratar de uma plataforma que ao final da atividade gerou planilhas com os dados percentuais dos acertos e dos erros de cada discente e também do grupo selecionado.

Logo após fazer uma análise das planilhas com as respostas do questionário gerado pelo próprio APP Socrative, foi feita pelo aplicador uma avaliação prévia dos subsunçores.

Depois de ministradas duas aulas, onde no primeiro momento foram vistos conceitos da Física relacionados à área escolhida para o produto e explicações dos cuidados com a segurança, por se tratar de um equipamento de geração de corrente alternada. Em seguida, como foi feita a montagem e por último, uma explicação dos funcionamentos básicos de um multímetro.

Com os kits, cada grupo de estudantes deu início à montagem do equipamento. Com a montagem concluída, foi informado que os discentes deveriam pôr em prática a primeira etapa do experimento e foi anotado pelo instrutor as observações feitas por cada um deles e também os valores obtidos nas referidas tabelas. Em seguida, responderam os questionários desta primeira etapa das experiências.

Neste momento, os discentes deveriam pôr em prática o segundo experimento e anotar os dados obtidos nas referidas tabelas para e em seguida responder o questionário deste segundo momento.

Com a conclusão desta etapa, um Quiz correspondente ao conteúdo de Física foi aplicado na proposta do produto. Ele serviu como base para avaliar os conhecimentos após aplicação deste.

Esta ação foi feita através do uso da plataforma Socrative, por se tratar de uma plataforma que me forneceram tabelas, como já foi anteriormente citado. Por fim uma validação das planilhas com as respostas dos questionários gerados pelo Socrative para observar a viabilidade do produto.

Esta proposta foi estruturada da seguinte forma:

O primeiro capítulo composto pela introdução.

O segundo capítulo, apresentou os conceitos educacionais inspirados na metodologia desenvolvida pelo grupo da Universidade de Rutgers, liderado pela professora Eugenia Etkina como fundamentação teórica e pedagógica para o embasamento deste trabalho, e a utilidade prática dos experimentos como estratégia diferenciada no processo de ensino e aprendizagem da Física.

O terceiro capítulo tratou das teorias da indução eletromagnética.

O capítulo quatro, descreveu o detalhadamente do produto educacional, apresentando o passo a passo para a utilização da sequência didática.

O quinto capítulo abordou a metodologia utilizada, apresentando as concepções dos sujeitos da pesquisa, tipo de pesquisa e todos os procedimentos aplicados, juntamente com a análise de resultados no desenvolvimento da sequência didática aplicada junto aos educandos.

Por fim, no sexto capítulo, foram apresentadas as considerações finais com base nos resultados.

2 Fundamentação Teórica

Buscando melhorar a qualidade do ensino, estreitando o vínculo professor e aluno para que o processo de aprendizagem da Física fosse mais prazeroso, abordamos como estratégia nesta proposta, a apresentação de tópicos que deram suporte teórico ao presente trabalho, com base na Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel [04] e o método ISLE de aprendizagem, seguida da Experimentação no Ensino de Física com enfoque nas Leis da Indução Magnética.

2.1 Novo olhar para os conceitos de aprender e ensinar

A capacidade do aluno aprender na visão de Ausubel, está relacionada às ideias de sentido serem ou não relevantes para o aluno, isto é o conhecimento prévio é um facilitador de se aprender o que é novo.

“Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.” David Ausubel [05]

Ele teoriza que o aprendiz sempre ao se deparar com um conteúdo novo, se reorganiza, reconfigura, reelabora dentro de suas estruturas mentais a partir de outras já organizadas e hierarquizadas, que se expandem e se modificam continuamente, à medida que vão surgindo e sendo assimilados novos conceitos e ideias.

A aprendizagem se localiza nessas estruturas de maneira relevante, coerente e lógica a partir do conhecimento preexistente do aluno, chamado por

Ausubel de conhecimento prévio, que ao se expandir, se firma em um novo saber na estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Ausubel, a aprendizagem se dá por meio da expansão e modificação de um conhecimento já existente, pois novas ideias só podem realmente serem adquiridas quando em posse de ideias de conceitos pré-existentes ou pré-estabelecidos, dão sentido e significado ao conteúdo novo.

Assim, quanto mais conexões puderem ser estabelecidas com o saber prévio, mais consolidação terá o novo conhecimento, por isso, o ensino e a aprendizagem devem levar em consideração o conhecimento anterior desenvolvido pelo aprendiz, tais como suas experiências de vida, interesses pessoais e opiniões sobre o tema que será aprendido, buscando-se contextualizar os saberes já existentes em relação aos novos.

2.2 Como a aprendizagem significativa acontece

Para que aconteça a aprendizagem significativa, faz-se necessário que a informação nova se associe a anterior de modo considerado e não arbitrário [06].

O conhecimento prévio foi denominado por Ausubel de conhecimento subsunçor, trata-se de conhecimentos específicos preexistentes na estrutura de cognição do aprendiz, organizados de maneira hierárquica que podem ser modificados com o passar do tempo, tornando-os mais estáveis, diferenciados e ricos em significados.

“A clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, ou melhor, das aprendizagens significativas do sujeito. Trata-se de um conhecimento dinâmico, não estático, que pode evoluir e, inclusive, involuir”. Marco Antônio Moreira [07]

Os conceitos subsunçores podem existir de várias formas, seja ele um símbolo, uma proposição, um modelo mental ou uma imagem. A nova informação é conectada a um conceito subsunçor sempre de maneira substancial e não arbitrária, isto é, a relação é construída de maneira não exata e a partir de um sistema de relevância.

A aprendizagem de novos saberes, só acontece quando o conhecimento prévio é modificado e quando guarda relação com conceitos e proposições já disponíveis, chamadas de âncoras conceituais.

Ausubel identificou para que a aprendizagem ocorra de modo significativo, duas condições básicas: o objeto de aprendizado deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve estar predisposto a aprender.

2.3 Diferença entre as aprendizagens

Para Ausubel há uma diferença entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, caracterizada sobretudo pela memorização. Nesta, as informações são apreendidas pela não interação com as pré-existentes à estrutura cognitiva, cujo armazenamento é arbitrário, não se conectando substancialmente à estrutura mental [08].

No entanto, para Ausubel, ambos processos são contínuos. Para se adquirir uma agilidade mental, como o uso da tabuada, é inevitável lidar com a aprendizagem mecânica, cujos conceitos de memorização são colaboradores ao processo de agilidade mental. Entretanto faz-se necessário que o aluno necessite lembrar das informações, mesmo que ainda não associe as ideias já existentes. Porém para o teórico, a aprendizagem não pode se limitar à mera memorização

A aprendizagem mecânica pode se transformar em uma significativa quando ao entrar em contato com novos conceitos, o aluno constrói novas relações. Assim, posteriormente também podem ser construídos a relevância e o significado para a aprendizagem, tornando-a significativa.

2.4 A importância da aprendizagem significativa

As ideias e teorias sobre a aquisição dos saberes são embasadas pela teoria da aprendizagem significativa, por assim dizer que os estudos de Ausubel norteiam a não dissociação entre o ensino e a aprendizagem.

O currículo escolar, então passa a ser visto de modo mais organizado, visando promover a autonomia dos sujeitos tornando-os capazes de intervirem em seus meios sociais. Um ensino com o propósito de permitir uma aprendizagem significativa possibilita aos alunos construir suas aprendizagens com sentido e significado de modo contextualizado e atuante.

Segundo De Aquino, “a aprendizagem refere-se à aquisição cognitiva, física e emocional, e ao processamento de habilidades e conhecimento em diversas profundidades, ou seja, o quanto uma pessoa é capaz de compreender, manipular, aplicar e ou comunicar esse conhecimento e essas habilidades” [05].

É preciso conhecer o conceito de domínio da aprendizagem para depois abordar os estilos de aprendizagem. Segundo De Aquino a aprendizagem pode se dar em três domínios diferentes [09]:

Caracterizando assim o Domínio físico, durante o processo de aprendizagem, o ser humano escolhe qual a forma preferencial para obter, processar as informações e aprender, apesar de usar todos os cinco sentidos: visão, audição, tato, paladar e olfato.

Para aprender, as pessoas utilizam o pensamento embora o processamento da informação para alguns, seja mais físico ou emocional. O Domínio Cognitivo tem relação com o que a pessoa pensa.

Uma pessoa com predominância mental no processo de aprendizagem dará ênfases à resolução de problemas. O Método ISLE envolve o desenvolvimento dos estudantes, a partir de ideias próprias, por meio da observação de fenômenos e indicação de padrões.

A partir dessa análise, foram construídas previsões para incentivar os alunos a representar os processos das Ciências para resolução de problemas. Foi uma atividade desenvolvida que pôde ser posta em prática para explorar a potencialidade criativa de um indivíduo ou de um grupo e outras atividades cognitivas.

Sobre o Domínio Emocional, existem fatores externos e internos que interferem no processo de aprendizagem, eles estão ligados diretamente com a forma como o indivíduo se sente em termos psicológicos e fisiológicos. Estes fatores, por exemplo, incluem fome, sede, doença e outros fatores psicológicos internos. Externamente temos, por exemplo, conforto ambiental, temperatura, luminosidade, barulho e fatores psicológicos externos.

Como o aluno é capaz de compreender os conceitos, ou seja, os estilos de aprendizagem, Keefe define estilo de aprendizagem como:

“A maneira pela qual o aprendiz percebe, interage e responde ao ambiente de aprendizagem. Logo, o estilo de aprendizagem seria

uma combinação das características cognitivas, afetivas, comportamentais e psicológicas” [10].

Os estilos são um meio pelo qual as pessoas “coletam e selecionam informações para depois processá-las e usam significados, valores, habilidades e estratégias para solucionar problemas, tomar decisões e criar novos significados” [09].

Vários trabalhos analisando a aplicação de métodos de aprendizagem ativa avaliaram as atitudes dos estudantes a respeito da metodologia aplicada, muitos deles apresentando grande aprovação [11, 12,13].

A aprendizagem passiva utilizada nos métodos tradicionais como aulas expositivas, onde na maioria dos casos os únicos meios disponíveis são o quadro e giz, centrada no professor, é o único responsável pelo que foi aprendido; enquanto na aprendizagem ativa ela ocorre a partir do que os alunos fazem em sala de aula. Desse modo, a aprendizagem ativa é oposta à aprendizagem passiva que, em geral, diminui a motivação dos alunos, com pouco comprometimento, pois depende substancialmente do professor para seu sucesso.

Devemos lembrar que existem várias barreiras a serem vencidas para um resultado de sucesso da aprendizagem ativa na sala de aula, tais como:

1 - O aluno não está preparado para aprender como protagonista, não sabe como agir, porque em grande parte de sua carreira acadêmica é apenas um espectador, e qualquer atividade de metodologia ativa, requer muita ação e colaboração por parte dos discentes. Na metodologia ativa os alunos estão envolvidos em algo mais, do que simplesmente ouvindo.

2 - O aluno não faz a tarefa extra classe necessária para a aula. Esta negativa pode ter origens de natureza afetiva, cognitiva, didática ou familiar. Visando estes problemas na proposta da metodologia ativa, os alunos desenvolvem habilidades superiores e de pensamento (análise, síntese, avaliação), eles serão envolvidos em atividades (por exemplo, lendo, discutindo, escrevendo), terão que explorar suas próprias atitudes e valores.

3 – Os professores não tiveram metodologias ativas em sua formação acadêmica, dificultando a inserção desta proposta em prática. Elas passam instruções, enfatizam o desenvolvimento das habilidades dos alunos mais do

que apenas transmitem informações.

4 - Problemas curriculares como empecilho para a aplicação de metodologias ativas, pelo motivo que na grade curricular de ensino tradicional fica inviável fazer todas as aulas em metodologia ativa, porque realmente não vai dar tempo.

5 - Turmas muito numerosas. O grande número de alunos por sala é um dos maiores problemas enfrentados pelos professores.

Acredita-se que, ao se observar estes problemas e dificuldades, a produção de material experimental didático perspectivado na concepção cognitivista e na aprendizagem significativa, seja um caminho alternativo a ser guiado e seguido.

O produto desta dissertação, apresentou uma sugestão de um experimento portátil, buscando melhorar a qualidade de pensamento do estudante para a aprendizagem significativa do conteúdo escolar sobre Indução Eletromagnética, a partir de conteúdo de aplicação sobre o funcionamento de Geradores e Motores de Energia Elétrica, em especial, um minigerador de baixa potência, mas capaz de acender uma lâmpada de LED ou carregar um telefone.

Todos os materiais para a realização da aula com experimento portátil foram disponíveis em um caixote elaborado nas mesmas dimensões de um livro didático, para assegurar a mobilidade total da experiência. Desta forma, a portabilidade do experimento é uma importante virtude para o professor e o aluno, pois se relaciona com o fácil transporte do experimento e a diversidade de locais em que pode se dar a vivência pedagógica.

O experimento sobre as Leis de Indução Eletromagnética trabalhado nesta proposta pode ser transportado dentro da uma mochila e pode ser realizado na própria sala de aula, ou ainda, se assim desejar, realizar a prática na própria residência.

Pensado na ideia de que o aluno deve fazer parte da construção do conhecimento, trabalhamos a proposta do experimento embasado no Método ISLE, onde os alunos aprenderam Física fazendo Física. Este método incentivou os alunos a terem um papel ativo no processo de aprendizagem, praticou habilidades científicas, como observar, analisar e testar, e construiu hábitos mentais científicos. Os autores do Método ISLE acreditam

que os alunos aprendem melhor Física fazendo Física.

Quando buscam compreender o processo científico, os alunos podem estabelecer bases para a compreensão conceitual, desenvolver habilidades de raciocínio e resolução de problemas e aplicar o conhecimento a situações complexas.

A professora Etkina projetou e hoje coordena um dos maiores programas de preparação de professores de Física nos Estados Unidos, conduz desenvolvimento profissional para instrutores de Física do ensino médio e universitário e participa de reformas nos cursos de Física de graduação.

Em 1993, ela desenvolveu um sistema no qual os alunos aprenderam Física usando processos que espelham a prática científica, que mais tarde foi enriquecida por sua colaboração com Alan Van Heuvelen.

Esse sistema, chamado de abordagem Investigative Science Learning Environment (ISLE), pode ser usado em um curso de Física de qualquer nível (do ensino médio à pós-graduação). Ele envolve os alunos no aprendizado de Física praticando-a e melhora seu bem-estar.

A abordagem ISLE serve como base para o livro didático “College Physics: Explore and Apply” e o Guia de Aprendizagem Ativa e o Guia do Instrutor que são usados em muitas universidades e escolas de ensino médio para ensinar cursos de Física baseados em Álgebra, especialmente o curso de Física de Colocação Avançada.

Desde 2000, a professora Etkina realizou mais de 140 workshops para instrutores de Física. Ela é uma pesquisadora ativa que publicou mais de 100 artigos revisados por pares. Todo o material é encontrado no site do grupo [14]. A proposta é que os estudantes aprendam Física de maneira semelhante àquela utilizada pelos cientistas na construção e aplicação do conhecimento.

“Este processo envolve observar, encontrar padrões, construir e testar explicações para os padrões e utilizar múltiplas representações para pensar sobre o fenômeno físico” [15].

As aulas ou atividades práticas são parecidas com práticas de laboratório de ensino de Física, em que os estudantes recebem materiais, neste

caso o caixote contendo o equipamento, para executarem experimentos nos quais serão observados determinados fenômenos físicos.

Mas há uma diferença essencial entre aulas tradicionais de laboratório de ensino e as aulas do tipo ISLE, a medida em que aquelas geralmente são elaboradas com o intuito de que os estudantes verifiquem as leis da Física seguindo e verificando uma sequência pré-determinada.

Com este método, pretendemos que os alunos reconstruam as leis da Física através de práticas investigativas, semelhantes ao trabalho de um (a) pesquisador (a) de Física em seu laboratório, traduzindo-se em uma prática essencialmente construtivista. Além de trabalhar a construção dos conceitos de Física e a habilidade de resolver problemas a partir de situações práticas, esta metodologia favorece o uso e a reflexão de habilidades científicas. O processo em questão permitiu discutir de forma muito natural à questão de como o conhecimento científico foi produzido, bem como a validade e as limitações das leis físicas e dos modelos matemáticos, permitindo uma análise crítica do desenvolvimento e dos limites da Ciência.

Os estudantes trabalharam em grupos de duas ou mais pessoas durante as aulas. Eles tiveram autonomia para organizar os grupos, cujas composições poderiam ser alteradas a cada aula. No caso em que a aula fosse iniciada com uma nova atividade, a prática deveria ser precedida por breve discussão acerca da atividade concluída na aula anterior, com duração aproximada de 10 a 15 minutos. Na sequência, houve uma sucinta introdução à atividade a cerca de 5 a 10 minutos. Então, os estudantes, organizados em grupos, passavam a acompanhar as observações feitas pelo professor sobre o equipamento e a manipular o material, discutindo entre si e apresentando os resultados obtidos ao professor.

Não podemos deixar de falar que o Método ISLE de aprendizagem conversa diretamente com a teoria de aprendizagem significativa. Nesta etapa do segundo capítulo vamos fazer uma breve discussão sobre o conceito de aprendizagem significativa. Essa teoria foi proposta por David Ausubel em 1963 [16] e leva em consideração que no mundo contemporâneo, faz-se necessário considerar concepções mais sistêmicas e complexas de aprendizados das quais as formas de aprender considera os conhecimentos já preexistentes e

os novos, onde o sujeito possa compreender que por meio desses aprendizados ele possa ter uma formação capaz de intervir em um meio social.

De acordo com a Base Comum Curricular, para esse novo tipo de formação do sujeito, é importante perceber novas formas metodológicas de transmissão de conteúdos não de forma mecânica, mas as que possibilitem reflexões e interações por parte desse sujeito. Todavia, por parte, dessa recontextualização, em função da dinâmica escolar, o sujeito é ressignificado [17].

De acordo com Marco Antônio Moreira, para haver aprendizagem significativa, as ideias não ocorrem de maneira literal e arbitrária, e sim de maneira substantiva, de modo a dar significado a um novo conhecimento e que de acordo com ele:

“É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva” [18].

Diante dessa ideia de aprendizagem significativa para Ausubel, quer dizer que o conhecimento prévio é uma variável fundamental para esta aprendizagem, embora não garanta facilitar a aquisição do conhecimento escolar, pelo contrário pode bloquear se for ancorado por conhecimentos derivados do senso comum.

Pelo exposto sobre aprendizagem significativa e por meio da análise da estrutura cognitiva, Ausubel estabeleceu as seguintes condições para que ocorra essa aprendizagem significativa:

- a) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo;
- b) o aprendiz deve ter predisposição para aprender.

O material de aprendizagem é potencialmente significativo, pois a atribuição de significado cabe ao sujeito, logo, não há aula, estratégia ou livro significativo. Ele é capaz de dialogar, de maneira apropriada e relevante, com o conhecimento prévio do estudante.

Reafirmando a ideia de Ausubel:

- A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova ideia se relaciona aos conhecimentos prévios, em uma situação relevante para o estudante, proposta pelo professor. Nesse processo, o estudante amplia e atualiza a informação anterior, atribuindo novos significados a seus conhecimentos.
- As condições para que ocorra a aprendizagem significativa é a adoção de materiais e estratégias potencialmente criativas, por parte do docente, e a predisposição para aprender, por parte do estudante.
- Os conhecimentos prévios e as atribuições de sentido dependem das interações sociais. Nesse sentido, um tema é relevante para o estudante quando sua abordagem não é esvaziada de significado social, mas suas características socioculturais reais são mantidas. A escuta e circulação da palavra, durante a aula, é fundamental para identificação dos significados acerca do tema presente entre os estudantes.
- Uma abordagem lúdica, ainda que desejável, não garante uma aprendizagem significativa. É necessário promover reflexão e negociação de significados.
- Embora os estudos de Ausubel sejam centrados na dimensão cognitiva, na atualidade, as outras dimensões humanas são consideradas tão relevantes para a aprendizagem quanto a cognitiva.

3 Indução Eletromagnética

A indução é um fenômeno responsável pelo surgimento de correntes elétricas em materiais condutores devido à existência de campos magnéticos. Ela ocorre quando a variação de um campo magnético nas proximidades de um condutor causa-lhe o surgimento de uma força eletromotriz induzida, sendo descrita qualitativa e matematicamente pela Lei de Faraday-Lenz.

Esse fenômeno explica o surgimento da força eletromotriz induzida em bobinas condutoras inseridas em regiões dotadas de campo magnético variável, podendo ser essa variação de módulo, direção ou sentido. Pelo princípio da simetria ao colocarmos uma bobina condutora fechada em um campo magnético externo e se for girada por meio de uma força externa, um torque surgirá sobre ela

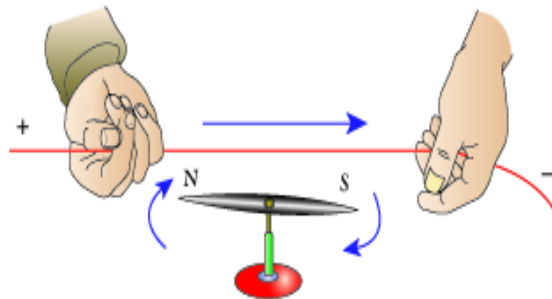
fazendo com que uma corrente elétrica apareça na bobina, constituindo o princípio do gerador elétrico.

Pelo princípio da simetria: Corrente gera Torque (Primeira situação) e Torque gera Corrente (Segunda situação).

Por volta de 1820, Hans Christian Oersted descobriu que existe uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos. Durante suas pesquisas, Oersted observou que a passagem de corrente elétrica em um fio condutor podia alterar a direção de alinhamento de algumas bússolas que haviam sido deixadas nas proximidades do fio.

O experimento de Oersted permitiu-nos compreender que eletricidade e magnetismo, até então “independentes”, são na realidade fenômenos da mesma natureza, foi a partir dessa descoberta que se iniciaram os estudos sobre o eletromagnetismo.

Figura 2- Ilustra um fio condutor sendo percorrido por uma corrente elétrica e esticado entre as mãos do operador, abaixo do fio encontra-se uma agulha imantada que devido à corrente elétrica sofrerá um giro.



Retirada do link: <http://www.sectorelectricidad.com/wp-content/uploads/2019/04/experimento-oersted.png>, acessado no dia 10/11/2021.

De acordo com os avanços dos estudos seguidos da descoberta de Oersted, entendeu-se que as correntes elétricas eram capazes de gerar campos magnéticos, a recíproca, por sua vez, só foi observada em 1831, quando Michael Faraday descobriu que uma corrente elétrica era capaz de produzir um campo magnético. Para tanto, Faraday realizou diversos experimentos, seu aparato experimental consistia em um anel de ferro envolvido em dois enrolamentos (bobinas) de fios de cobre, onde dois terminais de uma das bobinas foram conectados a uma bateria.

No ano de 1832 trabalhando de forma independente, Joseph Henry era um aprendiz aos 13 anos, porém de relojoeiro, *em* Albany, Nova York. Também fez descobertas sobre a Indução Eletromagnética, no entanto, foi Michael Faraday o primeiro a publicar os resultados de seus experimentos em 29 de agosto de 1831, data da primeira demonstração experimental da indução eletromagnética.

Faraday explicou a indução eletromagnética usando um conceito que chamou de linhas de força.

Anos mais tarde, Faraday foi nomeado Diretor do "Royal Institution", em Londres, cuja fundação deve-se em grande parte a um americano, Benjamin Thompson (Conde Rumford). Henry, por sua vez, tornou-se diretor do Instituto Smithsonian em Washington, DC, fundado graças a uma doação *de* um inglês, James Smithson.

3.1 Duas Experiências

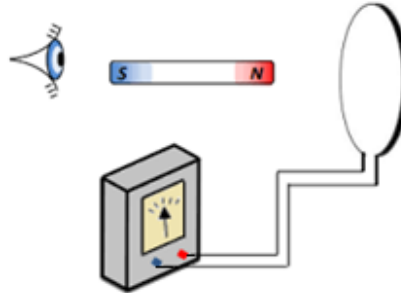
Dois experiências irão nos guiar na compreensão da lei da indução, de Faraday, uma relaciona com a geração de energia (geradores de indução) e a outra com motores elétricos.

3.1.1 Primeira Experiência

Observamos na figura a seguir Fig. 2 onde mostra os terminais de uma bobina de fio ligados a um aparelho capaz de medir variação no fluxo de cargas elétricas, vamos chamar de galvanômetro simbolizado pela letra "G", dizemos então que pode detectar a presença de uma corrente na bobina.

Nenhuma fonte geradora de energia está ligada ao circuito, por isso esperamos que nada aconteça com os ponteiros do galvanômetro. Contudo, ao aproximar um ímã da bobina, observamos o seguinte: havendo movimentação do ímã no interior da espira, o ponteiro do galvanômetro sofrerá uma deflexão, indicando que há circulação de corrente elétrica na bobina e essa deflexão será maior em consequência de um deslocamento mais rápido. Cessando o movimento do ímã, não haverá deflexão e o ponteiro do galvanômetro voltará ao zero. Se afastarmos o ímã da bobina, o ponteiro, novamente, irá defletir, enquanto o ímã estiver em movimento desta vez, porém em sentido contrário, o que indica que a corrente na bobina teve seu sentido trocado.

Figura 3- O galvanômetro G quando o ímã está se movendo em relação à espira, indicando que há uma corrente na espira.



Retirada do link: <https://paperx-dex-production-uploads.s3-sa-east-1.amazonaws.com/images/1594929771638-eletromagnetismo-03.png>, acessado no dia 30/06/2022.

Invertendo os polos do ímã de modo a fazer com que o polo Sul fique voltado para a bobina, a experiência ocorrerá como antes, exceto que os sentidos das deflexões serão invertidos. Experiências posteriores mostraram que o importante é o movimento relativo entre o ímã e a bobina. Não faz nenhuma diferença a bobina na direção do ímã ou o ímã na direção da bobina.

Denominada de corrente induzida o fluxo de cargas que surge na bobina e o trabalho realizado por unidade de carga durante o movimento dos portadores de carga que constituem essa corrente, chamado de **fem** induzida.

3.1.2 Segunda Experiência

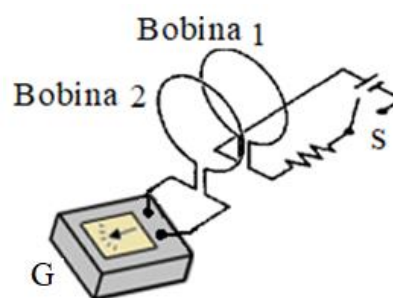
Nesta segunda situação temos duas bobinas que vamos chamar de (1) e (2) colocadas próximas uma da outra como é possível observar na Fig. 3. Mantidas sem nenhum contato elétrico direto e em repouso uma em relação à outra. Fechando a chave “s”, e liberando a passagem de uma corrente na bobina “1”, o ponteiro do galvanômetro na bobina “2” sofre uma deflexão momentânea, retornando, a seguir, ao zero. Quando se abre a chave, interrompendo a corrente, o ponteiro sofre, novamente, momentaneamente uma deflexão agora em sentido oposto.

Se a corrente que percorre a bobina “1” for constante, não importando a sua intensidade não há **fem** induzida, apenas quando a corrente na bobina “1” está aumentando ou diminuindo é que uma **fem** induzida aparece na bobina “2”.

A partir das observações das duas experiências, somos levados a concluir o seguinte:

Uma **fem** é induzida somente quando ocorre alguma variação. Numa situação estática, onde nenhum objeto físico está em movimento e a corrente é constante, não há **fem** induzida. A palavra-chave é variação.

Figura 4- O galvanômetro G deflete momentaneamente assim a que a chave S é fechada ou aberta. Nenhum movimento relativo das bobinas está envolvido.



Fonte: o autor.

3.2 A Lei da Indução de Faraday

Ao observar as duas experiências descritas na seção anterior que Faraday percebeu que existia algo em comum entre elas, chegando à seguinte conclusão:

Uma **fem** é induzida na bobina da (Fig. 2) e na bobina ‘2’ da (Fig. 3) somente quando o número de linhas de campo magnético que a atravessam estiver variando, não importando o número total de linhas de campo magnético que atravessam as bobinas; é a *variação* deste número que induz a **fem** e a taxa com que tal número está variando que determina o valor da **fem** induzida.

Na experiência da Fig. 2, as linhas originam-se na barra imantada e o número de linhas que atravessam a bobina aumenta quando aproximamos o ímã e diminui quando o afastamos.

Na experiência da Fig. 3, as linhas estão associadas à corrente na bobina “1” da direita. O número de linhas através da bobina “2” da esquerda aumenta (a partir de zero) quando fechamos a chave S (ligando a corrente) e

diminui (voltando a zero) quando abrimos a chave (desligando a corrente).

3.2.1 Um Tratamento Quantitativo

Considere uma superfície qualquer limitada por uma espira condutora fechada. Representamos o número de linhas magnéticas que atravessam essa superfície pelo fluxo magnético Φ para essa superfície, que é definido por:

Uma vez estabelecida à definição de fluxo magnético, estamos prontos para enunciar a Lei da indução, de Faraday de modo quantitativo:

A **fem** induzida numa espira condutora é igual ao negativo da taxa em que o fluxo magnético através da espira está variando com o tempo.

Sob a forma de equação esta lei se escreve:

$$\epsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Eq.1})$$

(Lei de Faraday na forma Integral)

A definição de Força Eletromotriz Induzida (**fem**) é a seguinte:

$$\epsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (\text{Eq. 2})$$

O fluxo magnético em uma superfície aberta é dado por:

$$\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (\text{Eq. 3})$$

(Definição de Fluxo magnético na forma Integral)

A integração deve ser feita sobre toda a superfície e observar que dS é um elemento diferencial dessa superfície. A definição do fluxo do campo magnético “**B**” é exatamente igual à definição do fluxo do campo elétrico “**E**”, e o fluxo da densidade de corrente “**J**” que podem ser revisados através de uma leitura complementar.

Fazendo a substituição da Equação (2) e Equação (3) na primeira equação com o intuito de chegar à forma diferencial temos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em geral o campo magnético pode variar com o tempo, ou em outra hipótese, essa variação em relação ao tempo pode ser na geometria da superfície. Mas hipoteticamente neste caso, vamos admitir que a geometria da superfície, seja de uma espira fixa e não mude com o tempo e a variação só ocorrerá com o campo magnético.

Desta forma na Eq. (4) a derivação temporal parcial será feita em relação ao campo magnético \mathbf{B} .

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (\text{Eq. 5})$$

Através do Teorema de Stokes, na geometria diferencial, que é uma afirmação sobre a integração de formas diferenciais que generaliza diversos teoremas do cálculo vetorial, é possível fazer com que o lado esquerdo e o lado direito da equação (5) tenham o mesmo tipo de integração. Em ambos uma integração de linha ou em ambos uma integração de superfície.

Tomando como referencial uma espira circular no espaço onde nela é gerado um campo elétrico, e em cada ponto desta espira também é, podemos calcular o rotacional deste mesmo campo elétrico.

Escrevendo esta integral temos que:

$$\iint (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{S} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (\text{Eq. 6})$$

Substituindo a integral de linha pela integral de superfície da equação (6) no lado esquerdo da equação (5), vamos obter.

$$\iint (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{S} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (\text{Eq. 7})$$

Igualando os integrandos chegamos à equação a seguir.

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{Eq. 8})$$

(Lei de Faraday na forma Diferencial)

Analisando um caso especial onde o campo magnético \mathbf{B} tenha o

mesmo módulo por toda uma superfície plana e que seja perpendicular a essa superfície, desta forma o produto escalar na equação (3) fica $B \cdot dS$: desse modo, $\Phi_B = B \int dS$ e a equação (3) se reduz a equação a seguir na qual Φ_B é o módulo do fluxo através da superfície.

$$\Phi_B = B \cdot S \quad (\text{Eq. 9})$$

(Caso especial quando B for perpendicular a S)

Determinando a unidade para as equações (1) e (3). No SI de unidades o fluxo magnético é o tesla vezes metro quadrado, que será chamado de weber (abreviatura **Wb**). Para o sinal no caso da equação (2) será determinado de outra forma.

$$1 \text{ weber} = 1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2 \quad (\text{Eq. 10})$$

Quando a taxa de variação do fluxo é dada em webers por segundo, a **fem** no (SI) induzida é dada em volts. O sinal negativo tem a ver com o sentido da **fem** induzida, isto é, o sentido da seta da **fem** desenhada num diagrama da espira.

Se variarmos o fluxo magnético através de uma bobina de **N** espiras, a **fem** induzida nessa bobina aparecerá em cada espira e estas **fems** como os fios de baterias ligadas em série *devem* ser somadas. Se esta bobina for enrolada com uma espira bem próxima uma da outra, de modo que o fluxo através de cada espira seja o mesmo, a fem induzida na bobina será:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (\text{Eq. 11})$$

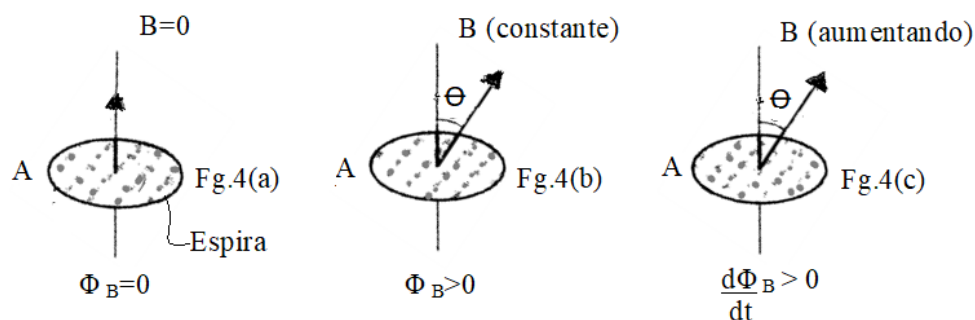
O sinal negativo existente em algumas das equações anterior tem a função de encontrar o *sentido* da **fem** induzida numa determinada situação. Embora possamos contar com a lei de Lenz que será na seção 3.3 em seguida; que nos fornece esta informação, podemos deduzir este sentido de uma maneira formal diretamente da lei de Faraday.

3.2.2 O sentido da fem induzida

Para iniciarmos a discussão sobre o sentido **fem**, vamos partir da análise da equação (3), que é a definição do fluxo magnético. Sendo o fluxo magnético uma grandeza escalar, seu sinal pode ser positivo ou negativo, este ponto será abordado mais a diante. Para uma melhor definição do conceito de fluxo do campo elétrico, fazer uma revisão da lei de Gauss, que lida apenas com superfícies fechadas, por este motivo definimos neste caso o sentido do elemento de área dS , unicamente, como orientado para fora.

Entretanto, ao definirmos o fluxo do campo magnético, lidamos com uma superfície que não é fechada e, assim, podemos ter, um sentido, não único, para dentro ou para fora. Para determinarmos, o sentido positivo de um elemento de área dS na equação (3), de modo que ele seja consistente com a lei de Faraday, vamos usar a regra da mão direita.

Figura 5- (a) Uma superfície plana de área A limitada por uma espira condutora. O sentido positivo do elemento de superfície S é dado pela regra da mão direita. (b) Um campo magnético uniforme atravessa, agora, a espira; o fluxo magnético através da espira é positivo (c). O módulo do campo magnético aumenta com tempo. A **fem** induzida está no sentido mostrado, oposto ao sentido dado pelos dedos em (a).



Fonte: o autor.

Ao se considerar, o sentido positivo de dS e S , devemos primeiramente definir a posição arbitrária da espira pois isto interfere; como por exemplo: se olharmos para cima através da espira ao invés de para baixo, o sentido positivo será oposto ao que está desenhado na Fig. 4a.

Temos na figura 4(a) uma superfície plana de superfície S , delimitada por uma espira. Utilizando a regra da mão direita podemos determinar o sentido positivo de qualquer elemento de área dS e assim o sentido positivo do vetor área A da superfície da seguinte maneira. Ficando o

polegar estendido indicando o sentido positivo de $d\mathbf{S}$ e \mathbf{S} .

Verificando a figura 4(b) onde o campo magnético constante \mathbf{B} se estende através da espira, onde a direção de \mathbf{B} forma um ângulo $\Theta < 90^\circ$ com a direção de \mathbf{S} , por este motivo o produto escalar na equação (3) é positivo e assim também é o fluxo Φ_B através da espira. Lembrando que devemos primeiramente definir a posição arbitrária da espira, pois isto interfere no sinal.

Na figura 4(c), o módulo do campo magnético \mathbf{B} aumenta com o tempo, sem haver variação na direção e no sentido de \mathbf{B} . Durante aumento, o fluxo Φ_B , através da espira permanece positivo, e aumenta com o tempo. Assim sendo, a variação no fluxo $d\Phi_B / dt$ é positiva. A Lei de Faraday equação (1), então, nos diz que a **fem** \mathcal{E} induzida na espira durante esta variação é negativa: isto é, a seta da **fem** na figura 4(c) aponta no sentido oposto ao sentido dado pelos dedos na figura 4(a). (Este resultado para o sentido da **fem** induzida não depende de nossa perspectiva arbitrária da espira; ou seja, obtemos o mesmo sentido para a **fem** quer olhemos para baixo ou para cima através da espira).

3.3 Lei de Lenz

Em 1833, Heinrich Friedrich Lenz teve uma lei nomeada em sua honra, a Lei de Lenz, justamente três anos depois de Faraday ter formulado sua lei da indução a qual estabelece que:

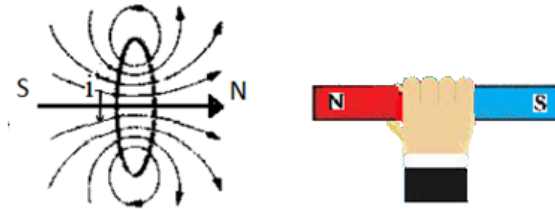
Ao impulsionar um polo de uma barra de ímã permanente através de uma bobina de fio metálico, por exemplo, uma corrente elétrica é induzida na bobina que, por sua vez, configura um campo magnético ao redor da bobina, tornando-a um ímã e o sentido se oporá à variação de quem a produziu [19].

O sinal negativo na Lei de Faraday expressa tal oposição. Devemos lembrar que a Lei de Lenz trata diretamente do conceito de correntes induzidas em espiras condutoras fechadas e não sobre **fems** induzidas. Entretanto, se a espira não for fechada, podemos usualmente pensar em termos do que aconteceria se ela o fosse e, deste modo, determinar o sentido da **fem** induzida.

Analisando a figura (2) que foi a primeira das experiências de Faraday, como um caso específico para entendermos a Lei de Lenz, sua interpretação será aplicada nas situações a seguir, são duas experiências de dois modos

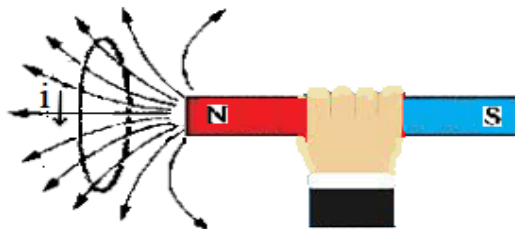
distintos, mas que se equivalem.

Figura 6- Ao se aproximar o ímã da espira, a corrente induzida aponta no sentido indicado, criando um campo magnético que se opõe ao movimento do ímã.



Fonte: o autor.

Figura 7- Ao se aproximar o ímã da espira, aumentamos o fluxo magnético através da espira. A corrente induzida na espira aponta no sentido indicado, criando um campo magnético que se opõe ao aumento do fluxo.



Fonte: o autor.

Na primeira interpretação vemos uma bobina que por ela circula uma corrente elétrica, produz em pontos distantes, campo magnético semelhante ao de um ímã, agindo uma das faces da bobina como polo Norte e, a outra, como polo sul. O polo norte, como nos ímãs, é a região de onde emergem as linhas de campo magnético. Uma vez que a bobina da figura (2) deve se opor à aproximação do ímã que causa um aumento do fluxo magnético através dela. A face da bobina, voltada para ele, deve tornar-se um polo Norte; veja a figura (4). Desta forma vai haver uma repulsão entre os polos nortes, o da bobina e do ímã. A regra da mão direita mostra que, para produzir um polo Norte sobre a face da bobina voltada para o ímã, a corrente elétrica deve ter o sentido anti-horário, quando vista ao longo do eixo do ímã na direção da bobina, como indicado na Figura (5).

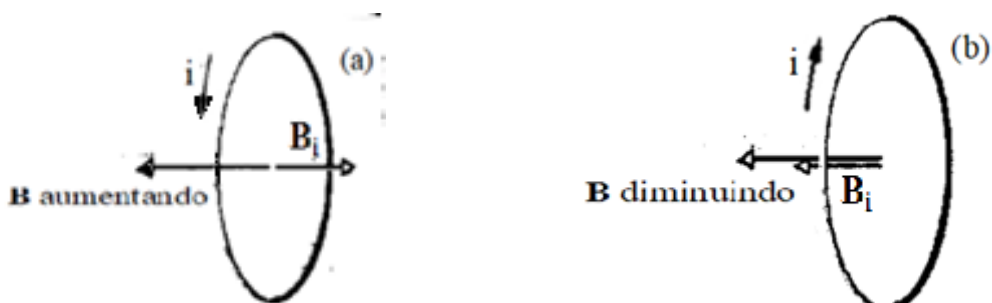
Na linguagem de Lenz, a aproximação do ímã é a variação que produz a corrente induzida e esta corrente deve se opor à aproximação. Se o ímã for afastado da bobina, a corrente elétrica induzida irá se opor ao afastamento,

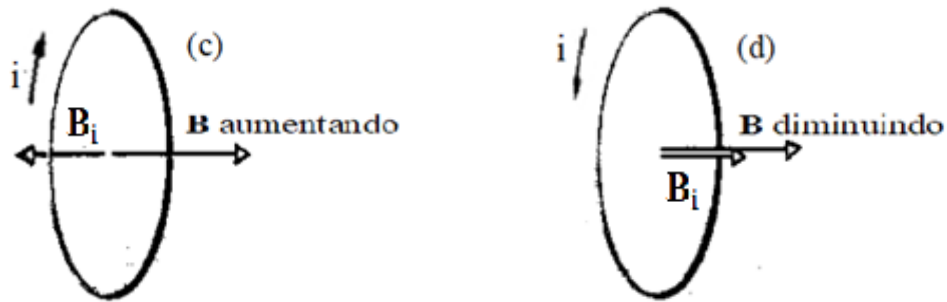
criando um polo sul na face da bobina voltada para o ímã. Para que tal ocorra, a corrente induzida deverá ter o sentido oposto ao indicado na figura. Quer aproximemos, quer afastemos o ímã, o movimento será sempre, contrariado pela corrente na bobina.

Na segunda parte aplicaremos a Lei de Lenz a experiência da Figura (2) de uma maneira diferente e para isto devemos considerar o ímã com o polo Norte com indicação de linhas de campo saindo dele e se aproximando com velocidade \vec{V} de uma bobina circular como mostrado na figura (5). De acordo com Lei de Lenz, a variação referida é o aumento de Φ_B , através da bobina, causado pela aproximação do ímã: o fluxo aumenta porque à medida que o ímã se aproxima dela, a densidade de linhas aumenta e, assim, a bobina intercepta um número maior delas. A corrente elétrica induzida \mathbf{i} reage a esta variação criando um campo \mathbf{B}_i , que se opõe ao aumento do fluxo. Assim, o campo \mathbf{B}_i , deve apontar da esquerda para a direita através do plano da bobina da figura (5) e é representado na figura 6(a). Mostramos também, nesta figura, como a regra da mão direita pode ser usada para relacionar o sentido da corrente elétrica induzida \mathbf{i} com a direção e o sentido do campo magnético \mathbf{B}_i , criado por \mathbf{i} .

O campo magnético induzido não se opõe intrinsecamente ao campo magnético do ímã: ele se opõe à variação desse campo que, nesse caso, é o aumento do fluxo magnético através da bobina. Se retirarmos o ímã, reduziremos Φ_B através da bobina. O campo magnético induzido opor-se-á, agora, a essa diminuição (isto é, à variação) de Φ_B reforçando o campo magnético. A figura 6(b) mostra o sentido da corrente neste caso.

Figura 8- Utilizando a regra da mão direita na relação entre corrente elétrica induzida \mathbf{i} ao campo magnético \mathbf{B}_i que ela produz quando o campo magnético externo através da espira aumenta (a, c) ou diminui (b, d).





Fonte: o autor.

Com o polo sul do ímã voltado para a bobina, se o aproximarmos dela e, a seguir, dela o afastarmos, os campos magnéticos induzidos correspondentes a tais situações serão os que estão mostrados nas figuras 6(c) e 6(d), respectivamente. Em cada uma das quatro situações na figura (6), o campo magnético induzido se opõe à variação que o produz.

3.3.1 Lei de Lenz e Conservação da Energia

Vamos considerar agora que Lei de Lenz indicasse um sentido diferente do mostrado nas duas situações interpretadas anteriormente, desta forma a corrente elétrica induzida atuaria para auxiliar a variação que a produziu, ou seja, um polo Sul apareceria sobre a face da bobina na Figura 4, quando aproximássemos o ímã com o polo norte voltado para ela.

Nestas condições, com um leve toque no ímã empurrado para iniciar o movimento que não mais cessaria sendo acelerado em direção à bobina e aumentaria cada vez mais a sua energia cinética, ao mesmo tempo apareceria energia térmica na bobina por causa de sua resistência elétrica à corrente elétrica induzida. Com isto vamos obter energia a partir do nada, indo contra com a lei da conservação de energia, e a Lei de Lenz é uma demonstração deste princípio.

De acordo com a lei da conservação de energia, sempre é necessária uma forma de energia para se produzir outra, por exemplo, ao aproximarmos ou afastarmos da Fig. 2, sempre experimentaremos uma força de resistência e, desse modo, teremos que realizar trabalho. Neste exemplo o trabalho deve ser exatamente igual à energia térmica que aparece na bobina, já que elas são as duas únicas formas de transferência de energia que ocorrem neste sistema isolado. Uma observação deve aqui ser feita, devemos por enquanto, ignorarmos a energia que é irradiada para fora da bobina como onda eletromagnética. Quanto mais rápido

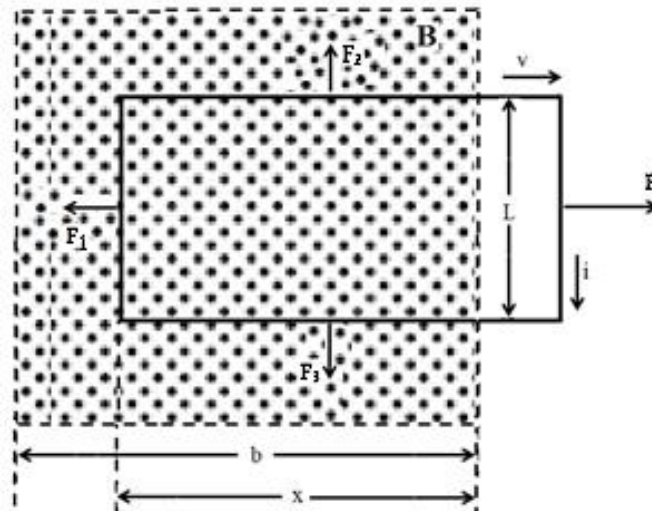
movermos o ímã, maior será a taxa de realização de trabalho e maior será a taxa de produção de energia térmica na bobina. Se cortarmos a bobina e, então, fizermos a experiência, não haverá nenhuma corrente induzida, nenhuma energia térmica, nenhuma força de resistência sobre o ímã e nenhum trabalho será necessário para mover o ímã.

3.4 Estudo Quantitativo da Indução

Para facilitar a compreensão, vamos utilizar nesta parte do estudo uma espira de formato retangular de largura L mostrada na figura (7), com uma de suas extremidades dentro de um campo magnético uniforme externo, que está dirigido perpendicularmente, para dentro do plano da espira. Tal campo pode ser produzido por um grande ímã de Neodímio que se apresenta delimitado pelas linhas tracejadas; devemos também desprezar as distorções em suas bordas. A experiência consiste em puxar a espira para a direita com velocidade escalar constante \mathbf{v} .

As figuras (5) e (7) são essencialmente semelhantes. Nas duas situações uma espira condutora de eletricidade e um ímã estão em movimento relativo, desta forma fazendo variar com o tempo, o fluxo do campo através da espira. Podemos dizer então que na figura (5), existe variação do fluxo porque \mathbf{B} está variando e, na figura (7), a variação do fluxo é devido a variação da área imersa no campo, mas esta diferença não é importante. A diferença importante entre os dois arranjos é que, para os nossos propósitos, o arranjo da figura (7) torna os cálculos bem mais fáceis. Vamos calcular, agora, a taxa na qual realizamos trabalho mecânico para puxar a espira da figura (7) com velocidade constante.

Figura 9- Uma espira de formato retangular condutora fechada sendo puxada para fora de um campo magnético com velocidade \mathbf{v} escalar constante. Enquanto a bobina está se movendo, uma corrente elétrica induzida, no sentido horário, aparece na espira. Energia térmica aparece na espira a uma taxa igual \mathbf{J} com que o trabalho mecânico é realizado sobre a espira.



Fonte: o autor.

3.4.1 Taxa de Realização de Trabalho

Como veremos, para que se possa puxar a espira com uma força, indicado pela letra F , que deve ser constante, e uma velocidade escalar v também constante, pois de acordo com a 3ª Lei de Newton uma força de módulo igual, mas de sentido contrário atua sobre a espira contrapondo-se ao nosso esforço para movê-la na figura (7). De acordo com a Equação (11), a taxa na qual realizamos trabalho é:

$$P = F \cdot v \quad (\text{Eq. 12})$$

(Potência)

Queremos determinar uma expressão para P em termos do módulo B do campo magnético e das características da espira, a saber, sua resistência R à corrente e sua dimensão L .

Quando *movemos* a espira para a direita na figura (7), a parte de sua área dentro do campo magnético diminui. Assim, o fluxo através da espira também diminui e, de acordo com a Lei de Lenz, uma corrente elétrica induzida é produzida na espira. É a presença desta corrente elétrica induzida que origina a força que se opõe ao movimento da espira.

Para determinar a corrente elétrica induzida, vamos inicialmente aplicar a Lei de Faraday. Sendo x o comprimento da espira que está ainda dentro do campo magnético, a área A da espira retangular imersa no campo é $L \cdot x$ em unidade de comprimento ao quadrado. Então, da equação (9), o módulo do fluxo

através da espira é:

$$\Phi = B \cdot Lx \quad (\text{Eq. 13})$$

À medida que x diminui, o fluxo diminui. A Lei de Faraday nos diz que com tal diminuição do fluxo, uma **fem** é induzida na espira. Abandonando o sinal de menos na equação (1) e usando a equação (13), podemos escrever o módulo desta **fem** onde substituímos dx / dt por v , a velocidade escalar com que a espira se move.

$$\Phi = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt} B \cdot Lx = B \cdot L \frac{dx}{dt} = B \cdot L \cdot v \quad (\text{Eq. 14})$$

A figura (8) mostra o circuito através do qual a carga flui: a fem \mathcal{E} está representada à esquerda e a resistência da espira à direita. O sentido de \mathcal{E} é obtido como na figura (6b); **fem** induzida e a corrente elétrica induzida i devem ter o mesmo sentido.

Para determinar o módulo da corrente elétrica induzida, não podemos aplicar a regra das malhas para diferenças de potencial num *circuito* porque, como veremos na **Seção 3.4**, não podemos definir um potencial para uma **fem** induzida. Entretanto, podemos ainda usar o "método da energia" diz que num intervalo de tempo dt uma quantidade de energia dada por $i^2 R dt$ equação (14) aparecera no resistor da como energia térmica.

Para uma melhor compreensão desta equação (14) deve ser feita, com uma leitura complementar. Como indicação, ver o capítulo 32 do livro de referência Física (3) de David Halliday e Robert Resnick [20].

Determinando a corrente elétrica: a **fem** induzida \mathcal{E} é a energia por unidade de carga transferida às cargas em movimento para manter a corrente elétrica. A grandeza iR é a energia por unidade de carga transferida das cargas em movimento para a energia térmica no interior do fio da espira. De acordo com a conservação da energia, \mathcal{E} igual a " iR ". Desta forma temos a seguinte equação:

$$i = \frac{\Phi}{R} \quad (\text{Eq. 15})$$

Quando substituirmos na equação anterior equação (8) fica:

$$i = \frac{B \cdot L}{R} \quad (\text{Eq. 16})$$

Sobre o aparecimento da corrente elétrica que causa o surgimento de três forças F_1 , F_2 e F_3 , uma em cada lado da espira. Para um melhor entendimento, revisar os conceitos de Força Magnética sobre Corrente Elétrica e podem ser calculadas por:

$$\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B} \quad (\text{Eq. 17})$$

Analisando cada par de forças temos que F_2 e F_3 têm o mesmo módulo e sentidos opostos, ou seja, se cancelam, deixando a força F_1 como responsável pela resistência ao movimento da espira, ou seja, opondo-se à força \vec{F} .

Usando a equação (17) para o segmento da esquerda e notando que o ângulo entre \mathbf{B} e o vetor \mathbf{L} para este segmento é 90° , escrevemos o módulo da força exercida por nós como.

$$F = i \cdot L \cdot B \cdot \sin 90^\circ = i \cdot L \cdot B \quad (\text{Eq. 18})$$

Substituindo na equação (18), a expressão de i dada pela equação (16) chegou à equação:

$$F = \frac{B^2 L^2 v}{R} \quad (\text{Eq. 19})$$

Observe que as grandezas B , L e R são constantes. Sendo a força F que é aplicada sobre a espira constante, também será constante sua velocidade v .

Fazendo a substituição da equação (19) na equação (12), encontramos a taxa na qual realizamos trabalho sobre a espira quando a retiramos do campo magnético:

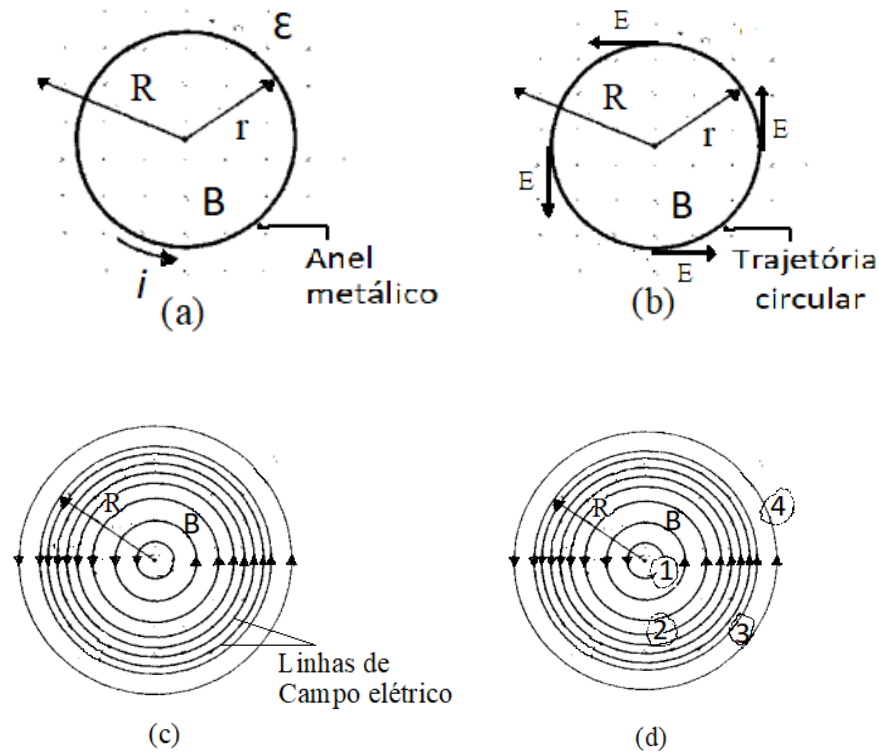
$$P = F \cdot v = \frac{B^2 L^2 v^2}{R} \quad (\text{Eq. 20})$$

3.5 Campos Elétricos Induzidos

Neste experimento vamos colocar um anel de metal, que pode ser cobre, de raio r em um campo magnético externo, uniforme, como mostra a figura (8). Vamos desprezando as distorções do campo que preenche o volume cilíndrico de raio R . Aumentando uniformemente a intensidade deste campo; se este aumento for de maneira apropriada também uma corrente elétrica constante é produzida. Haverá uma variação com uma taxa constante do fluxo magnético através do anel, e pela lei de Faraday uma **fem** induzida e, assim, uma corrente induzida aparecerá no anel. Da Lei de Lenz, podemos deduzir que o sentido da corrente induzida é anti-horário na figura (8a).

Se existe uma corrente no anel de cobre, um campo elétrico deve estar presente em todos os pontos no interior do anel e deve ter sido produzido pela variação do fluxo magnético. Este campo elétrico induzido \mathbf{E} é tão real quanto um campo elétrico produzido por cargas estáticas cada campo, não importando qual seja sua fonte, exercerá uma força sobre uma carga teste. Por esta linha de raciocínio, somos levados a uma reformulação útil e informativa sobre a Lei da indução de Faraday: Um campo magnético variável produz um campo elétrico.

Figura 10(a) Quando o campo magnético aumenta numa taxa constante, uma corrente induzida constante aparece, como é mostrada, no anel de cobre de raio ' r '. (b) Campos elétricos induzidos aparecem em vários pontos mesmo quando o anel é removido. (c) A figura completa dos campos elétricos induzidos, indicados pelas linhas de campo. (d) Quatro caminhos fechados semelhantes que delimitam áreas idênticas. **fems** iguais são induzidas em torno dos caminhos '1' e '2' que estão inteiramente dentro da região de campo magnético variável. Uma **fem** menor é induzida em torno do caminho '3', que está parcialmente dentro daquela região. Nenhuma **fem** é induzida em torno do caminho '4', que está completamente fora do campo magnético.



Fonte: o autor.

A impressionante característica desta afirmação é que os campos elétricos são induzidos mesmo com ausência de um anel metálico.

Para contribuir no entendimento destas, considere a figura (8b), que é exatamente como a figura 8(a), exceto que o anel de cobre foi substituído por um caminho circular, hipotético, de raio (r). Suponhamos, como antes que o campo magnético (B) esteja aumentando em módulo numa taxa constante dB/dt . Os campos elétricos induzidos em todos os pontos ao redor do caminho circular devem ser por simetria, tangentes ao círculo sendo observado na figura (8b). Assim, as linhas de campo elétrico produzidas pelo campo magnético variável formam, neste caso, um conjunto de circunferências concêntricas, visto na figura (8c).

Enquanto o campo magnético estiver aumentando com o tempo, o campo elétrico representado pelas linhas de campo circulares na figura (8e) estará presente.

A única condição para existência de um campo elétrico induzido é que o campo magnético seja variável. Se o campo magnético diminuir com uma taxa constante em relação ao tempo, as linhas de campo elétrico continuarão sendo circunferências concêntricas, porém com sentido oposto como vista na figura

(8c). Tudo isso e o que temos em mente quando dizemos: "Um campo magnético variável produz um campo elétrico".

3.5.1 Uma nova estruturação da Lei de Faraday

Consideremos uma carga teste q_0 movendo-se ao redor do caminho circular da figura (8b). Em uma volta completa o trabalho \mathbf{W} realizado sobre ela, pelo campo elétrico, é $\mathcal{E}q_0$, onde \mathcal{E} é a **fem** induzida, isto é, o trabalho realizado por unidade de carga durante o movimento da carga teste. De outra forma este trabalho é $\int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = (q_0 E) (2\pi r)$, onde $q_0 E$ é o módulo da força que atua sobre a carga teste e $2\pi r$ é a distância ao longo da qual esta força atua. Igualando as duas expressões para (\mathbf{W}) e cancelando q_0 , encontramos:

$$\mathcal{E} = F2\pi r \quad (\text{Eq. 21})$$

Sendo um caso mais geral que o da figura (8b), onde a integral seria calculada ao redor de um círculo fechado, esta equação torna-se igual à descrita a seguir, porém ela retorna imediatamente a da equação (21) quando calculada para o caso especial da figura (8b):

$$\mathcal{E} = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (\text{Eq. 22})$$

Com a equação (22) podemos expandir o significado de **fem** induzida. Até então, o significado de **fem** induzida pode ser visto de dois modos, onde o primeiro é o de que será o trabalho realizado por unidade de carga durante o movimento dos portadores de carga que constituem a corrente elétrica originada, num circuito por um fluxo magnético variável, e o Segundo diz que a **fem** induzida tem significado, ser o trabalho realizado por unidade de carga, no movimento de uma carga teste ao redor de um caminho fechado imerso num fluxo magnético variável. Mas, com a equação (22), não mais precisamos, realmente, de uma corrente elétrica ou de uma carga teste para falarmos de **fem** induzida. Uma **fem** induzida é o somatório da integração das grandezas $\mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$ ao redor de um caminho fechado, onde \mathbf{E} é a campo elétrico induzido por um fluxo magnético variável e $d\mathbf{s}$ é um elemento diferencial de comprimento orientado ao longo do caminho.

Combinando-se a equação (22) com a equação (1) vista no início do

capítulo, a Lei de Faraday pode ser escrita como:

$$\oint E \cdot ds = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Eq. 23})$$

A equação (23) mostra mais uma vez que quando um campo magnético está em movimento ele produz um campo elétrico: Observando os termos desta igualdade, temos um campo magnético variável no lado direito e um campo elétrico no lado esquerdo. A Lei de Faraday na forma da equação (23) pode ser aplicada a qualquer caminho fechado que possa ser traçado num campo magnético variável.

A figura (8d), por exemplo, mostra que desses caminhos, todos apresentam o mesmo formato e a mesma área, mas localizados em diferentes posições no campo variável. Para os caminhos 1 e 2, a **fem** induzida é igual a $\mathbf{f} \cdot d\mathbf{s}$ é a mesma porque eles estão totalmente imersos no campo magnético e, assim, tem o mesmo valor para $d\Phi_B/dt$. Note que, embora a **fem** seja a mesma para os dois caminhos, a distribuição dos vetores campo elétrico em volta deles é diferente, como é indicado pela configuração das linhas do campo elétrico. Para o caminho 3 onde a **fem** induzida é menor porque Φ_B (e, portanto, $d\Phi_B/dt$) é menor e para o caminho 4, a **fem** induzida é nula, embora o campo elétrico não seja nulo em nenhum ponto sobre o caminho.

3.5.2 O Potencial Elétrico com um novo enfoque

Os campos elétricos induzidos são produzidos não por cargas elétricas estáticas, mas por um fluxo magnético variável. Embora os dois tipos de campos exerçam forças sobre cargas testes, existe uma importante diferença entre eles. Sua evidência mais simples é o fato de que as linhas de campo dos campos elétricos induzidos formam curvas fechadas, como na figura (8c). As Linhas de campo produzidas por cargas estáticas, nunca estão fechadas, pois começam sobre cargas positivas e terminam sobre cargas negativas.

Num sentido mais formal, podemos estabelecer a diferença entre campos elétricos produzidos por indução e aqueles produzidos por cargas elétricas estáticas do seguinte modo:

O potencial elétrico só tem significado para campos elétricos que são produzidos por cargas estáticas; ele não tem significado para campos elétricos que são produzidos por indução.

Podemos compreender esta afirmação qualitativamente, considerando o que acontece com uma carga elétrica de teste, quando ela descrever uma volta ao redor do caminho circular na figura (8b). Ela parte de um determinado ponto e depois retorna a ele após a experimentação *de* uma **fem**, digamos, de 3,3V. Seu potencial deveria ter aumentado desta quantidade, não sendo possível, no entanto, pois o mesmo ponto no espaço teria dois valores diferentes de potencial. Chegamos à conclusão que apenas o potencial não tem significado para campos elétricos criados por campos magnéticos variáveis.

Podemos ter uma visão mais formal revisando como se calcula o potencial elétrico entre dois pontos quaisquer, neste caso vamos chamar de '*i*' e '*f*', a partir do conhecimento do vetor campo elétrico '**E**' em todos os pontos ao longo de uma trajetória ligando os pontos. A equação para calcularmos esta relação é:

$$v_f - v_i = \frac{w_{if}}{q_0} = - \int_i^f E \cdot ds \quad (\text{Eq. 24})$$

Podendo ser escrita também na forma:

$$v_f - v_i = - \int_i^f E \cdot ds \quad (\text{Eq. 25})$$

Devemos observar que os campos elétricos estudados para dedução desta equação foram criados por cargas elétricas estáticas, mas especificamente quando '*i*' e '*f*' na equação (25) coincidem o caminho que os liga a uma curva fechada, v_i e v_f são idênticos, feita essa observação a equação (25) se reduz e será escrita da seguinte forma:

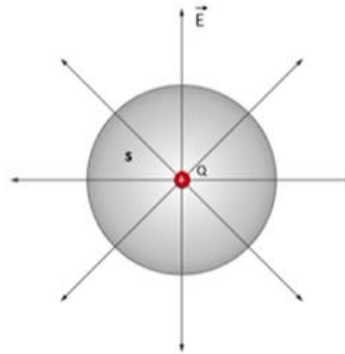
$$\oint E \cdot ds = 0 \quad (\text{Eq. 26})$$

Entretanto, quando um fluxo magnético variável está presente, esta integral não é zero, mas $-d\Phi_B / dt$, como afirma a equação (23). Novamente,

concluimos que o potencial elétrico não tem significado para campos elétricos associados à indução.

Vamos escrever agora a equação acima, que está escrita na forma integral, para a forma diferencial, para isso precisamos partir de observações feitas da figura a seguir:

Figura 11– Imagem de uma esfera de volume v com uma carga elétrica localizada no seu centro e com linhas de campo elétrico saindo dela.



Fonte: o autor.

A Lei de Gauss diz que existe uma relação entre o fluxo do campo elétrico representado por ϕ , em uma superfície fechada e a carga elétrica dentro desta superfície, desse modo, se for utilizado uma esfera como superfície Gaussiana ao redor de uma carga, o fluxo do campo elétrico gerado por essa carga será dado pela magnitude do campo elétrico \mathbf{E} vezes a área da superfície da esfera A .

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot \hat{n} dA = E \cdot A \cdot \cos \theta \quad (\text{Eq. 27})$$

Fazendo algumas simplificações tais como:

$$\cos 0 = 1 \quad (\text{Eq. 28})$$

Dessa forma a equação (20) passa a ser de maneira simplificada:

$$\phi = E \cdot A \quad (\text{Eq. 29})$$

Substituindo os termos da equação obtemos:

$$E \cdot A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 \quad (\text{Eq. 30})$$

Quando simplificamos os termos da equação anterior, chegamos à conclusão de que o fluxo do campo elétrico será dado pela por:

$$\Phi = \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} \, dA = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (\text{Eq. 31})$$

Pelo teorema do divergente, podemos obter a Lei de Gauss na forma diferencial, para isso seguiremos os seguintes passos:

A integral do campo na superfície é igual a integral da divergência do campo no volume, ou seja.

$$\int_S \vec{E} \cdot \hat{n} \, dA = \int_V \nabla \cdot \vec{E} \, dv = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (\text{Eq. 32})$$

Sendo a carga q neste volume, dada por uma distribuição de cargas ρ , podemos escrever a integral nesta forma.

$$\int_V \nabla \cdot \vec{E} \, dv = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho(\vec{r}) \, dv \quad (\text{Eq. 33})$$

Para esta integral ser igual a zero:

$$\int_V \left[\nabla \cdot \vec{E} - \frac{\rho}{\epsilon_0} \right] dv = 0 \quad (\text{Eq. 34})$$

O divergente do campo do campo elétrico será dado por:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (\text{Eq. 35})$$

E obtemos assim a Lei de Gauss na forma Diferencial.

4 A Sequência Didática para o Experimento de Indução Eletromagnética, Geradores e Motores.

A sequência didática se divide em três (03) etapas de realizações experimentais alinhadas com aprendizagens sobre a lei da indução eletromagnética e suas principais aplicações tecnológicas, os motores e os geradores.

Cabe ressaltar aqui que a expressão "sequência didática" se tornou conhecida no Brasil, em especial, a partir dos trabalhos de M. A. Moreira [21] e nitidamente a Metodologia ISLE e as UEPS, fundamentadas na Teoria de Aprendizagem Significativa [22], como já foi dito anteriormente, dialogam entre si, pois ambas são apoiadas no método científico centrado na observação prática e/ou experimental de um dado fenômeno. Inclusive, os três momentos aqui descritos da sequência didática são semelhantes aos três componentes da ISLE ou, ainda mais, ambas as metodologias possuem componente do ciclo de raciocínio lógico que se repete a cada novo tópico aprendido.

4.1 Materiais Usados no Experimento Portátil Proposto

Para a realização do experimento portátil (usamos termo Expenc que é a abreviação de Experimento de Ciência na Caixa), todos os materiais foram apresentados em um caixote de madeira tipo MDF, Figura 1, que foi cortado a laser, medindo 21,0 cm de comprimento, 17,0 cm de largura e 7,0 cm de altura. Estas dimensões foram escolhidas para que todos os experimentos fossem portáteis e que a caixa pudesse acomodar facilmente os materiais a seguir:

- a. 01 Multímetro digital
- b. 01 Bobina de fio esmaltado
- c. 01 Carcaça do motor
- d. 01 Ímã cilíndrico de neodímio
- e. 01 Ímã em formato de anel de 1,7 cm de Diâmetro
- f. 01 Ímã em formato de anel de 5,2 cm de Diâmetro
- g. 01 Cabo duplo, bananas/terminais (Disconnect Engate fêmea)

- h. 01 Mini Gerador.
- i. 01 Manivela de cano de PVC
- j. 01 Lâmpada Led/Bocal
- k. 01 Cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada plug macho/
plug fêmea.
- l. 01 Base do motor
- m. 01 Suporte para pilhas
- n. 01 Pilha recarregável 3,3 v
- o. 01 Bobina com 6-8 voltas

Vale ressaltar que todos esses materiais são de fácil aquisição no comércio local da maioria das cidades do Brasil ou em sítios de vendas de produtos na internet. Por exemplo, qualquer multímetro que meça tensão na faixa de milivolts pode ser usado. Os ímãs de neodímio podem ser adquiridos diretamente no sítio da empresa Mercado Livre. A peça central deste experimento foi o mini gerador, que é simplesmente um motor que gira o prato de forno de micro-ondas (muito popular nas cozinhas atuais) com a observação de que na compra deve-se solicitar que o motor tenha o eixo de fixação de metal, por ser mais robusto.

Figura 12- Fotografia com todos os materiais do experimento dentro e fora do caixote. À esquerda, todos os materiais dentro do pequeno caixote portátil. No centro, a bobina ligada ao multímetro digital com ímãs de diâmetro diferentes e a carcaça do mini gerador. À direita, a manivela de cano de PVC acoplada ao mini gerador que acende uma lâmpada residencial e um multímetro para medição da voltagem gerada.



Fonte: Imagem do autor.

4.2 Primeiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto

Educacional

O professor apresentou aos estudantes os materiais que compõem o kit e o seu uso. Explicou o que é uma espira, composta pelo fio esmaltado enrolado na forma de bobina, fazendo uma observação “que ela foi retirada de um mini gerador desmontado para este propósito”, como se usou o multímetro (antes de chegar neste tema, muito possivelmente, nas atividades práticas sobre eletricidade e magnetismo, já foi apresentado como se usa este instrumento de medidas elétricas), o que era um ímã de neodímio, enfim, um momento de contextualização experimental com a apresentação e uso de todos os itens que compõem este kit. Com esses diálogos, o passo inicial da problematização inicial foi executado.

4.3 Primeiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional

Chegamos, então, ao segundo momento pedagógico, no qual o professor apresentou qualitativamente os experimentos, isto é, não se fizeram aqui medidas, apenas observações qualitativas. Em seguida, fizeram-se as orientações de como conectar os terminais do tipo (Disconnect Engate fêmea) do fio de cores cinza/preta na bobina e a outra extremidade do mesmo fio onde estão os plugs de tipo Banana de cores, vermelho e o outro preto no multímetro.

Continuando o segundo momento, deveu-se orientar como acoplar a manivela ao mini gerador, em seguida a lâmpada e o multímetro e, também, a ligação do mini motor com a bateria e o ímã de neodímio. Após cada conexão, individualmente, seguiram-se os momentos de observação. Para a bobina, o ímã de neodímio, o ímã retirado de um alto falante e o multímetro, perguntou-se o que devia ocorrer ao se aproximar a bobina do ímã de neodímio e o ímã de diâmetro maior retirado do alto falante, que valor devia-se medir no multímetro (voltagem contínua ou alternada, corrente ou resistência elétrica)?

A Figura 3 apresentou os materiais usados para essas primeiras observações experimentais. Aguardaram-se as respostas, fizeram-se anotações e a primeira aproximação do ímã com a espira foi efetuada. Em seguida,

comentou-se o observado, anotou-se os valores e novas perguntas puderam ser efetuadas, sempre com a resposta advinda da observação da experimentação. Podiam surgir mais perguntas do tipo: a voltagem registada dependia de que parâmetros, proximidade do ímã com a espira, da velocidade de aproximação do ímã, do ângulo entre a bobina e do ímã etc. Foi o momento de aguçar a observação experimental com as perguntas e a direta observação por parte dos estudantes ou, ainda, pôde-se escutar perguntas por parte deles e, novamente, lembrá-los de que a resposta deveria vir da observação prática.

Na parte seguinte, no segundo ciclo do Método ISLE, fizeram-se as medidas quantitativas, mediram-se os valores de voltagem gerados em cada situação prática das observações qualitativas e quanto foi o valor gerado em unidades de milivolt.

Figura 13- Fotografia dos ímãs (cilíndrico menor diâmetro e o cilíndrico de maior diâmetro), e a carcaça do mini gerador, abaixo do multímetro, bobina (à esquerda na cor branca). Cabos ligam a bobina ao multímetro (na escala de 200 milivolts VDC), usados para observar o fenômeno da indução eletromagnética ao se aproximar os ímãs da bobina. Visualiza-se, por fim, a detecção com a variação dos dígitos do multímetro.



Fonte: Imagem do autor.

Das observações, foi solicitado que fosse feita uma classificação ou caracterização dos padrões das experimentações. Perguntou-se quais parâmetros físicos (campo magnético, campo elétrico, temperatura, pressão, corrente e voltagem elétrica, etc.) são importantes para se chegar a uma lei que explicasse todos estas observações. Houve alguma equação representativa para explicar o que foi observado? Ainda no segundo momento pedagógico, iniciou-se a construção da equação que relacionasse as grandezas físicas que foram

analisadas. Discutiu-se o método de trabalho do descobridor deste fenômeno (Michael Faraday), que não possuía muitos conhecimentos matemáticos para propor uma equação representativa das observações. Explicou-se, ainda, que foram necessários alguns anos de comunicações entre os cientistas até que James Maxwell apresentasse sua formulação matemática da lei da indução que, em notação moderna, adaptada ao ensino de Física em disciplinas introdutórias, podia ser vista na equação (39).

No entanto para chegarmos à equação citada acima, partimos do seguinte pressuposto: que o fluxo magnético é decorrente do produto entre a intensidade do campo (B), a área da superfície interna da espira (A) e o seno do ângulo (θ) entre o campo e essa superfície.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \sin \theta \quad (\text{Eq. 36})$$

A força eletromotriz entre os terminais da bobina resulta da variação do fluxo magnético, ou seja:

$$\varepsilon = \frac{\Phi_{final} - \Phi_{inicial}}{\Delta t} \quad (\text{Eq. 37})$$

O módulo da força eletromotriz (ε) induzida pode ser obtido pela divisão entre a diferença do fluxo do campo magnético em dois instantes e o intervalo de tempo transcorrido entre eles.

$$|\varepsilon_{induzida}| = \frac{\Delta \Phi_{fluxo\ magnético}}{\Delta t_{tempo}} \quad (\text{Eq. 38})$$

Levando agora em consideração a Lei de Lenz, com relação ao sentido, para explicar o sinal negativo da equação que passa a ser escrito da seguinte forma:

$$\varepsilon_{induzida} = - \frac{\Delta \Phi_{fluxo\ magnético}}{\Delta t_{tempo}} \quad (\text{Eq. 39})$$

A equação (36) representa a força eletromotriz induzida (medida no

voltímetro, com o circuito aberto, sem carga) que é proporcional ao negativo da variação do fluxo magnético dividido pela variação temporal. Explica-se que, no sistema internacional de medidas, a voltagem elétrica é medida em volts, o fluxo magnético, em medidas de campo magnético, Tm^2 (tesla vezes metros quadrado) e o tempo em segundos. Na hipótese desta equação ser válida, foi perguntado sobre o sinal ser negativo, que é algo substancialmente importante comentar. Este sinal representa que a variação do fluxo temporal induzirá uma força eletromotriz negativa a essa variação. Este fato pode ser observado diretamente na medida da voltagem medida no voltímetro (observando-se a mudança do sinal), todas as vezes que se inverte o sentido do ímã ou da bobina ao se aproximar ou se afastar. Tal fato indica o que chamamos de Lei de Lenz, isto é, a evidência da lei da conservação da energia neste sistema eletromagnético e cinético. Assim, se deve introduzir a Lei de Lenz, da observação experimental em conjunto com a hipótese de a Equação “1” está correta. Desse modo, a Lei de Lenz mostra que há uma reação contrária à ação provocada pelo movimento do ímã ou da bobina, de forma que, se o sul do ímã se aproxima da bobina, o sentido da força eletromotriz é horário.

4.4 Terceiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional

Com a lei básica da indução eletromagnética devidamente explorada, pôde-se passar para o terceiro momento pedagógico, que foi a aplicação deste conhecimento. A pergunta chave poderia ser: quais equipamentos, encontrados nas residências, poderiam estar associados à lei da indução eletromagnética? Em que parte(s) destes aparelhos a indução eletromagnética se manifestou? Você poderia descrever, de forma simplificada, como ela se manifestou? Foram ouvidas as respostas, que inicialmente são as máquinas residenciais: liquidificador, batedeira, máquina de lavar, furadeira, enfim, máquinas motrizes. Nitidamente, tais respostas surgiram porque os estudantes já conheciam estes equipamentos do cotidiano e talvez houvesse a proposta de construir um gerador. Neste momento, foi importante ressaltar aos estudantes que para estas máquinas funcionarem é preciso antecipadamente que ocorra a geração da energia elétrica. Logo, foi necessário inicialmente, entender a

tecnologia de funcionamento de um gerador elétrico.

Depois, apresentou-se o uso do mini gerador, que faz uso de um movimento cíclico, com o giro da manivela girando um ímã interno que está dentro da bobina e, assim, produz-se energia elétrica a partir da energia do movimento. Fez-se a demonstração com o acendimento de uma lâmpada residencial, tipo LED, mostrou-se que este pequeno gerador foi capaz de acender a lâmpada facilmente (figura 12) e os materiais para esta realização prática.

Pôde-se perguntar qual o valor da voltagem gerada por este mini gerador. Ouviram-se as respostas e suas explicações e, em seguida, mediu-se com a voltagem o multímetro, com e sem a lâmpada no circuito, podendo comentar sobre a diferença dos conceitos de “força eletromotriz” e “voltagem elétrica”, o que fica nítido com as medidas no multímetro, com e sem a lâmpada no circuito, isto é, com e sem a carga elétrica ligada. Discutiu-se sobre o sistema de engrenagem que fez aumentar a velocidade do ímã interno à bobina.

Para finalizar esta seção de investigação do mini gerador e para usar um dos sentidos do corpo humano como sensor de grandeza elétrica, perguntou se este mini gerador era capaz de provocar um choque elétrico forte em uma pessoa. Para responder experimentalmente, sugerimos que os dois terminais de saída do gerador fossem conectados somente entre os dedos da mão direita do estudante curioso, pois o choque é razoavelmente forte e não se deve passar corrente elétrica no corpo na região próxima ao coração humano, fazendo assim uma interdisciplinaridade com a Biologia e os orientando a fazer uma leitura sobre as normas de segurança do trabalho, especificamente quando se tratam de redes de alta tensão e quais as consequências de um choque elétrico de grande intensidade no corpo humano. Fez-se o giro e se observou a reação do aluno atizador.

Figura 14- Fotografia com os materiais para demonstrar a geração de energia elétrica, manivela de cano de PVC, mini gerador, cabos com dois seguimentos (ligam o mini gerador a lâmpada e ao multímetro com o auxílio dos cabos do próprio aparelho), multímetro e lâmpada residencial tipo LED.



Fonte: Imagem do autor.

Continuando o terceiro momento pedagógico, o assunto agora são as máquinas motrizes eletromagnéticas, os chamados motores elétricos, que são os instrumentos que foram fundamentais, para a chamada Segunda Revolução Industrial.

Em praticamente todas as indústrias, foram introduzidos os motores para execução de diversas tarefas, substituindo o trabalho braçal e as máquinas a vapor.

Esse momento iniciou-se mais uma vez com uma pergunta: o que ou quais componentes foram necessários para se construir um motor elétrico? Houve inúmeras formas de se montar um motor elétrico e, neste momento, pôde-se solicitar que fizessem uma consulta via internet sobre os diferentes tipos de motores e, diante dos resultados apresentados, pôde-se discutir quais foram os componentes essenciais para haver um motor elétrico, isto é, transformar energia elétrica em energia mecânica, energia cinética de movimento.

Depois de ouvir e analisar em conjunto com os estudantes todas as ideias e suposições, apresentou-se um protótipo de um motor de corrente contínua com escovas. Mostrou-se o motor em funcionamento e os deixou observar e experimentar, fazer mudanças do tipo: inverter a bobina, mudar o tipo de ímã, mudar as posições relativas do ímã e da bobina etc.

Após a apresentação do conceito de motor elétrico, pôde-se lançar a ideia de utilização do mini gerador agora como motor elétrico, fazendo a seguinte pergunta: o que ocorreu ao ser ligado à rede elétrica de 220 volts? Após a conexão na rede, uma das possíveis observações, foi que o sentido de

rotação do mini gerador mudou a cada conexão com a rede elétrica, cabendo neste momento um parêntese sobre os conceitos de fase e frequência do ciclo da tensão alternada. Pôde-se instigar os estudantes a projetar outros tipos de motores elétricos. No link abaixo, há um roteiro de uma aula experimental com estes materiais:

https://fractal.ind.br/pdfs/ExP_F12_Inducao_Eletromagnetica.pdf

5 Resultados e Discussão

5.1 Metodologia da aplicação do produto educacional e das avaliações inicial e final

Dentro da proposta do produto educacional, uma contribuição complementar ao trabalho foi à realização no início do processo, de uma avaliação diagnóstica da turma, na forma de um questionário que foi elaborado com dez questões cujas respostas objetivas referentes aos aspetos qualitativos e quantitativos dos conceitos que seriam trabalhados na proposta em estudo. Uma cópia da prova é mostrada no apêndice I, tal como foi aplicada. Este mesmo questionário também foi aplicado ao término do terceiro e último encontros e os resultados de ambas as situações serão discutidas neste capítulo.

Para manter o sigilo sobre a identidade dos 15 alunos, seus nomes foram substituídos por letras do alfabeto de “A” a “P”.

As respostas da primeira etapa da avaliação estão dispostas na tabela (1) abaixo; as alternativas identificadas pela cor Verde-água estão corretas e as identificadas pela cor Laranja estão incorretas; este procedimento de cores foi adotado em ambas as tabelas, ou seja, para a avaliação diagnóstica e para avaliação ao término das atividades, cujos dados se encontram na tabela (2) para facilitar a compreensão.

A forma da aplicação do questionário foi através do Socrative, trata-se de um ambiente virtual anexo à sala de aula, podendo receber até 50 pessoas conectadas simultaneamente.

Ele é um software que também funciona como aplicativo que permite que o professor e alunos possam interagir, a partir do smartphone, tablet ou computador, permitindo a criação de um espaço virtual complementar às aulas,

e que permite dinamizar a aplicação de atividades em sala de aula ou como tarefa extra classe.

O professor pode fazer perguntas através de atividades únicas ou pode projetar um questionário programado previamente e executar durante a aula, podendo visualizar e avaliar a compreensão do aluno, em tempo real.

Nesse ambiente virtual, o professor poderá obter múltiplas respostas, com a possibilidade de comentar resultados simultaneamente com a classe, arquivar relatórios e manter o controle sobre o número de inscritos.

Através do Socrative, é possível criar uma série de questões, exercícios educativos ou jogos, aos quais os alunos poderão responder, reforçando desta forma, o conteúdo aplicado em sala de aula.

Os alunos convidados a responder o questionário podem conectar-se a este software a partir de um número ou nome de classe fornecido pelo professor ao qual poderá resolver as questões fornecidas, diretamente de seus aparelhos, contanto que disponha de uma conexão de Internet.

Desta forma, o professor tem também uma maior possibilidade de acompanhamento das atividades avaliativas dos alunos, podendo verificar em tempo real o número de alunos que acessão ao trabalho e o resolvem.

A distribuição do conteúdo na atividade avaliativa seguiu a mesma ordem da sequência didática: geração de uma corrente elétrica induzida a partir de um campo magnético variável e geração de um campo magnético a partir de uma corrente elétrica.

5.2 Resultado da avaliação Inicial

Antes de iniciar a aplicação da atividade, tivemos um momento para dialogar e expor qual foi a ideia da proposta, por exemplo: que os discentes seriam participantes da construção da atividade e não meros observadores; que seriam levados a emular o método como os cientistas trabalham e em seguida expor qual seria o tema relacionado ao trabalhado, e que o conteúdo fazia parte da Base Comum Curricular, e possivelmente seria cobrado em avaliações tais como o ENEM, sendo esta, uma avaliação obrigatória para o ingresso em uma instituição de ensino superior.

Durante o diálogo todos confirmaram que iriam se submeter à

realização do ENEM como uma possibilidade de ingresso em uma das instituições de ensino superior do Brasil, que ocorrerá ao término deste ano letivo de 2022.

Figura 15- Nestas duas imagens é possível observar parte dos alunos participantes da proposta, formando equipes de dois ou três integrantes, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa e ouvindo a apresentação da ideia a ser trabalhada.



Fonte: Imagens do autor.

Logo em seguida à apresentação da proposta, se iniciou por parte dos alunos, a resolução do questionário de diagnóstico da turma. Para resolução da avaliação combinamos que seria disponibilizado um intervalo de tempo de quarenta e cinco minutos (45) minutos.

Na tabela (1) encontramos as respostas da primeira até a décima questão e podemos observar que os resultados não foram satisfatórios. Verificamos que todos os alunos não conseguiram transpor os obstáculos e chegaram a responder corretamente a 50% das questões.

Tabela 1- Correspondente às respostas da primeira etapa da avaliação, as alternativas identificadas pela cor Verde-água estão corretas e as identificadas pela cor Laranja estão incorretas.

PRETESTEMESTRADO-15 de outubro de 2022 14:44

Nome do aluno	NÚMERO DE ACERTOS (%)	NÚMERO DE ACERTOS	Q-1	Q-2	Q-3	Q-4	Q-5	Q-6	Q-7	Q-8	Q-9	Q-10
	0 a 100	0 a 10										
A	30	3	C	E	B	B	A	A	E	D	A	C
B	10	1	C	C	C	B	A	D	D	A	E	A
C	20	2	E	C	D	A	D	C	A	B	C	D
D	40	4	C	A	D	E	B	E	C	C	A	D
E	20	2	C	B	A	D	A	E	C	B	D	D
F	10	1	A	D	E	D	B	E	C	C	B	E
G	40	4	A	B	A	B	C	C	B	D	A	C
H	20	2	A	C	B	C	A	A	A	D	C	B
I	30	3	D	E	D	B	D	D	E	C	A	E
J	10	1	D	B	A	D	A	E	E	A	D	D
L	20	2	E	B	A	A	D	E	A	B	D	B
M	40	4	C	E	A	B	A	B	D	D	A	C
N	20	2	A	C	A	C	A	A	D	A	A	D
O	30	3	A	B	B	A	A	A	D	D	A	C
P	40	4	B	C	C	C	A	A	A	C	D	C
			33,33%	26,66%	20,00%	20,00%	6,66%	6,66%	26,66%	26,66%	46,66%	33,33%

Relatório gerado em: 6 de outubro de 2022 10:50 +00:00

Fonte: Imagem do autor.

Como foi possível observar na tabela (1) a percentagem de acertos individual variou entre 10% e 40%. O desempenho dos alunos B, F e J foram os menores, com apenas uma resposta correta e os alunos D, G, M e P tiveram os melhores desempenhos da turma com 40% de acertos totalizando neste caso, quatro questões com respostas corretas. Os demais alunos variaram seus acertos neste intervalo entre duas (2) ou três (3) questões.

Para corroborar com a observação anterior sobre os resultados não satisfatórios obtidos na avaliação diagnóstica pelos alunos, veremos mais a frente com o apoio de gráficos feitos através do programa Excel, onde é possível observar de uma maneira estatística tal conclusão sobre o desempenho dos alunos em cada uma das questões.

5.3 Aplicação do Produto Educacional

Na primeira parte do segundo encontro composto por duas aulas de cinquenta minutos cada, o professor apresentou aos estudantes os materiais que compõem o kit e o seu uso, com esses diálogos, o passo inicial da problematização inicial foi executado, que teve sua sequência didática descrita no capítulo quatro, subitem quatro ponto dois.

Figura 16- Imagem onde é possível observar parte dos alunos participantes da proposta, com equipes de dois ou três integrantes formadas, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa e ouvindo a apresentação da primeira parte

do momento pedagógico da proposta a ser trabalhada.



Fonte: Imagem do autor.

Passamos agora para o segundo momento pedagógico, no qual o professor apresentou qualitativamente os experimentos, isto é, não foi feita aqui medidas, apenas observações qualitativas. Em seguida, foram feitas as orientações de como conectar os terminais do tipo (Disconnect Engate fêmea) do fio de cores cinza/preta na bobina e a outra extremidade do mesmo fio onde estavam os plugs de tipo Banana de cores, vermelho e o outro preto no multímetro.

Figura 17- Nesta imagem visualizamos uma dupla formada por alunos participantes da proposta, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa, ouvindo as orientações de como conectar os terminais do tipo (Disconnect Engate fêmea).



Fonte: Imagem do autor.

Dando continuidade ao segundo momento pedagógico, os alunos foram orientados como acoplar a manivela ao mini gerador e em seguida conectar o mini gerador através do cabo ao multímetro. Cada conexão foi seguida por

momentos de observação. Neste momento também pôde-se perguntar o que deveria ocorrer ao se aproximar a bobina do ímã de neodímio e o ímã de diâmetro maior retirado do alto falante, que valor deveria medir no multímetro (voltagem contínua ou alternada, corrente ou resistência elétrica?)

Figura 18- Em ambas as imagens, onde é possível observar duas duplas formadas por alunos participantes da proposta, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa, e conectando a manivela ao mini gerador de energia elétrica para observar a leitura obtida no multímetro ao girar a manivela.



Fonte: Imagens do autor.

Agora é o momento do segundo ciclo do Método ISLE: foram feitas as medidas quantitativas, mediram-se os valores de voltagem gerados em cada situação prática das observações qualitativas e quanto foi o valor gerado em unidades de milivolt, em seguida se conectou a lâmpada LED e se observou o que acontecia.

Figura 19- Observamos uma imagem formada por alunos participantes da proposta, com o kit composto pelos experimentos que serão trabalhados sobre a mesa, com a manivela conectada ao mini gerador de energia elétrica observando a geração de energia elétrica que acende a lâmpada LED conectada ao mesmo.



Fonte: Imagem do autor.

Durante este momento pedagógico, foi sugerido pelos próprios alunos que as luzes da sala fossem apagadas para ser possível de observar com a escuridão quase que total do ambiente, a capacidade de geração de energia elétrica pelo mini gerador.

Figura 20- As quatro imagens são do ambiente onde ocorriam os experimentos, com as luzes apagadas para observação da capacidade de geração de energia elétrica pelo mini gerador e a intensidade luminosa da lâmpada de LED.



Fonte: Imagens do autor.

Por último, foi apresentado aos alunos o protótipo de um motor de corrente contínua com escovas. Mostrou-se o motor em funcionamento e os

deixou observar e experimentar, fazendo mudanças do tipo: inverter a bobina, mudar o tipo de ímã, mudar as posições relativas do ímã e da bobina, etc.

Figura 21- Temos duas imagens, em ambas os alunos fazem a montagem do motor de corrente contínua de escovas.



Fonte: Imagens do autor.

5.4 Resultados da Avaliação Final

Chegamos então ao término das atividades de aplicação do produto educacional com a replicação do questionário que foi aplicado no primeiro encontro. Os resultados da avaliação estão na tabela (2) a seguir:

Tabela 2- Correspondente às respostas da segunda etapa da avaliação, após a conclusão das atividades experimentais, as alternativas identificadas pela cor Verde-água estão corretas e as identificadas pela cor Laranja estão incorretas.

PREESTEMESTRADO-210 de outubro de 2022 16:36												
Nome do aluno	NÚMERO DE ACERTOS (%)	NÚMERO DE ACERTOS	Q - 1	Q - 2	Q - 3	Q - 4	Q - 5	Q - 6	Q - 7	Q - 8	Q - 9	Q - 10
	0 a 100	0 a 10										
A	30	3	C	E	D	E	C	D	D	D	E	A
B	10	1	C	D	B	E	B	D	E	E	C	A
C	50	5	B	B	C	B	C	D	D	C	A	C
D	40	4	C	C	D	D	A	A	A	C	A	A
E	60	6	C	B	D	A	A	E	A	E	A	C
F	20	2	B	B	B	B	B	D	C	B	D	C
G	60	6	C	B	D	B	C	C	B	D	A	C
H	40	4	C	C	A	C	D	E	E	C	A	D
I	30	3	C	E	D	B	D	D	A	C	A	E
J	20	2	C	B	A	E	A	E	A	E	D	C
L	20	2	A	B	A	A	D	D	A	B	A	C
M	60	6	C	A	D	D	C	C	D	E	A	C
N	60	6	C	B	D	C	A	A	D	A	A	C
O	40	5	B	B	A	C	A	C	D	B	A	C
P	70	7	C	B	A	A	A	C	A	C	A	C
			73,33%	60,00%	46,66%	20,00%	26,66%	20,00%	40,00%	33,33%	73,33%	66,66%

Relatório gerado em: 10 de outubro de 2022 19:37 +00:00

Fonte: Imagem do autor.

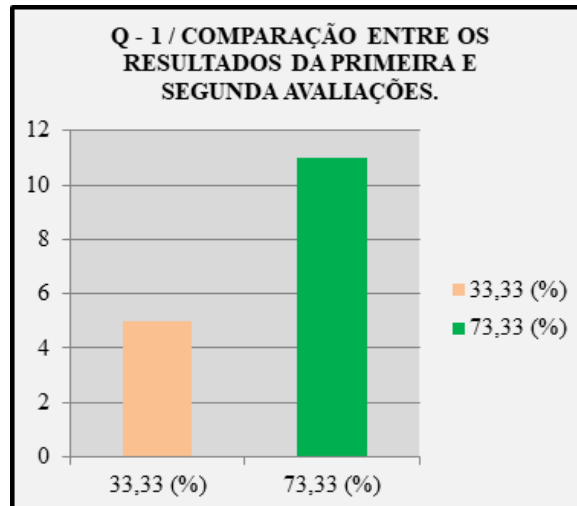
A partir da análise da tabela (2), observamos nitidamente, que houve um avanço satisfatório de aprendizagem quando avaliamos o resultado geral obtido pela turma em cada questão durante a reavaliação, que ocorreu após a aplicação do produto educacional. Para resolução do questionário combinamos que seria disponibilizado um intervalo de tempo de quarenta e cinco minutos (45) minutos, o mesmo intervalo de tempo combinado para o primeiro momento.

5.5 Comparação entre os resultados

Com o auxílio dos gráficos, analisou-se qualitativa e quantitativamente cada uma das questões, como base para justificativa da afirmação do nítido aprendizado por parte dos alunos. Na sequência, avaliou-se um gráfico para cada uma das dez questões, comparando os resultados obtidos na aplicação da avaliação diagnóstica e na avaliação aplicada ao término das atividades. Para distinguir ambos, foram utilizados em todos os gráficos a coluna de cor laranja para os resultados da primeira avaliação e a coluna de cor verde para os da segunda avaliação.

No eixo vertical foram dispostos a quantidade de alunos que acertaram a questão especificada no título do gráfico, e no eixo horizontal a percentagem da turma referente a essa quantidade de aluno, lembrando que foram um total de quinze alunos (15) participantes da atividade.

Gráfico 1- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na primeira questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.

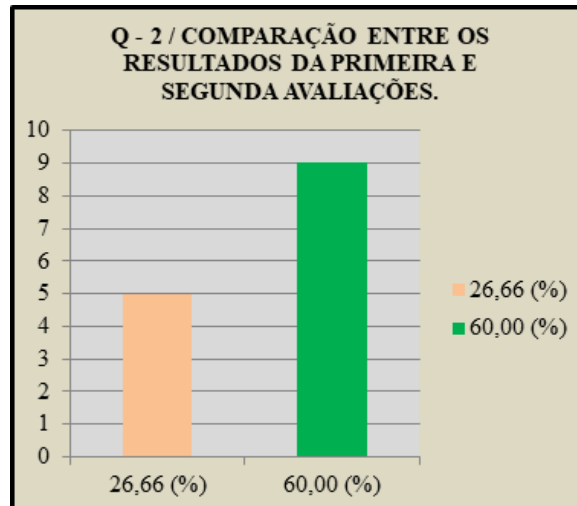


Fonte: Imagem do autor.

Essa primeira questão trata da Lei de Michael Faraday ou Lei da Indução Eletromagnética, sendo uma questão referente ao conceito de força eletromotriz que tem como resposta correta a alternativa onde se diz que ela é o produto da relação entre a variação do fluxo magnético pelo tempo.

Sendo esta primeira dentre as dez questões, a que obteve um maior número de acerto por parte dos alunos, um total de (5) respostas corretas na primeira avaliação e (11) respostas corretas na segunda avaliação. Esse acréscimo do número correto de resoluções gerou uma variação positiva no percentual do número de acertos por parte da turma, ficando no patamar dos 40,00% a mais em relação à primeira avaliação.

Gráfico 2- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na segunda questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.



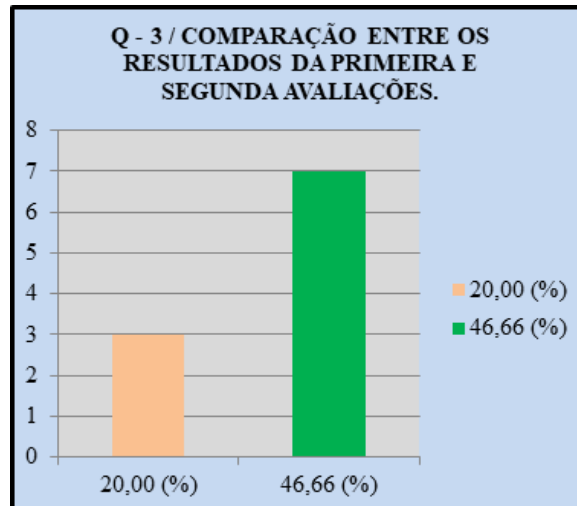
Fonte: Imagem do autor.

Analisando agora a questão de número (2) sobre a lei que ficou conhecida como Lei de Lenz, porque é sobre esta que trata a segunda questão. Ela contribuiu com outra lei, a de Faraday, já existente, atribuindo um novo sentido a ela ao levar em conta o princípio de conservação da energia.

A ideia desta questão foi que o aluno mostrasse que compreendeu o conceito desta lei que diz que a corrente elétrica induzida em uma espira, sempre gera um campo magnético oposto ao campo magnético variável que lhe deu origem.

Nesta questão os alunos obtiveram um bom acréscimo no número de acerto, um total de (5) respostas corretas na primeira avaliação e (9) respostas corretas na segunda avaliação. Esse acréscimo no número correto de resoluções gerou uma variação positiva no percentual do número de acertos por parte da turma, ficou no patamar dos 33,34% em relação à primeira avaliação.

Gráfico 3- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na terceira questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.



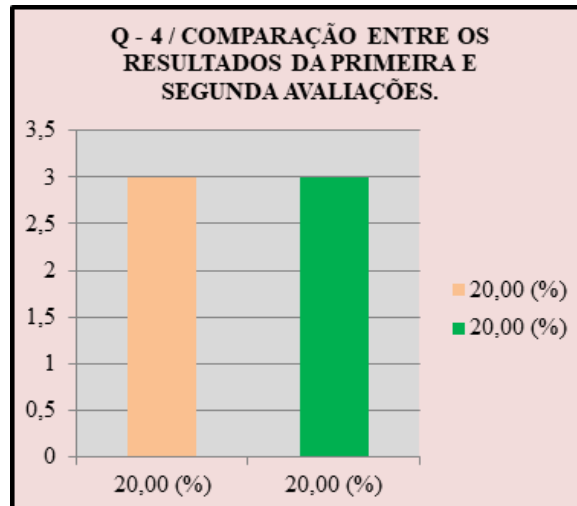
Fonte: Imagem do autor.

Para compreensão desta questão foi necessário observar uma imagem de uma espira circular presa a um suporte, em que ela ficava sujeita a aproximação de um ímã que teve o seu polo Norte direcionado para o centro da espira. Durante certo intervalo de tempo, ocorreu uma variação de fluxo magnético sobre esta espira que teve certa resistência elétrica.

A aproximação do ímã causou aumento de fluxo magnético na espira, o que gerou o surgimento de uma corrente elétrica induzida, caracterizando nesta questão a ideia de se trabalhar um contexto de forma conceitual da Lei de Lenz.

O aumento de 26,66% de acertos em relação à primeira aplicação mostrou mais uma vez que mesmo sendo pequena em termos numéricos, essa variação foi bem considerável porque, de três alunos que responderam corretamente a primeira avaliação, o número de acertos passou para sete na segunda avaliação, sendo este último número correspondente a quase 50% dos alunos participantes da proposta.

Gráfico 4- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na quarta questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.



Fonte: Imagem do autor.

Como foi dito na secção (5.1), onde também falamos sobre o aplicativo Socrative, que através das suas planilhas, foi possível com maior facilidade a análise dos dados obtidos. Tivemos neste caso como exemplo, nesta quarta questão, onde se obteve a mesma quantidade de acertos nas duas avaliações.

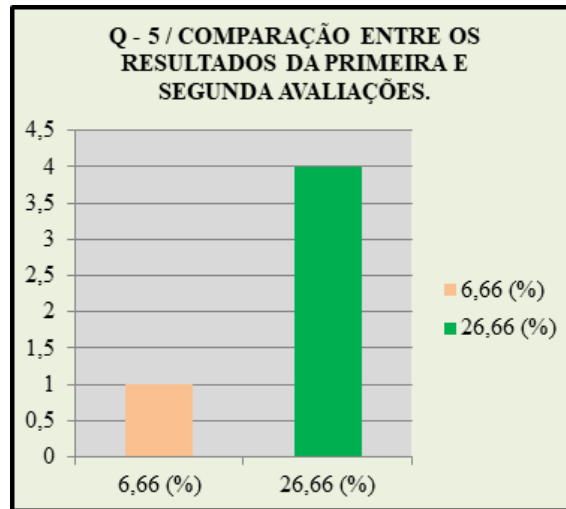
Questão de cunho quantitativo que falou sobre a principal aplicação da Indução Magnética, ou eletromagnética, e a sua utilização na obtenção de energia, e qual o valor da **fem** produzida por uma espira quadrada que esteve totalmente imersa num campo magnético uniforme e esteve perpendicular a essas linhas de indução.

Podemos observar que dois dos alunos, o aluno (H) e o aluno (N) responderam corretamente à questão, tanto na primeira como na segunda avaliação; enquanto o aluno (P) respondeu corretamente a primeira avaliação, o aluno (O), respondeu corretamente a segunda avaliação.

Neste momento, fazendo uso deste resultado, coube ao professor fazer a autoavaliação, para que em novas situações em que esta atividade fosse novamente trabalhada, ele pudesse de alguma forma, dedicar um tempo maior para esta fase de aplicação do produto, pois isto é uma das propostas do Método ISLE.

Gráfico 5- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na quinta questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a

referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.

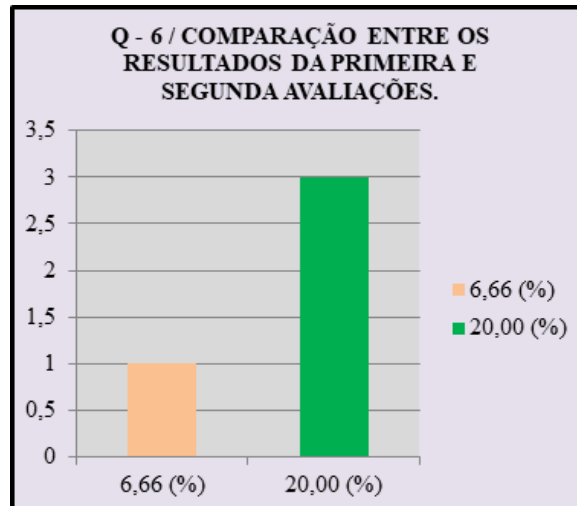


Fonte: Imagem do autor.

Trata-se de uma questão de conhecimentos conceituais, que levou o aluno a pensar quais seriam às aplicações no cotidiano da descoberta da indução eletromagnética por Faraday, como exemplo: ser capaz de gerar energia em usinas hidrelétricas.

Apesar da questão (5) está entre os menores índices de acertos, observou-se que três alunos responderam de forma correta na segunda avaliação, enquanto apenas um respondeu corretamente na primeira avaliação; mais uma vez mostrando que por menor que fosse, houve um ganho expressivo na aprendizagem.

Gráfico 6- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na sexta questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.



Fonte: Imagem do autor.

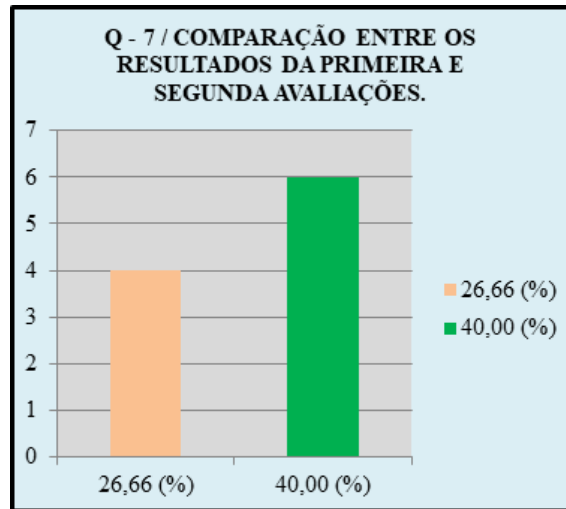
Avaliando a questão de número seis (6) que compartilhou a figura da questão de número três (3) onde uma espira circular presa a um suporte, ficou sujeita à aproximação de um ímã que teve o seu polo Norte direcionado para o centro da espira. Durante certo intervalo de tempo, ocorreu uma variação de fluxo magnético sobre esta espira que teve certa resistência elétrica. Questão de cunho quantitativo que para calcular a corrente elétrica, foi necessário combinar a fórmula da Lei de Faraday com a Lei de Ohm, relação matemática estudada nas séries anteriores.

Ficando a questão de número (6) no mesmo patamar das questões de números (4) e (5), com os menores índices de acertos. Foi possível acompanhar a análise destes dados obtidos com o auxílio das planilhas do aplicativo Socrative, de maneira fácil e instantaneamente. Tivemos neste caso, mais um exemplo de questão com uma variação muito baixa no índice de acertos por parte da turma.

Com estes resultados foi possível também que o professor fizesse uma autoavaliação para que em novas situações em que esta atividade fosse novamente trabalhada, ele pudesse de alguma forma, dedicar parte da aula para revisar de forma sucinta o conteúdo de matemática envolvido, pois é uma das propostas do Método ISLE.

Gráfico 7- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na sétima questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a

referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.



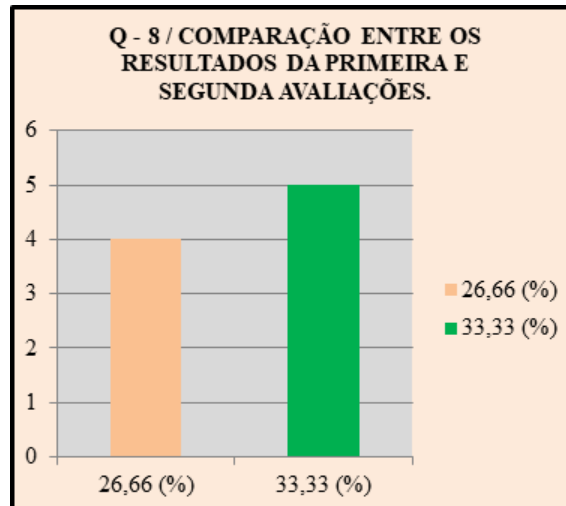
Fonte: Imagem do autor.

Outra proposta de trabalhar a aplicabilidade do eletromagnetismo de Faraday no dia a dia, a pergunta de número sete (7) levou o aluno a pensar que ao se utilizar da pesquisa científica ele poderia a posteriori aplicá-la em benefício da sociedade. Os resultados obtidos, nas primeiras e segundas avaliações, ficaram nos valores intermediários dos resultados positivos.

Com um aumento de 13,33%, por ter duas respostas corretas a mais na segunda avaliação, sendo uma variação pequena, porém positiva e mostrando mais uma vez, que a proposta levada pelo produto educacional foi válida.

Um ponto interessante para esta questão foi a de que quatro alunos, sendo eles os alunos (C), (H), (L) e (P) responderam corretamente à pergunta na primeira avaliação, e apenas dois deles, os alunos (L) e (P), responderam corretamente também à questão na segunda avaliação, onde se totalizou um número de seis alunos com respostas corretas, já que tivemos quatro alunos novos (D), (E), (I) e (J) que a respondeu corretamente.

Gráfico 8- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na oitava questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a percentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.

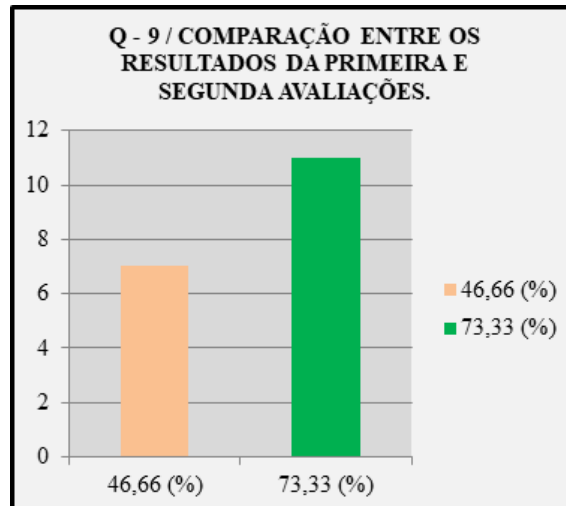


Fonte: Imagem do autor.

Tendo esta pergunta de número oito (8) apenas uma resposta correta na segunda avaliação a mais do que na primeira avaliação, fiz a análise deste fato ocorrido, me baseando na proposta da pergunta, que desta vez, o aluno foi induzido a pensar de maneira contrária ao conceito correto ao qual ele sabia, com a seguinte pergunta: Em relação ao fenômeno de indução eletromagnética, assinale a alternativa incorreta?

Com um aumento de apenas 6,66% no número de acertos, ficou claro que este modelo de pergunta utilizado nessa questão precisaria ser mais bem trabalhado. Mais um ponto que dentro da proposta do Método ISLE, leva o professor a reavaliar sua forma de elaborar perguntas.

Gráfico 9- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na nona questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.

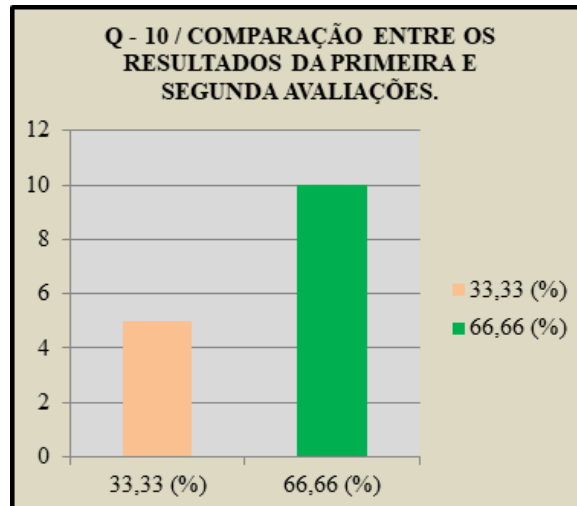


Fonte: Imagem do autor.

A questão de número nove (9) foi a que teve maior quantidade de acertos pela turma na primeira avaliação, em um total de 46,66 % que corresponde à porção referente a sete alunos. Assim como as questões quatro (4) e seis (6) ela também foi uma questão de ordem quantitativa e requereu dos alunos, conhecimentos básicos de matemática, relativa ao cálculo do módulo da força eletromotriz induzida, cujo enunciado pode ser consultado por completo no apêndice de número I.

Após a aplicação do produto, a quantidade de alunos que acertaram passou para (11), correspondente a quantidade de (73,33%) da turma, ficando assim a segunda questão com maior índice de aproveitamento da aprendizagem.

Gráfico 10- O gráfico é composto por duas colunas que exibem os resultados obtidos na décima questão. A primeira coluna, de cor laranja, corresponde ao resultado na primeira avaliação; e a segunda coluna, de cor verde, corresponde ao resultado na segunda avaliação. Os valores no “eixo vertical” mostram a quantidade de alunos que responderam corretamente a referida questão e no “eixo horizontal” mostram a porcentagem da turma que corresponde a esse número de alunos.



Fonte: Imagem do autor.

A questão de número dez (10) foi outra que obteve uma quantidade elevada de acertos pela turma, quando comparamos o antes e o depois da aplicação do produto. A variação foi de cinco (5) alunos a mais que responderam corretamente esta questão na segunda avaliação em relação à primeira avaliação, contabilizando com isto um aumento de 50% no número de acertos.

Após a aplicação do produto, a quantidade de alunos que acertaram passou para (11), correspondente à quantidade de (73,33%) da turma, ficando assim a segunda questão com maior índice de aproveitamento da aprendizagem.

Como se observou no enunciado da questão “Um ímã tem o seu polo sul magnético virado em direção a uma espira condutora, quando essa espira passa a afastar-se. Em relação à situação descrita, assinale o que for correto” ela foi trabalhada na prática, no segundo momento de aplicação do produto educacional, levando o aluno a visualizar como estes fenômenos aconteceram, com isso, evidenciou-se que o método de trabalho traz benefícios para o aprendizado educacional.

Nesta etapa, ao se fazer uma avaliação quantitativa sobre o número de acertos de cada questão pela turma, ficou bem evidenciado o aumento considerável no desempenho em relação à primeira avaliação aplicada, aonde apenas uma única questão chegou a atingir o patamar dos 40%, a questão de número nove (9).

A média de acertos na maioria das questões aumentou significativamente entre o resultado da primeira avaliação feita antes da aplicação do produto educacional em relação à realização da mesma atividade após a aplicação do produto educacional; essa afirmação pôde ser observada quando comparamos a percentagem de acertos das questões antes e depois da aplicação do produto educacional.

Também podemos reforçar a afirmativa na melhoria dos resultados, quando observamos que (4) das dez questões, ou seja, em 40,00% das questões da avaliação, tiveram um quantitativo de acertos que ficou no patamar acima dos 50,00% de acerto em um intervalo de 0% a 100%.

Dentre as dez questões que compõem ambas as avaliações, em nove houve aumento no número de acerto e apenas uma manteve o quantitativo. Esse aumento pôde ser observado tanto nas questões que exigiam a necessidade de conhecimentos quantitativos como nas questões de avaliação sobre a aprendizagem dos conceitos, de onde se viu nitidamente uma variação positiva no número de acertos, ficando esta entre 13,33% em relação ao menor aumento e 40% em relação ao maior aumento.

Por fim, as atividades experimentais do tipo Mini laboratório com aplicação utilizando a metodologia do Método ISLE de Aprendizagem Significativa, demonstraram ser uma excelente alternativa para despertar a atenção e o interesse do aluno pela disciplina de Física, à medida em que estimulou a sua criatividade e contribuiu para uma melhoria do trabalho em grupo. O resultado, apresentado na análise de dados das aplicações do questionário antes e depois da aplicação do produto educacional, mostrou que houve uma melhora significativa do processo de ensino-aprendizagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino da Física de forma prática através de experimentos está cada vez mais distante da realidade das escolas públicas em grande parte do país, por vários fatores os quais podemos citar. Como alguns deles: a falta de laboratório de Física nas escolas, sucateamento dos existentes ou por serem compostos por equipamentos de difícil locomoção e assim, restringindo sua aplicabilidade ao ambiente do laboratório. Foi pensando principalmente nestes problemas que a

ideia dos minilaboratórios mostrou ser uma alternativa bastante viável.

É relevante perceber que as atividades experimentais por si só, não constituem um método infalível para que a aprendizagem significativa ocorra. Com base na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel [21], esses materiais tem um valor potencialmente significativo desde que atrelados aos conhecimentos prévios dos alunos. Conquanto, as atividades experimentais puderam ser utilizadas para que se produzissem organizadores prévios, nos casos em que o aluno não possuísse o construto necessário para que a nova informação fosse ancorada.

Para que a aprendizagem não ocorresse de forma mecânica fez-se necessário o envolvimento dos alunos, como por exemplo, ao ser citado que durante a aplicação do produto foram vários os questionamentos feitos, demonstrando um alto grau de envolvimento dos alunos com o método aplicado.

O ponto forte do experimento que aqui se defende repousa na metodologia de aprendizagem ISLE (Investigative Science Learning Environment) [22], pôde proporcionar aos estudantes um desenvolvimento cognitivo, pois este método teve como um de seus objetivos principais, fazer com que os discentes emulassem a maneira como os cientistas pensam.

Para um ensino de Física contextualizado, interdisciplinar, dinâmico e interativo, em que os alunos participassem ativamente na construção do seu próprio conhecimento, pôde-se utilizar como uma das opções disponíveis, o mini laboratório de Física, pois através dele, pudemos potencializar substancialmente a motivação intrínseca dos aprendizes, que seria aquela em que os alunos se sentiram recompensados cognitivamente pelo prazer que a descoberta ou a compreensão intelectual pôde proporcioná-los.

Durante a aplicação do experimento portátil sobre Indução Eletromagnética, Geradores e Motores fazendo isto através do Mini laboratório de Física, foi observado por meio do entusiasmo, curiosidade e engajamento dos alunos através da prática experimental que pôde ter ocorrido uma expansão desta motivação pela Física ao se sentirem protagonistas na construção dos experimentos quando comparado às aulas tradicionais, em que alguns estudantes, durante a aplicação da proposta do produto educacional, propuseram espontaneamente:

- Apagar as luzes da sala onde estava ocorrendo à aplicação do produto educacional, para uma comparação com uma situação normal.
- Ligar o mini gerador diretamente na rede elétrica.
- Conectar um carregador de celular ao mini gerador para ver se era possível o carregamento de um Smartphone.

O fator novidade talvez possa ter empolgado os alunos por se utilizarem de elementos do cotidiano deles que estavam presentes durante a aplicação do nosso produto educacional, como por exemplo, a interatividade entre os estudantes e os experimentos: um pequeno choque elétrico ocorreu quando o aluno encostou os dedos da mão direita nos terminais do mini gerador ou pela capacidade do mini gerador ter acendido uma lâmpada LED, onde para eles até aquele momento só seria possível quando fosse conectada na rede elétrica residencial.

O experimento baseado no Método ISLE, ao qual trabalha o protagonismo estudantil, teve o objetivo de desenvolver o maior número possível de competências nos discentes referenciados na proposta deste trabalho, tais como: iniciativa, autonomia, capacidade de trabalho em grupo e criatividade e evitar o simples domínio e reprodução de conhecimentos e regras prontas, onde os alunos não conseguem encontrar uma aplicabilidade de relevância, em tais conhecimentos estudados para solucionar problemas do cotidiano.

Para isso, foi essencial a formação de pequenos grupos de estudantes durante a aplicação deste produto educacional. Desta forma, por meio da interação social entre os estudantes, com a colaboração do parceiro que pôde ser um colega de classe de mesma faixa etária e com o mesmo nível de experiência.

Contudo foi fazendo uso da minha experiência profissional, que observei alguns alunos sentirem-se mais à vontade para interagir socialmente tirando dúvidas com os colegas de classe do que com o professor, talvez esse fato possa estar relacionado a amizades construídas durante as relações sociais diárias entre os alunos, do que entre alunos e o professor, que tem interação social limitada com os estudantes, a duas ou três horas aula semanais.

Para contribuir com a justificativa de verificação da eficácia desta proposta de ensino e aprendizagem, argumentamos sobre a importância da

avaliação no acompanhamento e qual foi o motivo de se basear na combinação de resultados das avaliações qualitativa e quantitativa, no desempenho dos alunos participantes da proposta, mostrando com base os resultados da avaliação aplicada ao término da aplicação do produto educacional.

Os métodos avaliativos são imprescindíveis no tocante ao sistema de ensino, onde se compara o plano pedagógico com os resultados efetivos da aprendizagem do aluno. Sendo assim, alguns princípios norteiam a qualidade das avaliações pedagógicas começando pela integralidade onde se considera todos os participantes envolvidos no processo.

Investir em pesquisas que observem o rendimento dos alunos é uma recomendação legal. No Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, válida para escolas públicas e particulares, expressa no Artigo 24 a necessidade de registrar o desenvolvimento estudantil, devendo prevalecer o aspecto quantitativo sobre o qualitativo.

Além desse ponto, a funcionalidade e a orientação são importantes, guiados pelos objetivos que determinam uma meta para a prática pedagógica. Por fim, as avaliações devem seguir uma sistematização com estruturas bem delimitadas, pois elas têm três principais funções na escola: diagnóstica, formativa e somativa.

Logo, o resultado obtido após a aplicabilidade do produto educacional pode ser confrontado com os objetivos propostos anteriormente à pesquisa, seja ele de forma qualitativa ou quantitativa, auxiliando na aplicação da proposta do trabalho e servindo de reflexão para o professor responsável.

REFERÊNCIAS

- [01] (BRASIL, 1996) Brasil. Lei n°. 9.394, 20 de dezembro de 1996. Brasília, 1996. Disponível em:
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, em: *PCN+Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza Matemática e suas Tecnologias*. (Ministério da Educação, Brasília, 2002). No link, http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12598:publicacoes&catid=195:seb-educacao-basica
- [02] Cad. Bras. Ens. Fís., v. 26, n. 3: p. 478-491, dez. 2009
- [03] E. Etkina e A. Van Heuvelen, em: *Research-Based Reform of University Physics*, editado por E.F. Redish e P. Cooney (American Association of Physics Teachers, College Park, 2007), v.1.
- [04] AUSUBEL, David P., NOVAK, Joseph D., HANESIAN, Helen. *Psicologia educacional*. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- [05] AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- [06] FERNANDES, E. David Ausubel e a aprendizagem significativa. **Nova Escola**, São Paulo, 1 dez. 2011. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- [07] MOREIRA M.A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- [08] AUSUBEL, D. P. *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.
- [09] DE AQUINO, C. **Como aprender: andragogia e as habilidades de aprendizagem**. 1ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007
- [10] KEEFE, J.W. *Learning Style Profile Handbook: accommodating perceptual, study and instructional preferences*, Vol.2, Reston, V.A.: National Association of Secondary School Principals, 1989.
- [11] M.G. M`uller, I.S. Araujo, E.A. Veit e J. Schell, *Revista Brasileira de Ensino de Física* 39, e3403 (2017).

- [12] A.L. Rudolph, B. Lamine, M. Joyce, H. Vignolles and D. Consiglio, *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 10, 010103 (2014).
- [13] C.H. Crouch and E. Mazur, *American Journal of Physics* 69, 970 (2001).
- [14] E. Etkina, *Scientific Abilities*, disponível em <http://www.islephysics.net/>, acesso em 03/03/2022.
- [15] E. Etkina and V. Heuvelen in: *Reviews in PER Vol. 1: Research-Based Reform of University Physics*, edited by E.F. Redish and P.J. Cooney (American Association of Physics Teachers, College Park, 2007), available in http://www.compadre.org/PER/per_reviews/media/volume1/ISLE-2007.pdf, accessed in 03/06/2017
- [16] AUSUBEL, David Paul. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. Nova York: Grune & Stratton, 1963. 255 p.
- [17] APRENDIZAGEM significativa: Breve discussão acerca do conceito. Breve discussão acerca do conceito. Caderno de Práticas. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito#:~:text=Para%20Ausubel%2C%20quando%20algu%C3%A9m%20atribui,aceitos%20no%20contexto%20do%20sujeito>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- [18] MOREIRA, M. A. *O que é afinal aprendizagem significativa? Revista cultural La Laguna Espanha, 2012. Disponível em: http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf*. Acesso em: 20/10/2022.
- [19] BRITANNICA, The Editors Of Encyclopaedia. Lenz's law: PHYSICS. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/Lenzs-law#ref285906>>. Acesso em: 04 julho de 2022.
- [20] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. Força Eletromotriz e Circuitos Elétricos. In: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Física 3**. 4. ed. Rio de Janeiro: Jc Editora, 1983. Cap. 32. p. 138-150. (3).
- [21] M.A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem* (Editora Pedagógica e Universitária Ltda, São Paulo, 2011), 2ª ed.
- [22] AUSUBEL, D. P. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

[22] Tavares, A., et al. "Experimentos Portáteis Para O Aprendizagem Das Leis Da Óptica Geométrica Com Metodologia ISLE." *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 44, n. 44, 2022, <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2022-0084>. Acesso em 16 mar. 2023.

Apêndice A – Produto Educacional



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

**EXPERIMENTOS PORTÁTEIS PARA AULA SOBRE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA, GERADORES E MOTORES.**

GLAUBERTO GONZAGA DE OLIVEIRA

NATAL - RN
ABRIL DE 2023



**EXPERIMENTOS PORTÁTEIS PARA AULA SOBRE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA, GERADORES E MOTORES.**

GLAUBERTO GONZAGA DE OLIVEIRA

Produto Educacional apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física - MNPEF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Chesman de Araujo Feitosa – UFRN

Coorientador:

NATAL - RN
ABRIL DE 2023

LISTA DE FIGURAS

<p>Figura 21- Ciclo ou Diagrama de bloco do ISLE. O início é uma observação ou uma experimentação, seguindo-se a construção de conceitos de Física e desenvolvendo habilidades de aprendizagem da Ciência, simulando os processos que os físicos usam para construir conhecimento. Por fim, chega-se às aplicações tecnológicas</p> <p>Figura 22- Caixa de MDF utilizada para guardar os equipamentos que compõem o Mini laboratório Portátil</p> <p>Figura 23- Fotografia com todos os materiais do experimento dentro e fora do caixote. À esquerda, todos os materiais dentro do pequeno Caixote Portátil. No centro, a Bobina ligada ao Multímetro Digital com Ímãs de diâmetro diferentes e a carcaça do Mini gerador. À direita, a Manivela de cano de PVC acoplada ao Mini gerador que acende uma Lâmpada residencial e um Multímetro para medição da voltagem gerada</p> <p>Figura 24- Fotografia dos Ímãs (cilíndrico de menor diâmetro e o cilíndrico de maior diâmetro), e a carcaça do Mini gerador, abaixo do Multímetro, Bobina (à esquerda na cor branca). Cabos ligam a Bobina ao Multímetro (na escala de 200 milivolts VDC), usados para observar o fenômeno da indução eletromagnética ao se aproximar os Ímãs da Bobina. Visualiza-se, por fim, a detecção com a variação dos dígitos do Multímetro</p> <p>Figura 25- Fotografia com os materiais para demonstrar a geração de energia elétrica, Manivela de cano de PVC, Mini gerador, Cabos com dois seguimentos (ligam o Mini gerador a Lâmpada e ao Multímetro com o auxílio dos Cabos do próprio aparelho), Multímetro e Lâmpada residencial tipo LED.....</p> <p>Figura 26- Fotografia de um pedaço de Cano de PVC.....</p> <p>Figura 27- Fotografia de um pedaço de Cano de PVC.....</p> <p>Figura 28- Fotografia de dois pedaços de Cano de PVC, um com 18,0cm de comprimento com um orifício de 0,8cm de diâmetro em uma de suas extremidades</p> <p>Figura 29- Fotografia de dois pedaços de Cano de PVC, um com 18,0cm de comprimento e outro com 10,0cm de comprimento, esse segundo pedaço está inserido 4,0cm na parte maior.</p> <p>Figura 30- Fotografia de um pedaço de Cano de PVC, com 18,0cm de</p>	<p>85</p> <p>95</p> <p>96</p> <p>98</p> <p>101</p> <p>107</p> <p>107</p> <p>107</p> <p>109</p>
--	--

comprimento, com uma Serra do tipo copo inserida na extremidade que foi alargada	109
Figura 31- Fotografia de um pedaço de Cano de PVC, com 18,0cm de comprimento, com uma com um orifício feito por uma Serra do tipo copo na extremidade que foi alargada	109
Figura 32 - Fotografia de uma Manivela feita de cano PVC.	110
Figura 33- Fotografia de um pedaço de Fio Duplo com ambas as extremidades divididas e desencapadas	111
Figura 34- Fotografia de uma das extremidades de um pedaço de Fio Duplo com um Terminal Disconnect Engate Fêmea, acoplado e isolado com o Tubo Termo Retrátil em cada uma delas	111
Figura 35- Fotografia de uma das extremidades de um pedaço de Fio Duplo com um Plug tipo Banana, acoplado e isolado com Tubo Plástico em cada uma delas.....	112
Figura 36- Fotografia do Cabo com os Plugs do tipo Banana em uma extremidade e na outra os Terminais do tipo Disconnect Engate Fêmea	112
Figura 37- Fotografia do Cabo com os Terminais Disconnect Engate Fêmea nas extremidades e isolados com Tubo Termo Retrátil	113
Figura 38- Fotografia da extremidade do Cabo com os Terminais Disconnect Engate Fêmea isolados com o Tubo Termo Retrátil visto frontalmente	114
Figura 39- Fotografia do Plug de tomada residencial macho aberto com as extremidades de um Cabo conectado nos Pinos	114
Figura 40- Fotografia da parte superior do Plug de tomada residencial macho, com três orifícios	114
Figura 41- Fotografia do Plug de rede elétrica residencial fêmea aberto, com as duas extremidades dos dois Cabos, desencapados e unidos, fixos por meio dos Parafusos nos Pinos	115
Figura 42- Fotografia de dois Cabos de aproximadamente 0,5cm de comprimento. Na extremidade de um deles está fixo um Plug do tipo macho de rede elétrica residencial, logo abaixo na extremidade do outro Cabo observamos os Terminais Disconnect Engate Fêmea e no lado direito onde ambos estão unidos e acoplados há um Plug de rede elétrica residencial fêmea	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tabela na qual consta os nomes, imagens e quantidade dos objetos utilizados no Mini Laboratório	104
---	-----

Sumário

Capítulo 1 Apresentação.....	97
Capítulo 2 A Sequência Didática para o Experimento de Indução Eletr magnética, geradores e Motores.....	100
2.1 Materiais Usados no Experimento Portátil Proposto.....	101
2.2 Primeiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional	102
2.3 Segundo Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional	103
2.4 Terceiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional	105
Capítulo 3 Apresentação Tabela com imagens dos componentes do Mini laboratório e os manuais de produção da Manivela e dos Cabos de conexões.	108
3.1 Manual de produção da Manivela de Cano PVC	111
3.2 Montagem da manivela de Cano PVC.....	112
3.3 Manual de produção do Cabo duplo, Bananas / Terminais (Disconnect Engate fêmea)	115
3.4 Manual de produção do Cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada / Plug Macho e Fêmea	117
3.5 Manual de montagem do Cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada / Plug macho e fêmea	117

Capítulo 1

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é destinado ao ensino de forma teórica e experimental, buscando de maneira alternativa uma forma de se trabalhar os conceitos sobre Indução Eletromagnética, compreendendo, assim como funciona os geradores e motores de energia elétrica, fazendo para isto, o uso de um Mini laboratório Portátil.

A proposta surgiu em 2020, com a pandemia da COVID-19, que causou uma brusca mudança de realidade no mundo, que impactou diretamente as atividades de ensino. As aulas em todo o país foram inicialmente canceladas e, posteriormente, cada estado teve que decidir sobre suas respectivas políticas educacionais mediante uma crise sanitária mundial.

Neste mesmo período ingressei no MNPEF pela Sociedade Brasileira de Física, no polo da UFRN, e juntamente com meu orientador, em busca de novas formas de se lecionar, se pensou na ideia do Mini laboratório, baseado na Metodologia ISLE.

O presente material é composto por uma proposta de sequência didática de ensino para realização de uma prática pedagógica mais dinamizada para as aulas sobre Indução Eletromagnética, Geradores e Motores.

Como sugestão de tempo para realização desta atividade, que ocorra em um período de (06) horas aulas, realizadas em encontros com aulas sequenciadas, totalizando então (03) encontros. Salientando que cada hora aula possui um tempo de 45min.

Um dos pontos de relevância nesta sequência didática, é que seu método possibilita que seja aplicado em ambientes além da sala de aula, como por exemplo: Laboratório de Física, Biblioteca, Sala de vídeo ou até mesmo o aluno pode levar o Mini laboratório para sua residência, pois o mesmo tem suas dimensões semelhantes à de um livro didático, para que seja fácil de transportar, e com isso seja possível aplicá-lo através de uma vídeo aula, utilizando como exemplo de ferramenta dentre os Apps gratuitos disponibilizados na internet, o Google Meet.

O ensino fora da sala de aula não é apenas sair por vários locais para observar coisas. É preciso que a equipe pedagógica faça um planejamento consistente, a fim de que essa experiência possa agregar às propostas de cada série. Por exemplo: este produto educacional trabalha com a Indução Eletromagnética, e nas escolas podemos encontrar vários exemplos práticos de aplicabilidade destes conceitos.

Dessa forma, a aula pode acontecer em parte no ambiente escolar reservado para produção da merenda escolar, para observar alguns equipamentos existentes neste ambiente e como se dão o seu funcionamento com base nos conceitos da indução eletromagnética. Antes de ir para campo, é importante ter uma preparação dentro da sala de aula.

Também é fundamental que ocorra uma análise após a aplicação do produto educacional, para os alunos organizarem e assimilarem os aprendizados, além de compartilharem com o professor e colegas as suas observações e conclusões sobre o assunto que foi abordado. Tais relatos podem ser como exemplo, uma aula expositiva ministrada pelos próprios alunos para os demais estudantes da escola, seguido por um texto no formato de artigo científico.

Para a realização desta atividade foi proposto o uso de uma sequência didática contemplando o passo a passo, a sua aplicabilidade durante a distribuição dos encontros a seguir.

Fizeram parte também deste, uma lista com todo o equipamento que compõe o kit do Mini laboratório, com os nomes e quantidades e na sequência, uma planilha com as imagens deste equipamento.

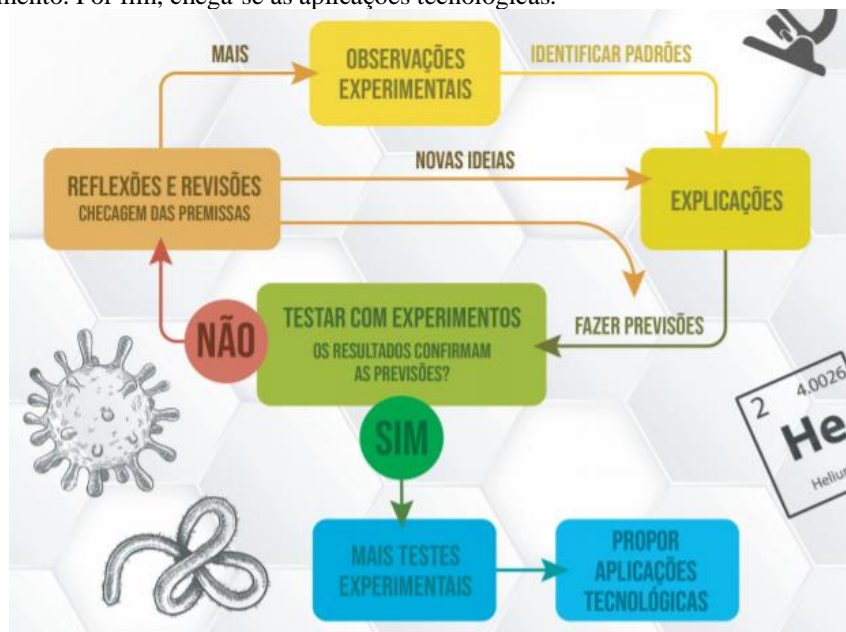
Uma proposta de sequência didática foi introduzida, e devemos ressaltar que esta foi indicada para ser aplicada, em pelo menos três encontros de duas horas aula cada, preferencialmente em um período máximo de quinze dias, com duas aulas por encontro.

O produto educacional teve sua metodologia baseada no Método ISLE [01] de Aprendizagem, que conversa diretamente com o método de aprendizagem significativa proposta por Ausubel [02], onde o aluno faz parte da construção da atividade participando ativamente. Essa abordagem envolveu alunos trabalhando em grupos, desenvolvendo suas próprias ideias.

- Observando fenômenos e procurando padrões.
- Desenvolvendo explicações para esses padrões.
- Usando essas explicações para fazer previsões sobre os resultados dos experimentos de teste.
- Decidir se os resultados dos experimentos de teste foram consistentes com as previsões.
- Revisando as explicações, se necessário.
- Incentivando os alunos a representarem processos físicos de várias maneiras.

Essa metodologia que foi dividida em três momentos pedagógicos tem o resumo de seu ciclo de aprendizagem significativa, demonstrado no diagrama de blocos a seguir:

Figura 21 - Ciclo ou diagrama de bloco do ISLE. O início é uma observação ou uma experimentação, seguindo-se a construção de conceitos de Física e desenvolvendo habilidades de aprendizagem da Ciência, simulando os processos que os físicos usam para construir conhecimento. Por fim, chega-se às aplicações tecnológicas.



Fonte: Imagem do autor

Por fim, disponibilizou-se os três manuais com as fases de produção de alguns equipamentos que necessitou serem fabricados, porém de fácil entendimento e cujos materiais para sua produção são encontrados facilmente no mercado. São eles: manivela de Cano de PVC e os dois Cabos utilizados nas

conexões.

Dentro da proposta do produto educacional, uma contribuição complementar ao trabalho foi à realização no início do processo, de uma avaliação diagnóstica da turma, na forma de um questionário, composto por dez questões cujas respostas objetivas referentes aos aspectos qualitativos e quantitativos dos conceitos que seriam trabalhados na proposta em estudo.

Este mesmo questionário, como sugestão, também deveria ser aplicado ao término do terceiro e último encontros e os resultados de ambas as situações serviram como base para comparação dos desempenhos dos alunos e uma autoavaliação do professor.

Suas perguntas e respectivas respostas seguem abaixo:

Questões do Pré e Pós Testes:

Questão 1 - Michael Faraday foi um importante físico britânico que desenvolveu uma série de estudos sobre os mais variados temas, mas seu principal campo de conhecimento foi à indução eletromagnética. A Lei de Faraday é também conhecida como a Lei da Indução Eletromagnética. A base aqui está na interação do campo magnético com circuitos elétricos, gerando uma força. De acordo com a Lei de Faraday podemos afirmar que:

- a) A Lei de Faraday diz que a corrente elétrica induzida em uma espira sempre gera um campo magnético oposto ao campo magnético variável que lhe deu origem.
- b) A Lei de Faraday determina a corrente induzida em um circuito exposto a um campo magnético variável.
- c) A Lei de Faraday determina que a força eletromotriz seja produto da relação entre a variação do fluxo magnético pelo tempo.
- d) O sinal negativo da Lei de Faraday existe porque todo campo magnético variável gerado induz o surgimento de correntes elétricas que produzirão campos magnéticos de mesmo sentido.
- e) A Lei de Faraday determina a direção e o sentido dos campos magnéticos gerados por fios e solenoides.

Resposta Questão 1 - Letra C

Segundo a Lei de Faraday: determina que a força eletromotriz seja produto da relação entre a variação do fluxo magnético pelo tempo

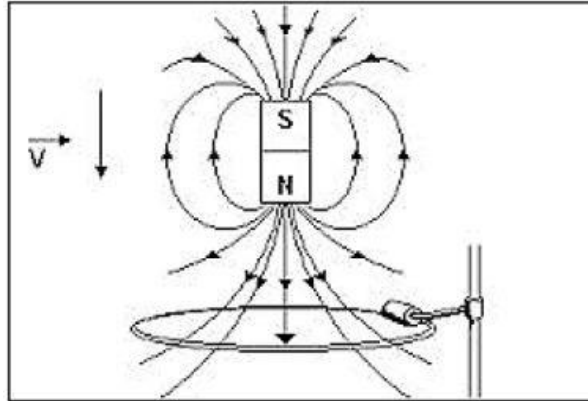
Questão 2 - A lei conhecida como “Lei de Lenz”, foi estabelecida pelo físico russo (Heinrich Lenz, que tem a Estônia como local de nascimento) e contribuiu com outra lei já existente: a Lei de Faraday, também conhecida como a Lei da Indução Eletromagnética. A Lei de Lenz atribuiu um novo sentido à Lei de Faraday ao levar em conta o princípio de conservação da energia. É correto afirmar que essa Lei nos diz que?

- a) A Lei de Lenz determina a relação entre a variação do fluxo magnético e a variação do tempo.
- b) A Lei de Lenz diz que a corrente elétrica induzida em uma espira sempre gera um campo magnético oposto ao campo magnético variável que lhe deu origem.
- c) A Lei de Lenz diz que a corrente elétrica induzida em um circuito é tal que sempre gera um campo magnético no mesmo sentido do campo externo.
- d) Pela Lei de Lenz, pode-se determinar a força eletromotriz induzida em um circuito.
- e) A Lei de Lenz é o motivo do sinal positivo da Lei de Faraday.

Resposta Questão 2 - Letra B

A Lei de Lenz explica o fato de a corrente elétrica induzida em um circuito sempre se opor à variação do fluxo magnético existente.

Questão 3 - Observando a figura abaixo onde uma Espira Circular presa e isolada eletricamente a um Suporte, fica sujeita a aproximação de um Ímã que tem o seu Polo Norte direcionado para o centro da espira:



Considerando apenas as interações de caráter eletromagnético entre o Ímã e a Espira, é **correto** afirmar que haverá:

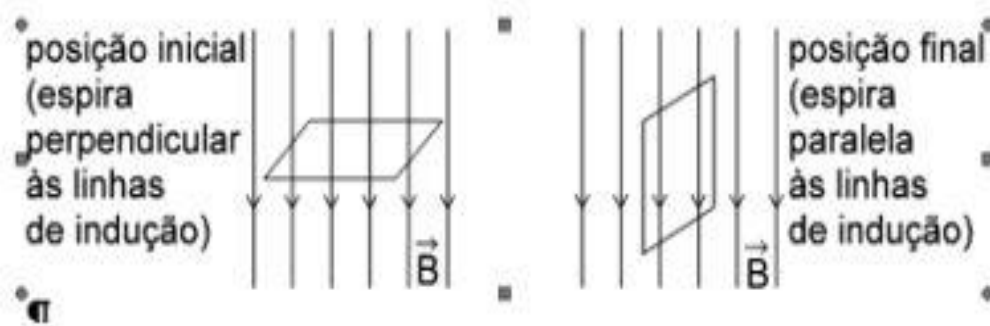
- atração entre eles e será gerada uma corrente induzida no sentido horário para um observador que esteja acima do plano da Espira.
- repulsão entre eles e será gerada uma corrente induzida no sentido horário para um observador que esteja acima do plano da Espira.
- atração entre eles e será gerada uma corrente induzida no sentido anti-horário para um observador que esteja acima do plano da Espira.
- repulsão entre eles e será gerada uma corrente induzida no sentido anti-horário para um observador que esteja acima do plano da Espira.
- atração entre eles e não haverá corrente induzida na Espira.

Resposta Questão 3 - Letra D

A aproximação do ímã causaria aumento de fluxo magnético na espira, o que geraria o surgimento de uma corrente elétrica induzida. De acordo com a Lei de Lenz, a corrente elétrica induzida deve gerar um campo magnético que se opõe ao fluxo magnético. Sendo assim, a corrente deveria girar no sentido anti-horário de modo a produzir um campo magnético vertical e ascendente, que se oporia ao campo magnético do ímã e causaria repulsão entre os materiais.

Questão 4 - (Acafe-SC) A principal aplicação da Indução Magnética, ou eletromagnética, é a sua utilização na obtenção de energia. Podem-se produzir pequenas **fem** com um experimento bem simples. Considere uma Espira quadrada com 0,4 m de lado que está totalmente imersa num campo magnético

uniforme (intensidade $B = 5,0 \text{ Wb/m}^2$) e perpendicular às linhas de indução. Gira-se essa Espira até que ela fique paralela às linhas de campo.



Sabendo-se que a Espira acima levou 0,2 segundos para ir da posição inicial para a final, a alternativa correta que apresenta o valor em módulo da **fem** induzida na espira, em volts, é:

- a) 1,6
- b) 8
- c) 4
- d) 0,16
- e) 0,15

Resposta Questão 4 - Letra C

Na posição inicial, o fluxo magnético através da espira é máximo, pois o vetor campo magnético e o vetor N imaginário e perpendicular à espira são paralelos. No entanto, na posição final, não há fluxo magnético, pois o ângulo entre o N e o campo magnético é de 90° . Assim, pode-se determinar o fluxo magnético (Φ) para cada caso.

Por meio da Lei de Faraday, podemos determinar a força eletromotriz (\mathcal{E}).

Em módulo, o valor da força eletromotriz é de 4 V.

Questão 5 - A descoberta da Indução Eletromagnética por Faraday foi uma das mais importantes de toda a história, uma vez que, graças a esse fenômeno, somos capazes de gerar energia em usinas hidrelétricas, produzir movimento usando motores elétricos, gerar calor por meio de fornos de indução, fazer

leituras e gravações magnéticas e outros. Assinale, dentre as alternativas abaixo, aquela que apresenta um dispositivo cujo funcionamento baseia-se exclusivamente neste fenômeno.

- a) transformador
- b) capacitor
- c) resistor
- d) transistor
- e) LED

Resposta Questão 5 - letra A

Dentre os dispositivos listados nas alternativas, apenas um funciona exclusivamente segundo a Lei da Indução Eletromagnética de Faraday: o transformador.

Questão 6 - Na situação observada na figura da questão de número três onde uma Espira circular presa a um Suporte, fica sujeita a aproximação de um Ímã que tem o seu Polo Norte direcionado para o centro da espira. Sabendo que durante o intervalo de tempo de 2,0 s, ocorre uma variação de fluxo magnético de 5,0 Wb sobre esta Espira que tem uma resistência elétrica igual a 0,1 Ω . A corrente elétrica que atravessa esse condutor é igual a:

- a) 10,0 A
- b) 25,0 A
- c) 1,0 A
- d) 2,5 A
- e) 2,25 A

Resposta Questão 6 - letra B

Para calcular a corrente elétrica, é necessário combinar a fórmula da Lei de Faraday com a Lei de Ohm.

Questão 7 - A Indução Eletromagnética pode ser aplicada em diversas áreas da tecnologia. Muitas dessas áreas são responsáveis pela vida contemporânea que proporcionam o nosso conforto. Assinale a alternativa que apresenta apenas dispositivos que funcionam por meio do fenômeno da indução eletromagnética.

- a) Detectores de metal, Geradores, Motores elétricos.
- b) Transformadores, Ferro de passar, Chuveiro elétrico.
- c) Televisão, Rádio, Lâmpada incandescente.
- d) Fornos de indução, Transformadores, Panela elétrica.
- e) Secador de cabelo, Aspirador de pó, Sanduicheira.

Resposta Questão 7 - letra A

Os dispositivos que funcionam por meio da indução eletromagnética são aqueles que apresentam motores elétricos ou aqueles que fazem uso de campos magnéticos oscilantes para induzirem o surgimento de tensões elétricas. Esses dispositivos são: Transformadores, Fornos de indução, Geradores, Detectores de metal, secadores de cabelo e Aspiradores de pó, por exemplo.

Questão 8 - Em relação ao fenômeno de indução eletromagnética, assinale a alternativa incorreta.

- a) Quando aproximamos ou afastamos um Ímã de uma Bobina condutora, induzimos o surgimento de uma corrente elétrica.
- b) A força eletromotriz induzida é o nome dado ao potencial elétrico que é produzido pela indução eletromagnética.
- c) O fluxo de campo magnético através de uma espira induz o surgimento de uma corrente elétrica.
- d) A variação do fluxo de campo magnético induz a formação de correntes elétricas.
- e) A corrente elétrica induzida é proporcional à variação do fluxo magnético.

Resposta Questão 8 - Letra C

Na realidade, o surgimento de uma corrente elétrica induzida depende da variação do fluxo magnético. Caso o fluxo magnético seja constante, não haverá produção de corrente elétrica por meio da indução eletromagnética.

Questão 9 - O fluxo magnético através de uma espira condutora era de 20,0 Wb/s. Após um intervalo de tempo de 2,0 s, esse fluxo torna-se nulo, devido à rotação do plano da Espira. O módulo da força eletromotriz induzida durante

essa rotação foi de:

- a) 10,0 V
- b) 15,0 V
- c) 20,0 V
- d) 40,0 V
- e) 35,0 V

Resposta Questão 9 - Letra A

Faz-se o cálculo da força eletromotriz induzida utilizando a Lei de Faraday-Lenz, observe:

Usando os dados fornecidos no enunciado do exercício, encontramos uma tensão induzida de 10,0 V.

Questão 10 - Um Ímã tem o seu polo sul magnético virado em direção a uma espira condutora, quando essa espira passa a afastar-se. Em relação à situação descrita, assinale o que for correto:

- I – O Ímã será atraído pela Espira.
- II – O Ímã será repelido pela Espira.
- III – A corrente elétrica formada na Espira terá sentido horário.
- IV – Não é possível sabermos o sentido da corrente elétrica, uma vez que não sabemos se a Espira se encontra à direita ou à esquerda do Ímã.

Estão corretas:

- a) I e II
- b) I, II e III
- c) I e IV
- d) II e III
- e) III e IV

Resposta Questão 10 - letra C

No caso descrito, a Espira condutora produzirá um polo norte magnético nas proximidades do Ímã, de modo a atraí-lo, opondo-se assim ao seu afastamento, além disso, como não sabemos qual é a disposição do Ímã e da Bobina, não é possível afirmar qual é o sentido da corrente elétrica induzida na Bobina.

Metodologia de aplicação do questionário

A forma da aplicação do questionário foi pela maneira que o professor achou mais conveniente.

Dentro das possibilidades que se trabalhou estas atividades, foi através do Socrative, trata-se de um ambiente virtual anexo à sala de aula, podendo receber até 50 pessoas conectadas simultaneamente. O cadastro na plataforma pôde ser feito no endereço eletrônico:(<https://b.socrative.com/login/teacher/>).

Esta plataforma online que também funciona como aplicativo possibilitou que professor e os alunos pudessem interagir, a partir do smartphone, tablet ou computador, permitindo a criação de um espaço virtual complementar às aulas, e que permitiu dinamizar a aplicação de atividades em sala de aula ou como tarefa extra classe, promovendo a interação entre alunos e professor.

O professor pôde fazer perguntas através de atividades únicas ou pôde projetar um questionário programado previamente e executar durante a aula, podendo visualizar e avaliar a compreensão do aluno, em tempo real. Tais perguntas puderam ser de caráter objetivo ou subjetivo.

Nesse ambiente virtual, o professor pôde obter múltiplas respostas, com a possibilidade de comentar resultados simultaneamente com a classe, arquivar relatórios e manter o controle sobre o número de inscritos.

Através do Socrative, foi possível criar uma série de questões, exercícios educativos ou jogos, aos quais os alunos puderam responder, reforçando desta forma, o conteúdo aplicado em sala de aula.

Os alunos convidados a responder o questionário puderam conectar-se a este software a partir de um número ou nome de classe fornecido pelo professor ao qual puderam resolver as questões fornecidas, diretamente de seus aparelhos, contanto que dispusessem de uma conexão de Internet.

Desta forma, o professor teve também uma maior possibilidade de acompanhamento das atividades avaliativas dos alunos, podendo verificar em tempo real o número de alunos que acessaram o trabalho e o resolveram.

A distribuição do conteúdo na atividade avaliativa seguiu a mesma ordem da sequência didática: geração de uma corrente elétrica induzida a partir de um campo magnético variável e geração de um campo magnético a partir de

uma corrente elétrica.

A aplicação desta atividade foi dividida três (03) etapas de realizações experimentais alinhadas com aprendizagens sobre a Lei da Indução Eletromagnética e suas principais aplicações tecnológicas: os Motores e os Geradores serão descritos a seguir.

Capítulo 2

A Sequência Didática para o Experimento de Indução Eletromagnética, Geradores e Motores.

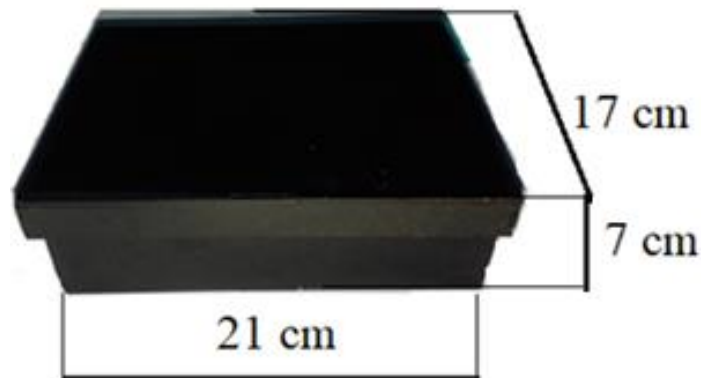
A sequência didática se dividiu em três (03) etapas de realizações experimentais alinhadas com aprendizagens sobre a Lei da Indução Eletromagnética e suas principais aplicações tecnológicas, os Motores e os Geradores.

Cabe ressaltar aqui que a expressão "sequência didática" se tornou conhecida no Brasil, em especial, a partir dos trabalhos de M. A. Moreira [3] e nitidamente a Metodologia ISLE e as UEPS, fundamentadas na Teoria de Aprendizagem Significativa [04,05,06], como já foi dito anteriormente, dialogam entre si, pois ambas são apoiadas no método científico centrado na observação prática e/ou experimental de um dado fenômeno. Inclusive, os três momentos aqui descritos da sequência didática são semelhantes aos três componentes do Método ISLE ou, ainda mais, ambas as metodologias possuem componente do ciclo de raciocínio lógico que se repete a cada novo tópico aprendido.

2.1 Materiais Usados no Experimento Portátil Proposto

Para a realização do experimento portátil (foram usados o termo Expncnc que é a abreviação de Experimento de Ciência na Caixa), todos os materiais são apresentados em um caixote de madeira tipo MDF, Figura 1, que foi cortado a laser, medindo 21,0 cm de comprimento, 17,0 cm de largura e 7,0 cm de altura.

Figura 22 – Caixa de MDF utilizada para guardar os equipamentos que compõem o Mini Laboratório Portátil.



Fonte: Imagem do autor

Estas dimensões foram escolhidas para que todos os experimentos fossem portáteis e que a caixa pudesse acomodar facilmente os materiais a seguir:

- 01 Multímetro digital
- 01 Bobina de fio esmaltado
- 01 Carcaça do motor
- 01 Ímã cilíndrico de neodímio
- 01 Ímã em formato de anel de 1,7 cm de Diâmetro
- 01 Ímã em formato de anel de 5,2 cm de Diâmetro
- 01 Cabo duplo, bananas/terminais (Disconnect Engate fêmea)
- 01 Mini gerador
- 01 Manivela de cano de PVC
- 01 Lâmpada Led/Bocal
- 01 Cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada/plug macho/plug fêmea.
- 01 Base do motor
- 01 Suporte para pilhas
- 01 Pilha recarregável 3,3 v
- 01 Bobina com 6-8 voltas

Vale ressaltar que todos esses materiais são de fácil aquisição no comércio local da maioria das cidades do Brasil ou em sítios de vendas de

produtos na internet. Por exemplo, qualquer Multímetro que meça tensão na faixa de milivolts pode ser usado. Os Ímãs de neodímio puderam ser adquiridos diretamente no sítio da empresa Mercado Livre. A peça central deste experimento é o Mini gerador, que é simplesmente um motor que gira o prato de forno de micro-ondas (muito popular nas cozinhas atuais) com a observação de que na compra deve-se solicitar que o motor tenha o eixo de fixação de metal, por ser mais robusto.

Figura 23 - Fotografia com todos os materiais do experimento dentro e fora do caixote. À esquerda, todos os materiais dentro do pequeno Caixote Portátil. No centro, a Bobina ligada ao Multímetro digital com Ímãs de diâmetro diferentes e a carcaça do Minigerador. À direita, a Manivela de cano de PVC acoplada ao Mini gerador que acende uma Lâmpada residencial e um Multímetro para medição da voltagem gerada.



Fonte: Imagem do autor.

2.2 Primeiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional

O professor apresentou aos estudantes os materiais que compõem o kit e o seu uso. Explicou o que é uma espira, composta pelo fio esmaltado enrolado na forma de bobina, fazendo uma observação “que ela foi retirada de um Mini gerador desmontado para este propósito”, como se usou o multímetro (antes de chegar neste tema, muito possivelmente, nas atividades práticas sobre eletricidade e magnetismo, já foi apresentado como se usa este instrumento de medidas elétricas), o que é um ímã de neodímio, enfim, um momento de contextualização experimental com a apresentação e uso de todos os itens que

compõem este kit. Com esses diálogos, o passo inicial da problematização foi executado.

2.3 Segundo Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional

Chegamos, então, ao segundo momento pedagógico, no qual o professor apresentou qualitativamente os experimentos, isto é, não se fizeram aqui medidas, apenas observações qualitativas. Em seguida, fizeram-se as orientações de como conectar os terminais do tipo (Disconnect Engate fêmea) do fio de cores Cinza/preta na Bobina e a outra extremidade do mesmo fio onde estão os plugs de tipo banana de cores, vermelho e o outro preto no Multímetro.

Continuando o segundo momento, devia-se orientar como acoplar a manivela ao Mini gerador, em seguida a Lâmpada e o Multímetro e, também, a ligação do Mini motor com a Bateria e o Ímã de neodímio. Após cada conexão, individualmente, seguiram os momentos de observação. Para a Bobina, o Ímã de neodímio, o Ímã retirado de um alto falante e o Multímetro, perguntou-se o que devia ocorrer ao se aproximar a Bobina do Ímã de neodímio e o Ímã de diâmetro maior retirado do alto falante, que valor devia-se medir no Multímetro (voltagem contínua ou alternada, corrente ou resistência elétrica)?

A Figura 3 apresenta os materiais usados para essas primeiras observações experimentais. Aguardaram-se as respostas, fizeram-se anotações e a primeira aproximação do Ímã com a espira foi efetuada. Em seguida, comentou-se o observado, anotaram-se os valores e novas perguntas puderam ser efetuadas, sempre com a resposta advinda da observação da experimentação. Puderam surgir mais perguntas do tipo: a voltagem registrada dependia de que parâmetros, proximidade do Ímã com a Espira, da velocidade de aproximação do Ímã, do ângulo entre a Bobina e do Ímã etc.? Foi momento de aguçar a observação experimental com as perguntas e a direta observação por parte dos estudantes ou, ainda, puderam escutar perguntas por parte deles e, novamente, lembrá-los de que a resposta deveria vir da observação prática.

Na parte seguinte, no segundo ciclo do Método ISLE, foram feitas as medidas quantitativas, mediram-se os valores de voltagem gerados em cada situação prática das observações qualitativas e quanto foi o valor gerado em unidades de milivolt.

Figura 24 - Fotografia dos Ímãs (cilíndrico menor diâmetro e o cilíndrico de maior diâmetro), e a carcaça do Mini gerador, abaixo do Multímetro, Bobina (à esquerda na cor branca). Cabos ligam a Bobina ao Multímetro (na escala de 200 milivolts VDC), usados para observar o fenômeno da indução eletromagnética ao se aproximar os Ímãs da Bobina. Visualiza-se, por fim, a detecção com a variação dos dígitos do Multímetro.



Fonte: Imagem do autor.

Das observações, solicitamos que seja feita uma classificação ou caracterização dos padrões das experimentações. Perguntamos quais parâmetros físicos (campo magnético, campo elétrico, temperatura, pressão, corrente e voltagem elétrica, etc.) são importantes para se chegar a uma lei que explica todos estas observações. Há alguma equação representativa para explicar o que foi observado? Ainda no segundo momento pedagógico, iniciou-se a construção da equação que relaciona as grandezas físicas que foram analisadas.

Discutiui-se o método de trabalho do descobridor deste fenômeno (Michael Faraday), que não possuía muitos conhecimentos matemáticos para propor uma equação representativa das observações. Explicamos, ainda, que foram necessários alguns anos de comunicações entre os cientistas até que James Maxwell apresentasse sua formulação matemática da lei da indução que, em notação moderna, adaptada ao ensino de Física em disciplinas introdutórias, pode ser vista na Equação (5).

No entanto para chegarmos à equação citada acima, partimos do seguinte pressuposto: que o fluxo magnético é decorrente do produto entre a

intensidade do campo (B), a área da superfície interna da espira (A) e o seno do ângulo (θ) entre o campo e essa superfície.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \sin \theta \quad (\text{Eq. 1})$$

A força eletromotriz entre os terminais da Bobina resulta da variação do fluxo magnético, ou seja:

$$\varepsilon = \frac{\Phi_{final} - \Phi_{inicial}}{\Delta t} \quad (\text{Eq. 2})$$

O módulo da força eletromotriz (ε) induzida pode ser obtido pela divisão entre a diferença do fluxo do campo magnético em dois instantes e o intervalo de tempo transcorrido entre eles.

$$|\varepsilon_{induzida}| = \frac{\Delta \Phi_{fluxo\ magnético}}{\Delta t_{tempo}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Levando agora em consideração a Lei de Lenz, com relação ao sentido, para explicar o sinal negativo da equação que passa a ser escrito da seguinte forma:

$$\varepsilon_{induzida} = - \frac{\Delta \Phi_{fluxo\ magnético}}{\Delta t_{tempo}} \quad (\text{Eq. 4})$$

A equação (1) representa a força eletromotriz induzida (medida no voltímetro, com o circuito aberto, sem carga) que é proporcional ao negativo da variação do fluxo magnético dividido pela variação temporal. Explica-se que, no sistema internacional de medidas, a voltagem elétrica é medida em volts, o fluxo magnético em medidas de campo magnético, Tm^2 (tesla vezes metros quadrado) e o tempo em segundos.

Na hipótese desta equação ser válida, se perguntou sobre o sinal ser negativo, que é algo substancialmente importante comentar. Este sinal representa que a variação do fluxo temporal induzirá uma força eletromotriz negativa a essa variação. Este fato pôde ser observado diretamente na medida da voltagem medida no voltímetro (observando-se a mudança do sinal), todas

as vezes que se inverte o sentido ímã ou a bobina ao se aproximar ou se afastar. Tal fato indica o que chamamos de Lei de Lenz, isto é, a evidência da lei da conservação da energia neste sistema eletromagnético e cinético. Assim, se deve introduzir a lei de Lenz, da observação experimental em conjunto com a hipótese de a equação (1) está correta. Assim, a Lei de Lenz mostra que há uma reação contrária à ação provocada pelo Ímã ou pela Bobina, de forma que, se o sul do Ímã se aproxima da Bobina, o sentido da força eletromotriz é horário.

2.4 Terceiro Momento da Metodologia de Aplicação do Produto Educacional

Com a lei básica da indução eletromagnética devidamente explorada, pôde-se passar para o terceiro momento pedagógico, que foi a aplicação deste conhecimento. A pergunta chave poderia ser: quais equipamentos, encontrados nas residências, poderiam ser associados à lei da indução eletromagnética? Em que parte(s) destes aparelhos a indução eletromagnética se manifestou? Você poderia descrever, de forma simplificada, como ela se manifestou? Ouviram-se as respostas, que inicialmente são as máquinas residenciais, liquidificador, batedeira, máquina de lavar, furadeira, enfim, máquinas motrizes. Nitidamente, tais respostas surgiram porque os estudantes já conheciam estes equipamentos do cotidiano e talvez houvesse a proposta de construir um gerador.

Neste momento, foi importante ressaltar aos estudantes que para estas máquinas funcionarem é preciso antecipadamente que ocorra a geração da energia elétrica. Logo, foi necessário inicialmente, entender a tecnologia de funcionamento de um gerador elétrico.

Depois, apresentou-se o uso do Mini gerador, que faz uso de um movimento cíclico, com o giro da manivela girando um Ímã interno que está dentro da bobina e, assim, produz-se energia elétrica a partir da energia do movimento. Fez-se a demonstração com o acendimento de uma lâmpada residencial, tipo LED, mostrando que este pequeno gerador é capaz de acender a lâmpada facilmente (Figura 25) e os materiais para esta realização prática.

Pôde-se perguntar qual o valor da voltagem gerada por este Mini gerador. Ouviram-se as respostas e suas explicações e, em seguida, mediram-se a voltagem com o Multímetro, com e sem a Lâmpada no circuito, podendo

comentar sobre a diferença dos conceitos de “força eletromotriz” e “voltagem elétrica”, o que fica nítido com as medidas no Multímetro, com e sem a Lâmpada no circuito, isto é, com e sem a carga elétrica ligada.

Dando continuidade a proposta da Sequência Didática, se discutiu sobre o sistema de engrenagem que fez aumentar a velocidade do Ímã interno à Bobina.

Para finalizar esta seção de investigação do Mini gerador e para usar um dos sentidos do corpo humano como sensor de grandeza elétrica, pôde-se perguntar se este Mini gerador foi capaz de provocar um choque elétrico forte em uma pessoa. Para responder experimentalmente, sugerimos que os dois terminais de saída do gerador fossem conectados somente entre os dedos da mão direita do estudante curioso, pois o choque é razoavelmente forte e não se deve passar corrente elétrica no corpo na região próxima ao coração humano, fazendo assim uma interdisciplinaridade com a Biologia e os orientando a fazer uma leitura sobre as normas de segurança do trabalho, especificamente quando se tratam de redes de alta tensão e quias as consequências de um choque elétrico de grande intensidade no corpo humano. Fez-se o giro e se observou a reação do aluno ataçador.

Figura 25 - Fotografia com os materiais para demonstrar a geração de energia elétrica, Manivela de cano de PVC, Mini gerador, Cabos com dois seguimentos (ligam o Mini gerador a Lâmpada e ao Multímetro com o auxílio dos Cabos do próprio aparelho), Multímetro e Lâmpada residencial tipo LED.



Fonte: Imagem do autor.

Na continuidade do terceiro momento pedagógico, o assunto agora são as máquinas motrizes eletromagnéticas, os chamados motores elétricos, que são os instrumentos que foram fundamentais, para a chamada Segunda Revolução Industrial. Em praticamente todas as indústrias, foram introduzidos os motores para execução de diversas tarefas, substituindo o trabalho braçal e as máquinas a vapor. O início se deu mais uma vez com uma pergunta: o que ou quais componentes são necessários para se construir um motor elétrico? Há inúmeras formas de se montar um motor elétrico e, neste momento, pôde-se solicitar que fizessem uma consulta via internet sobre os diferentes tipos de motores e, diante dos resultados apresentados, pôde-se discutir quais são os componentes essenciais para haver um motor elétrico, isto é, transformar energia elétrica em energia mecânica, energia cinética de movimento.

Depois de ouvir e analisar em conjunto com os estudantes todas as ideias e suposições, apresentou-se um protótipo de um motor de corrente contínua com escovas. Mostrou-se o motor em funcionamento e deixou-os observar e experimentar, fazer mudanças do tipo: inverter a Bobina, mudar o tipo de Ímã, mudar as posições relativas do Ímã e da Bobina etc.

Após a apresentação do conceito de motor elétrico, pudemos lançar a ideia de utilização do Mini gerador agora como motor elétrico, fazendo a seguinte pergunta: o que ocorreria se ele fosse ligado à rede elétrica de 220 volts? Após a conexão na rede uma das possíveis observações é que o sentido de rotação do Mini gerador mudou a cada conexão com a rede elétrica, cabendo neste momento um parêntese sobre os conceitos de fase e frequência do ciclo da tensão alternada. Pôde-se instigar aos estudantes a projetar outros tipos de motores elétricos. No link abaixo, há um roteiro de uma aula experimental com estes materiais:

https://fractal.ind.br/pdfs/ExP_F12_Inducao_Eletromagnetica.pdf

Sugestões ao professor

Também é possível trabalhar dentro da proposta didática, as sugestões a seguir, levando em consideração a seguinte ressalva: que o professor deve executar primeiramente, por se tratar de uma proposta que faz uso da rede elétrica com tensões de 110 v ou 220 v.

A exposição do conteúdo apresentado deve ser em forma expositiva e dialogada, buscando considerar os conhecimentos prévios dos discentes a fim de contribuir com a aprendizagem deles.

Para esse encontro é sugerido levar os alunos ao Laboratório de Física a fim de que mudado o ambiente de sala de aula, possam ser utilizados espaços diversos com o propósito de diversificar os ambientes para o ensino da Física.

A fim de potencializar a aplicação do produto educacional e com intenção de mostrar que os conceitos de Indução Eletromagnética ultrapassam as equações, o professor pode fazer uma demonstração de algumas aplicações dos conceitos de indução eletromagnética, geradores e motores, como por exemplo, poder usar o Mini gerador como motor, conectando a rede elétrica, para mostrar os conceitos de forma visual, da seguinte maneira: a partir do cabo duplo de 50,0 cm de comprimento, conectar a parte onde se encontram os terminais disconnect engate fêmea ao Mini gerador, em seguida acoplar a lâmpada ao bocal que deve ser ligada no Plug da tomada residencial fêmea.

Para esse momento é sugerido que o professor na aula anterior peça aos alunos que consigam trazer alguns materiais para essa atividade, como por exemplo: carregador de celular, Lâmpadas LED recarregáveis ou motores, por exemplo, de baixa tensão 5,0 v, retirados de aparelhos elétricos sucateados.

Os equipamentos listados acima servirão como base para que o professor ao aguçar os conhecimentos dos alunos, possa incentivá-los a buscar novas formas de utilização destes equipamentos dentro da proposta dos conceitos de indução eletromagnética estudados.

Capítulo 3


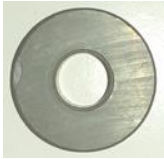
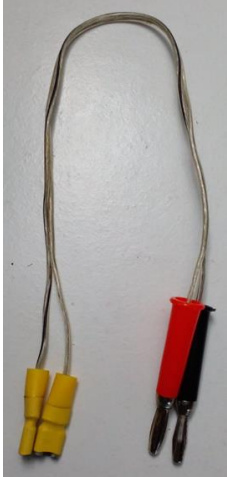


Tabela com imagens dos componentes do Mini laboratório e os manuais de produção da Manivela e dos cabos de conexões






A seguir temos uma tabela com as imagens de todos os objetos que compõem o kit do mini laboratório. A maior parte destes componentes pode ser adquirida, no comércio local dos grandes centros ou por sites na internet, por exemplo: no site do mercado livre. Apenas a manivela e os dois cabos de

conexão devem ser produzidos pelo professor ou alunos.

Tabela 1 – Tabela na qual consta os nomes, imagens e quantidade dos objetos utilizados no Mini laboratório.

Nome do objeto	Imagem	Quantidade
a) Multímetro digital		01
b) Bobina de fio esmaltado		01
c) Carcaça do motor		01
d) Ímã cilíndrico de neodímio		01

e) Ímã em formato de anel de 1,7 cm de diâmetro		01
f) Ímã em formato de anel de 5,2 cm de diâmetro		01
g) Cabo duplo, bananas/terminais (Disconnect Engate fêmea).		01
h) Mini gerador		01
i) Manivela de cano de PVC		01

j) Lâmpada Led		01
k) Bocal		01
l) Cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada/ Plug macho e fêmea.		01
m) Motor de Escovas com Base plástica e Elice.		01
n) Suporte para pilhas do tipo AA de 1,5 V		01

o) Pilha tipo AA de 1,5 V		02
------------------------------	---	----

3.1 Manual de produção da Manivela de cano PVC

A seguir se apresenta uma lista com o material, suas dimensões e o procedimento necessário que deve ser seguido para elaboração da construção da manivela de cano de PVC utilizada nos encontros da pesquisa. Ressalvo que o material apresentado na lista abaixo é para elaboração de apenas uma manivela.

Lista dos Materiais utilizados na construção da manivela de cano PVC

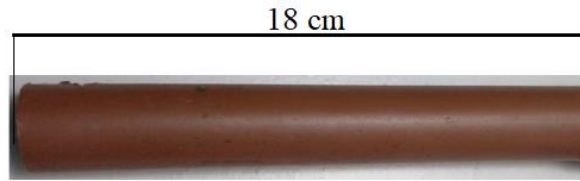
- ❖ Cano de PVC de 28,0cm de comprimento e $\frac{3}{4}$ de polegada ou 2,0cm de diâmetro.
- ❖ Soprador térmico.
- ❖ Massa Epóxi 20 gramas.
- ❖ Cola instantânea.
- ❖ Serra copo de $\frac{3}{4}$ de polegada de diâmetro.
- ❖ Broca para ferro ou madeira de $\frac{1}{4}$ de polegada.
- ❖ Furadeira.

3.2 Montagem da manivela de cano PVC

1º PASSO:

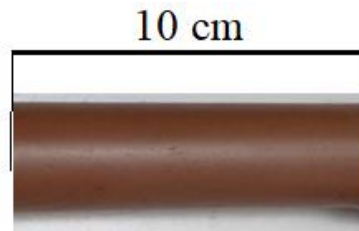
A partir do pedaço de cano de 28,0cm de comprimento e que deve ser cortado em duas partes, uma com 18,0cm de comprimento, que será o eixo de rotação e a outra com 10,0cm de comprimento que será o braço da manivela, onde a pessoa que irá manusear vai segurar para girar.

Figura 26- Fotografia de um pedaço de cano de PVC.



Fonte: Imagem do autor

Figura 27- Fotografia de um pedaço de cano de PVC.



Fonte: Imagem do autor

2º PASSO:

Com o auxílio da furadeira e da broca, fazer um furo em uma das extremidades do pedaço de cano de PVC que tem 18,0cm de comprimento, e tal orifício deve ficar a uma distância de 0,5cm da borda do cano.

Em seguida, após misturar os dois componentes da massa Epóxi, introduzir o material obtido na mesma extremidade onde existe o orifício feito com a broca de $\frac{1}{4}$ de polegada. Com a cola inserida no cano, deve-se pegar o Mini gerador e inserir o seu eixo no orifício de forma que a massa epóxi existente dentro do cano seja moldada no formato do seu eixo.

Figura 28- Fotografia de dois pedaços de cano de PVC, um com 18,0cm de comprimento com um orifício de 0,8cm de diâmetro em uma de suas extremidades.



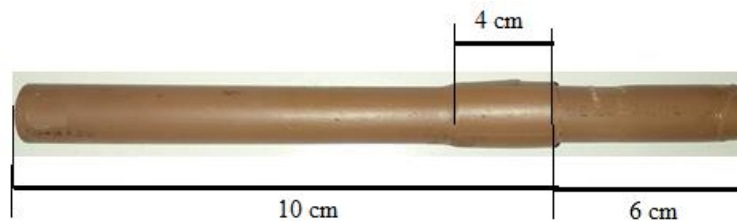
Fonte: Imagem do autor

3º PASSO:

Em seguida, com o auxílio do soprador térmico, aquecer a outra extremidade, até aproximadamente 4,0cm de comprimento. O aquecimento deve ocorrer até o momento que fique em condições de ser possível moldar o PVC, e que esta condição de moldar seja perceptível através do tato e a

posteriore deve-se introduzir o outro pedaço de cano, até 4,0cm da borda, aumentando o diâmetro interno da parte maior.

Figura 29- Fotografia de dois pedaços de cano de PVC, um com 18,0cm de comprimento e outro com 10,0cm de comprimento, esse segundo pedaço está inserido 4,0cm na parte maior.



Fonte: Imagem do autor

Nesta etapa, acopla-se a serra copo à furadeira e se faz um orifício na extremidade alargada, de maneira que ele fique se opondo ao furo feito na outra extremidade, para que ao se encaixar o pedaço menor ele forme um ângulo de 90° entre si. É possível visualizar essa etapa, observando a imagem a seguir.

Figura 30- Fotografia de um pedaço de cano de PVC, com 18,0cm de comprimento, com uma serra do tipo copo inserida na extremidade que foi alargada.



Fonte: Imagem do autor

Após ser feito o orifício com o auxílio da serra copo na parte alargada com o soprador térmico, ele ficará da seguinte forma:

Figura 31- Fotografia de um pedaço de cano de PVC, com 18,0cm de comprimento, com uma com um orifício feito por uma serra do tipo copo na extremidade que foi alargada.



Fonte: Imagem do autor

4º PASSO:

Agora é o momento de encaixar o pedaço menor do cano de PVC com 10,0cm de comprimento no orifício feito na parte alargada do pedaço de 18,0cm, fixando com algumas gotas de cola instantânea.

Temos a seguir, a imagem da manivela de cano de PVC, concluída para facilitar a visualização do objeto.

Figura 32- Fotografia de uma manivela feita de cano PVC.



Fonte: Imagem do autor

3.3 Manual de produção do cabo duplo, Bananas / Terminais (Disconnect Engate fêmea).

Na sequência, se apresenta uma lista com os materiais, sua quantidade e suas dimensões além do procedimento necessário que deve ser seguido para elaboração da produção do cabo duplo, bananas / terminais (Disconnect Engate fêmea), utilizado nos encontros da pesquisa. Vale salientar que o material apresentado na lista abaixo é para elaboração de apenas um cabo.

Lista dos Materiais utilizados na construção do cabo duplo, bananas / terminais (Disconnect Engate fêmea).

- ❖ Fio duplo de comprimento 25,0cm e 1,0mm de diâmetro.
- ❖ 02 Terminais disconnect engate fêmea.
- ❖ 02 Plugs tipo banana.
- ❖ 02 pedaços de tubo termo retrátil com 1,5cm de comprimento e diâmetro de 8,0mm.
- ❖ Soprador térmico.
- ❖ Alicata de bico.

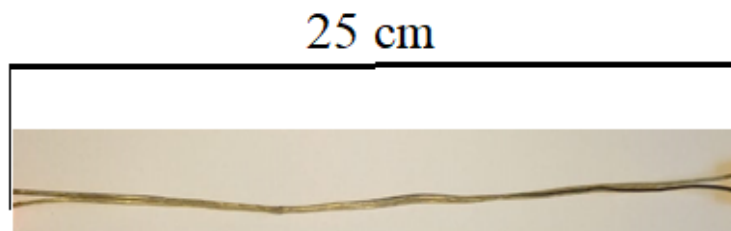
- ❖ Ferro de solda para circuito elétrico.
- ❖ Fio para solda de circuito elétrico de Stânio.

Montagem do cabo, Bananas / Terminais (Disconnect Engate fêmea).

1º PASSO:

Com o pedaço de cabo em mãos, deve separar os fios em ambas as extremidades, aproximadamente 4,0cm de comprimento uma da outra e automaticamente desencapar 1,0cm de todas as pontas.

Figura 33- Fotografia de um pedaço de fio duplo com ambas as extremidades divididas e desencapadas.



Fonte: Imagem do autor

2º PASSO:

Em uma das extremidades, escolhida aleatoriamente, fixamos os terminais Disconnect Engate Fêmea, com o auxílio do alicate de bico e em seguida isolamos a parte metálica aparente com o tubo termo retrátil, deixando livre apenas a parte frontal por onde se faz o acoplamento com os conectores do Mini gerador e da bobina.

Figura 34: Fotografia de uma das extremidades de um pedaço de fio duplo com um terminal disconnect engate fêmea, acoplado e isolado com o tubo termo retrátil em cada uma delas.

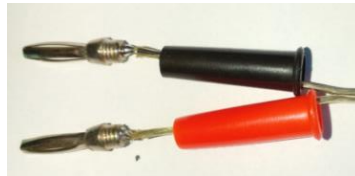


Fonte: Imagem do autor

3º PASSO:

Agora chegou o momento de conectar os plugs tipo banana na outra extremidade do fio duplo. Com a extremidade dividida, primeiro colocar em cada uma delas a capa plástica de proteção de cada um dos plugs bananas, em seguida com o ferro de solda pré-aquecido efetuar a conexão de cada um dos fios em um dos plugs escolhido aleatoriamente, pois para fins de aprendizagem dos conceitos de indução eletromagnética não se faz necessário uma determinação das cores.

Figura 35: Fotografia de uma das extremidades de um pedaço de fio duplo com um plug tipo banana, acoplado e isolado com tubo plástico em cada uma delas.



Fonte: Imagem do autor

4º PASSO:

Por fim, temos a seguir a imagem do cabo concluído para facilitar a visualização do objeto.

Figura 36: Fotografia do cabo com os plugs do tipo banana em uma extremidade e na outra os terminais do tipo disconnect engate fêmea.



Fonte: Imagem do autor

3.4 Manual de produção do cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada / Plug Macho e Fêmea

A seguir se apresenta uma lista com o material, suas dimensões e o procedimento necessário que deve ser seguido para elaborar a produção do cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada / Plug macho e fêmea, utilizados nos encontros da pesquisa. Ressaltando que o material apresentado na lista abaixo é para elaboração de apenas um cabo.

Lista dos Materiais utilizados na construção Cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada / Plug macho e fêmea.

- ❖ Fio duplo de comprimento 1,0 m e 1,5 mm de diâmetro.
- ❖ 02 Terminais disconnect engate fêmea.
- ❖ 01 Plug para tomada de rede elétrica residencial macho.
- ❖ 01 Plug para tomada de rede elétrica residencial fêmea.
- ❖ 02 pedaços de tubo termoretrátil com 2,5 cm de comprimento cada e diâmetro 1,0 mm.
- ❖ Soprador térmico.
- ❖ Alicate de bico.
- ❖ Fio para solda de circuito elétrico de Stânio.
- ❖ Chave tipo Philips.

3.5 Manual de montagem do cabo duplo com 0,5 m de comprimento cada / Plug macho e fêmea.

1º PASSO:

No primeiro momento deve-se dividir o fio duplo em duas partes de 0,5 m cada, e em seguida dividir 3,0 cm nas suas extremidades e desencapá-las. Agora escolher aleatoriamente um dos dois pedaços para fazer com o auxílio do alicate de bico, a conexão dos Terminais disconnect engate fêmea.

Figura 37: Fotografia do cabo com os Terminais disconnect engate fêmeos nas extremidades e isolados com tubo termo retráteis.



Fonte: Imagem do autor

Após a conexão feita dos terminais, deve-se isolar com tubo termo retrátil, deixando livre apenas a parte frontal por onde ocorre a conexão com os terminais do Mini gerador e ou da Bobina.

Figura 38: Fotografia da extremidade do cabo com os Terminais disconnect engate fêmea isolados com o tubo termo retrátil visto frontalmente.



Fonte: Imagem do autor

2º PASSO:

Essa etapa refere-se à conexão do Plug do tipo macho de rede elétrica residencial ao outro cabo que por ter duas extremidades, pode ser escolhida uma delas aleatoriamente. Inicialmente com a chave Philips, retire o parafuso que une as duas partes plástica do Plug, em seguida deve-se afrouxar os dois parafusos que se encontram na parte interna e conectar a cada um deles uma das extremidades desencapadas do fio.

Figura 39: Fotografia do Plug de tomada residencial macho aberto com as extremidades de um cabo conectadas nos pinos.



Fonte: Imagem do autor

Concluindo essa etapa, com um objeto pontiagudo, que pode ser até mesmo a ponta de metal de um dos cabos do multímetro utilizado no kit, fazer duas perfurações, localizadas exatamente sobre os parafusos de fixação dos fios nos pinos da outra parte do Plug.

Figura 40: Fotografia da parte superior do Plug de tomada residencial macho, com três orifícios.



Fonte: Imagem do autor

3º PASSO:

Finalizando a produção do cabo, abre-se com a chave Philips, o Plug de rede elétrica residencial fêmea, conectando os dois cabos pelas extremidades livres, cujo método de produção que já foi anteriormente explicitado. O primeiro que tem uma das extremidades os terminais disconnect engate fêmea e o segundo que tem conectado o Plug para tomada de rede elétrica residencial macho através de suas extremidades livres, que já foram desencapadas previamente e em seguidas conectadas nos pinos.

Quando os fios estiverem conectados aos pinos, fecha-se o Plug de rede elétrica residencial fêmea.

Figura 41: Fotografia do Plug de rede elétrica residencial fêmea aberto, com as duas extremidades dos dois cabos, desencapados e unidos, fixos por meio dos parafusos nos pinos.



Fonte: Imagem do autor

Finalmente temos a seguir, a imagem do cabo concluído para facilitar a visualização do objeto.

Figura 42: Fotografia de dois cabos de aproximadamente 0,5cm de comprimento. Na extremidade de um deles está fixo um Plug do tipo macho de rede elétrica residencial, logo abaixo na extremidade do outro cabo observamos os Terminais disconnect engate, fêmea e no lado direito onde ambos estão unidos e acoplados há um Plug de rede elétrica residencial fêmea.



Fonte: Imagem do autor

Referência

- [01] E. Etkina e A. Van Heuvelen, em: *Research-Based Reform of University Physics*, editado por E.F. Redish e P. Cooney (American Association of Physics Teachers, College Park, 2007), v.1.
- [02] AUSUBEL, David P., NOVAK, Joseph D., HANESIAN, Helen. *Psicologia educacional*. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- [03] MOREIRA M.A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- [04] AUSUBEL, David Paul. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. Nova York: Grune & Stratton, 1963. 255 p.
- [05] APRENDIZAGEM significativa: Breve discussão acerca do conceito. Breve discussão acerca do conceito. Caderno de Práticas. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito#:~:text=Para%20Ausubel%2C%20quando%20algu%C3%A9m%20atribui,aceitos%20no%20contexto%20do%20sujeito>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- [06] MOREIRA, M. A. *O que é afinal aprendizagem significativa?* *Revista cultural La Laguna Espanha*, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 20/10/2022.