



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas

Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física

Sergio Amaral da Silva

**Uma Unidade de Ensino Potencialmente
Significativa Fundamentada nos Três Momentos
Pedagógicos para o Ensino do Fenômeno da
Indução Eletromagnética no Nível Médio**

Dissertação (Mestrado)

Vitória da Conquista-BA

abril de 2019

Sergio Amaral da Silva

**Uma Unidade de Ensino Potencialmente
Significativa Fundamentada nos Três Momentos
Pedagógicos para o Ensino do Fenômeno da
Indução Eletromagnética no Nível Médio**

Vitória da Conquista-BA

abril de 2019

Sergio Amaral da Silva

**Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
Fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos para o
Ensino do Fenômeno da Indução Eletromagnética no Nível
Médio**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas

Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Orientador: Jorge Anderson Paiva Ramos

Coorientador: Luizdarcy de Matos Castro

Vitória da Conquista-BA

abril de 2019

S583u

Silva, Sergio Amaral da.

Uma unidade de ensino potencialmente significativa fundamentada nos três momentos pedagógicos para o ensino do fenômeno da indução eletromagnética no nível médio. / Sergio Amaral da Silva, 2019.

48f. il.

Orientador (a): Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2019.

Inclui referência F. 34-35.

1. Ensino de física. 2. Indução eletromagnética - Ensino. 3. Aprendizagem significativa I. Ramos, Jorge Anderson Paiva. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 530.7

*Catlogação na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890***

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 22 dias do mês de março de 2019, às 10 horas, na sala 10 do Módulo I, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "Uma unidade de ensino potencialmente significativa fundamentada nos três momentos pedagógicos para o ensino do fenômeno da Indução Eletromagnética no Nível Médio", de autoria de SÉRGIO AMARAL DA SILVA, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo(a) professor(a) Dr(a). Jorge Anderson Paiva Ramos, orientador(a) do(a) mestrando(a) e contou com a participação dos professores Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro, Dr(a). Cristina Porto Gonçalves e Dr(a). Robson Aldrin Lima Mattos, na condição de examinadores. A sessão teve a duração de 01h e 32 min. e a banca examinadora emitiu o seguinte


parecer: Aprovada sem restrições, o candidato tem até 60 dias para apresentar a versão final com as considerações da banca

A dissertação recebeu o conceito final: aprovado



Prof(a). Dr(a). Jorge Anderson Paiva Ramos (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador


Prof(a). Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro (UESB)
Coorientador / Examinador(a) interno(a)


Prof(a). Dr(a). Cristina Porto Gonçalves (UESB)
Examinador(a) interno(a)


Prof(a). Dr(a). Robson Aldrin Lima Mattos (UESB)
Examinador(a) externo(a)


Sérgio Amaral da Silva
Discente


Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Coordenador do PPG-MNPEF



UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA FUNDAMENTADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DO FENÔMENO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO NÍVEL MÉDIO

AUTOR(A): SÉRGIO AMARAL DA SILVA


DATA DE APROVAÇÃO: 22 DE MARÇO DE 2019

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.


Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA


Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador


Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro (UESB)
Coorientador / Examinador(a) interno


Prof. Dr. Cristina Porto Gonçalves (UESB)
Examinador(a) interno(a)


Prof. Dr. Robson Aldrin Lima Mattos (UNEB)
Examinador(a) externo(a)

2019

Este trabalho é dedicado à minha esposa Caroline Raissa, pelo amor, compreensão, apoio e encorajamento nos desafios por me enfrentados.



Agradecimentos

Agradeço

Ao Senhor Deus, pela vida e por tudo que tem me concedido.

Aos meus familiares por me acompanharem desde a minha infância.

Aos amigos e colegas que estiveram ao meu lado.

Aos professores que tiveram a nobreza de me transmitirem uma parte dos seus conhecimentos.

Aos orientadores, Jorge Anderson Paiva e Luizdarcy de Matos Castro, os quais me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento à pesquisa.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela criação do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

À minha esposa, Caroline Raissa, por fazer parte da minha vida tão intensamente.

Àquele que é capaz de fazer infinitamente mais do que tudo o que pedimos ou pensamos, de acordo com o seu poder que atua em nós, a ele seja a glória na igreja e em Cristo Jesus, por todas as gerações, para todo o sempre! Amém! (Efésios 3:20-21).

Resumo

Questões relacionadas à melhoria do ensino de Física estão em evidência, pois é notório que aspectos ligados às dificuldades na contextualização, abstração e assimilação dos conteúdos são bastante comuns entre os estudantes. Com base neste problema, este trabalho teve como objetivo desenvolver um produto educacional que facilite o ensino da Indução Eletromagnética, tornando a aprendizagem significativa. Para isso, seguindo os princípios e passos citados por Marco Antônio Moreira, foi elaborada uma sequência de ensino a qual utiliza-se de um conjunto de experimentos, juntamente com uma simulação computacional selecionada no grupo PhET, para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Este produto educacional foi aplicado em uma turma de Segundo Módulo do Curso Técnico em Informática do IFBA - *Campus* Brumado, na disciplina de Eletricidade Básica, como meio de validação da proposta, chegando, dentre outras conclusões, que tanto os experimentos físicos como as simulações computacionais são meios que permitem que os estudantes adquiram um conhecimento mais sólido e crítico acerca do assunto trabalhado.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Ensino de Física. Indução Eletromagnética.

Abstract

Issues related to the improvement of physics teaching are in evidence, since it is notorious that aspects related to difficulties in contextualization, abstraction and assimilation of contents are quite common among students. Based on this problem, this work aimed to develop an educational product that facilitates the teaching of Electromagnetic Induction, making learning meaningful. For this, following the principles and step cited by Marco Antônio Moreira, a teaching sequence was elaborated which uses a set of experiments, together with a computational simulation selected in the group PhET, for the development of the teaching-learning process. This educational product was applied in a class of Second Module of the Technical Course in Informatics of the IFBA - Brumado Campus, in the Basic Electricity discipline, as a means of validation of the proposal, arriving, among other conclusions, that both physical experiments and computational simulations are ways that allow students to acquire a more solid and critical knowledge about the subject matter.

Keywords: Electromagnetic Induction. Meaningful Learning. Physics Teaching.



Lista de ilustrações

1	Fluxo magnético através da área envolvida pela espira.	34
2	Ilustração do fenômeno da indução eletromagnética	35
3	Experimento de Faraday	36
4	Condutor movimentando em um campo magnético	37
5	Barra condutora deslizando sobre trilhos	38
6	Barra condutora deslizando para direita e para esquerda sobre trilhos . . .	39
7	Demonstração da Lei de Lenz Demonstração da Lei de Lenz	40
8	Regra da mão direita	41
9	Diagrama esquemático de um gerador e a forma de onda da fem gerada . .	42
10	Bobina dentro de um campo magnético	43
11	Objetos utilizados na problematização inicial.	47
12	Localizando no Google Maps.	48
13	Materiais para ensaio de indução.	49
14	Experimento didático	49
15	Indução eletromagnética.	51
16	Esquema de um gerador de corrente alternada.	52
17	Esquema de uma usina hidrelétrica.	52
18	Usina hidrelétrica Itaipú.	53
19	O que a bússola e o ímã tem em comum?	54
20	O que a bússola e o ímã tem em comum?	55
21	Explicação sobre a corrente gerada pelo movimento de um ímã através de uma bobina	56
22	Materiais utilizados para a realização da atividade experimental.	56
23	Discentes realizando atividade experimental com eletroímã e indução ele- tromagnética através de um ímã em movimento.	57
24	Resposta	58

25	Discente realizando experimento de indução eletromagnética.	58
26	Discentes realizando atividade em laboratório virtual.	59
27	A influência do aumento da intensidade do campo magnético em uma bússola.	59
28	Influência de um ímã sobre uma bússola.	59
29	Característica do campo magnético gerado por uma corrente elétrica. . . .	60
30	Respostas	60
31	Discentes realizando atividade em laboratório virtual.	61
32	Respostas	61
33	Simulado o processo de geração de energia elétrica.	61
34	Resposta	62
35	Experiência física 1.	75
36	Experiência física 2.	75
37	Experiência física 3.	76
38	Experiência física 4	77
39	Experiência virtual 1	79
40	Experiência virtual 2	79
41	Experiência virtual 3	80
42	Experiência virtual 4	81



Lista de quadros

1	Questionário 1	47
2	Questionário 2	48
3	Questionário 3	48
4	Questionário 4	50
5	Questionário 5	50



Lista de tabelas

1	Estrutura da sequência de ensino	46
---	--------------------------------------------	----



Lista de abreviaturas e siglas

ABRAPEC	Revista Brasileira de Pesquisa e Ensino de Ciências
IFBA	Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacional
PhET	Projeto de Simulações Interativas da Universidade de Colorado
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
3MP	Três Momentos Pedagógicos



Lista de símbolos

ϵ	Letra grega épsilon minúscula
Φ	Letra grega fi maiúscula
θ	Letra grega teta minúscula
Δ	Letra grega delta maiúscula
\int	Operador matemático integral
$\frac{d}{dt}$	Operador matemático derivada



Sumário

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	A pesquisa	20
1.1.1	Problema	20
1.1.2	Objetivo Geral	20
1.1.3	Objetivos Específicos	20
1.2	Estrutura do trabalho	21
2	TRABALHOS SOBRE ENSINO DE CIÊNCIAS	22
3	UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	27
3.1	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	27
3.2	Os 3 Momentos Pedagógicos	30
4	INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	33
4.1	Introdução	33
4.2	Lei da Indução de Faraday	33
4.3	Força eletromotriz induzida devido ao movimento do circuito	36
4.4	Lei de Lenz	39
4.5	Forças e torques em sistemas com campos magnéticos	40
4.6	Geradores e motores	41
5	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	44
5.1	O contexto	44
5.2	O Produto Educacional	44
5.3	A Sequência Didática	44
5.4	Desenvolvimento da Sequência Didática	46
5.4.1	Problematização inicial	46

5.4.2	Aplicação do experimento	48
5.4.3	Organização do conhecimento	50
5.4.4	Avaliação do aprendizado	52
6	RESULTADOS	54
6.1	Primeiro contato com o campo magnético através de uma bússola e um ímã	54
6.2	A geração da energia elétrica pelo movimento do ímã através de uma bobina de fio de cobre	55
6.3	A movimentação do ponteiro de uma bússola através de uma bobina de fio de cobre percorrida por uma corrente elétrica	56
6.4	A indução de corrente elétrica através de uma corrente pulsante	57
6.5	Atividades realizadas em laboratório de informática (simulações)	58
6.5.1	A influência de um ímã sobre uma bússola	58
6.5.2	As características do campo magnético gerado por uma corrente elétrica	59
6.5.3	A indução de corrente elétrica ao movimentar um ímã através de uma espira	60
6.5.4	O processo de geração de energia elétrica	61
7	CONCLUSÃO	63
	REFERÊNCIAS	65
	Glossário	69
	APÊNDICES	71
APÊNDICE A	– A PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA	72
APÊNDICE B	– ROTEIRO PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE COM EXPERIMENTO REAL	74
APÊNDICE C	– ROTEIRO PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE COM EXPERIMENTO VIRTUAL	78
APÊNDICE D	– PRODUTO EDUCACIONAL	83

CAPÍTULO

1

Introdução

O cenário escolar atual está relacionado à diversidade, heterogeneidade e a novos desafios. É necessário que a escola forneça uma formação que assegure uma preparação para o que vem depois dela, principalmente em um ambiente de crise econômica com diversos problemas sociais.

No contexto do ensino de física, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) em (BRASIL, 2000, p. 22) define a Física como sendo:

(...) um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias.

Ainda segundo os PCNs, o ensino de Física tem-se realizado mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores, portanto, vazios de significado. Utiliza fórmulas, em situações artificiais, não fazendo relação com o seu significado físico, fazendo parte da metodologia de ensino solução de exercícios repetitivos, fazendo com o que o aprendizado ocorra pela automatização ou pela memorização e não pela construção do conhecimento. Este é apresentado como um produto acabado de modo que os alunos pensem que não tem mais nada a evoluir.

Nesse contexto, Ricardo e Freire (2007) pesquisa sobre a concepção dos alunos sobre a Física do Ensino Médio, chegando dentre outras conclusões, que os alunos confundem física com matemática e que têm dificuldade de relacionar as fórmulas matemáticas com o fenômeno físico.

Dessa forma, é preciso que o aluno entenda que a física modela o real, e esse modelo é descrito por equações matemáticas. Entretanto, essas equações não fazem muito sentido se não for entendido toda a teoria física que descreve o fenômeno representado. Assim, o experimento assume um papel importante no ensino de física, que é o de validar a correspon-

dência entre os modelos teóricos e os objetos reais, sendo de fundamental importância para se entender a relação entre teoria e realidade, pois os alunos sentem muita dificuldade em tal compreensão.

De acordo com os PCNs em (BRASIL, 2000, p. 23), o ensino de Física deve:

(...) promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado.

É notório que a maioria dos estudantes possuem maior interesse em conteúdos que apresentem uma contrapartida prática e aplicada. Assim, a adoção de atividades práticas pode evitar que tal disciplina se torne um fardo, além de contribuir de maneira decisiva para o aprendizado. Assim, o desenvolvimento da habilidade de investigar, medir e quantificar faz o aluno aprender a identificar os parâmetros relevantes, analisando-os e chegando a conclusões, pois, dessa forma, o mesmo pode compreender leis e princípios, obtendo a capacidade de uma leitura de um fenômeno físico. Tomando como exemplo o eletromagnetismo, pode-se notar que este conteúdo envolve elementos necessários a compreensão da área da tecnologia da informação e da comunicação, bem como da eletrônica, da computação e de uma diversidade de outras áreas. Logo, pode-se utilizar dessas aplicações para exemplificar de uma forma mais prática os conteúdos estudados, podendo assim tornar as aulas mais interessantes.

Nesse contexto, A Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, parece bastante adequada, principalmente na visão de Marco Antônio Moreira, o qual trás o conceito de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), fundamentando essa metodologia em princípios que contemplam as necessidades citadas anteriormente. Assim, aliando essa metodologia aos Três Momentos Pedagógicos de Demétrio Delizoicov na divisão temporal da sequência de ensino, chega-se aqui a um material de ensino potencialmente facilitador da aprendizagem.

Dessa forma, a disponibilidade de materiais que possam nortear e facilitar a implementação, por parte dos docentes, de aulas que contemplem as questões supracitadas, de forma que as aulas deixem de ser narradas, com o estudante sendo apenas um ouvinte, e passem a ser interativas, de modo que este passe a ser um sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem, favorecendo a criação de um ambiente de aprendizagem mais crí-

tico e participativo, não mecânico, no qual oportunize os discentes a obterem uma melhor compreensão da teoria, poderá ser de grande valia para a melhoria do ensino.

Assim, o presente trabalho propõe uma UEPS fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos para o ensino do fenômeno da indução eletromagnética, obtendo no final como produto educacional, alguns aparatos experimentais e uma sequência de ensino a qual utiliza desses experimentos para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Tal sequência didática foi aplicada no Curso Técnico Subsequente em Informática, na disciplina Fundamentos de Eletricidade no IFBA *Campus* Brumado - BA como meio de validação do método proposto aqui.

1.1 A pesquisa

1.1.1 Problema

Como promover um Ensino de Física contextualizado e integrado à vida cotidiana do estudante de modo a tornar a aprendizagem significativa?

1.1.2 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um produto educacional potencialmente facilitador da aprendizagem significativa do fenômeno da Indução Eletromagnética.

1.1.3 Objetivos Específicos

- Construir aparatos experimentais para compor um produto educacional;
- Elaborar roteiros para práticas em laboratório;
- Selecionar figuras para serem utilizadas no produto educacional;
- Selecionar e adaptar texto sobre geração de energia elétrica para compor o produto educacional;
- Desenvolver uma sequência de ensino;
- Validar o produto educacional aplicando-o em sala de aula;
- Analisar qualitativamente o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem observando evidências de aprendizagem significativa.

1.2 Estrutura do trabalho

Nos Capítulos seguintes, o leitor encontrará o desenvolvimento do trabalho estruturado da seguinte forma:

- O Capítulo 2 apresenta uma breve revisão bibliográfica de alguns trabalhos sobre ensino de ciências;
- O Capítulo 3 apresenta um referencial teórico sobre UEPS e os 3MP;
- O Capítulo 4 trata da indução eletromagnética;
- O Capítulo 5 descreve o procedimento metodológico;
- O Capítulo 6 apresenta os resultados da aplicação do trabalho em sala de aula;
- Por fim, o Capítulo 7 é composto pelas considerações finais.

Trabalhos Sobre Ensino de Ciências

Este capítulo apresenta um breve apanhado de alguns trabalhos acerca do desenvolvimento de meios que ajudem na melhoria do ensino-aprendizagem. Destaca-se aqui, principalmente, o desenvolvimento de produtos educacionais como experimentos e simulações computacionais para auxílio nas aulas, bem como a aplicação de metodologias como a aprendizagem significativa no ensino de ciências, no tocante a Física.

Assim, a começar por [Ostermann, Prado e Ricci \(2006\)](#), em que em seu trabalho, já começa mencionando que cresce a cada dia a preocupação em atualizar os currículos escolares de Física. Destaca que os recursos pedagógicos são escassos e a ênfase na formação de professores é bastante formal. Os livros didáticos de Física para o Ensino Médio editados no Brasil já começaram a introduzir elementos da Física Quântica, mas ainda se apresentam bastante presos à abordagem histórica de caráter meramente informativo. Ainda enfatiza a dificuldade para se trabalhar conceitos de física moderna no Ensino Médio, justificando plenamente o desenvolvimento de um *software* onde esses conceitos possam ser simulados.

[Eichler, Junges e Pino \(2006\)](#) em seu trabalho desenvolveu um *software* educativo chamado "Cidade do Átomo" voltado ao ensino de Química. A utilização desse *software* envolve três tarefas. A primeira é a coleta e análise de amostras de água e de solo. A segunda é a inspeção radiológica na usina nuclear. Já a terceira tarefa é o depoimento de personagens como apoio à produção textual ou a atividades de jogo por representação de papéis.

Já [Moreira e Penido \(2009\)](#) realizaram uma revisão de literatura sobre a utilização das atividades experimentais em Física direcionadas ao Ensino Médio em artigos das revistas: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Ciência Educação, Revista Investigações em ensino de Ciências e a Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), com o propósito de avaliar a extensão do material disponível referente aos trabalhos publicados entre 1979 e 2008. Destacam a contribuição do experimento didático na educação científica, possibilitando ao

aluno explicitar suas ideias.

Arantes, Miranda e Studart (2010) em seu trabalho, fala sobre a importância dos materiais didáticos digitais no apoio a todos os níveis de ensino. Também cita que os chamados Objetos de Aprendizagem (OA) mais disseminados no meio educacional são as simulações computacionais de experimentos de física. A mesma relata também que os repositórios de OA se proliferam na Internet colocando à disposição do usuário recursos educacionais para facilitar a aprendizagem tanto no ensino à distância como no apoio ao ensino presencial. Assim, os autores concluem que o uso dos OA como recurso pedagógico, prometem crescer rapidamente com o passar do tempo, pois a presente geração de alunos já estão sendo formadas em um ambientes permeados pela informática, o que leva a crer que a tecnologia educacional deve ser bem recebida.

Souza e Nazaré (2012) implementaram um *software* simulador para o estudo de óptica. Falam sobre a importância da utilização de recursos computacionais para a ilustração de tais conceitos que consideram importantes, pois estão diretamente relacionados com o cotidiano dos alunos. Este trabalho teve o objetivo de incentivar o uso das tecnologias da informação na sala de aula, mostrando a importância das simulações para complementar as aulas teóricas, construindo um ensino mais dinâmico e atraente na área das ciências exatas.

Um trabalho bastante interessante foi feito por Sousa e Cavalcante (2000), observando que muitos professores de ciências queixam-se da falta de informações e recursos para trabalhar conceitos em Física que permitam crianças desenvolver atividades de investigação científica, despertando o seu interesse. Seu trabalho procura fornecer informações básicas aos professores do Ensino Fundamental sobre como trabalhar de forma interativa conceitos como campo de forças. Em sua experiência, os autores fazem com que as crianças relacionem em quais materiais um ímã pode exercer uma força, introduzindo o conceito de campo magnético e mostrando a transformação de alguns materiais em ímãs temporários. Propõem que as crianças aproximem o ímã de alguns materiais metálicos e não-metálicos, observando o fenômeno de atração magnética, e também atritem o ímã em alguns materiais e observem quais se "tornam" ímãs. Finalizam dizendo que incentivando o senso investigativos das crianças de uma forma atrativa e agradável, faz com que a Física se torne parte integrante de suas vidas.

Krapas et al. (2009) apresenta um experimento didático de baixo custo que demonstra o movimento de materiais ferromagnético sob ação de uma corrente elétrica. O experimento consiste de um solenoide onde é possível observar o movimento de um prego em seu interior. A ideia do experimento foi inspirada no funcionamento de certas campainhas e alguns componentes de máquinas de lavar cujos eletroímãs comportam um núcleo móvel. O trabalho foi desenvolvido em conjunto com um aluno do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Fluminense. Assim, são apresentadas, na forma de discussão, as várias tentativas de explicação para os movimentos obtidos, objetivando-se assim, a capacitação de professores

em sustentar uma discussão com os alunos.

[Souza, Gusken e Gonçalves \(2010\)](#), fizeram um experimento que demonstra o efeito da indução de correntes elétricas (Lei da Indução de Faraday) em um copo de plástico, no qual o efeito cinético observado aguça a curiosidade dos alunos e incentiva o aprendizado sobre campo magnético e o processo de indução de corrente elétrica em condutores. O experimento utiliza materiais de baixo custo, podendo ser aplicado em sala de aula como instrumento de auxílio no processo de ensino-aprendizagem. Sugerem que a realização da experiência seja mediada por perguntas como: Qual a orientação das linhas de campo magnético no interior do copo?; Qual o sentido das correntes elétricas induzidas?, dentre outras.

[Moraes e Junior \(2014\)](#) fala sobre a importância do uso de experimentos didáticos como prática educacional no ensino de Ciências, em particular no Ensino de Física. Discute sobre o quanto experimentos didáticos no Ensino de Física auxilia à Aprendizagem Significativa. Para tanto, faz um breve discurso sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, em seguida apresenta uma reflexão sobre a prática experimental como proposta pedagógica no Ensino Médio e de que forma essa prática pode servir para promover a aprendizagem significativa. Busca também verificar o quantitativo de artigos que tratam do tema deste trabalho nos principais periódicos, tendo como resultado que a produção científica no que diz respeito à utilização de experimentos didáticos no ensino de Física vêm aumentando nos últimos anos, mostrando a relevância de que exista uma continuidade de pesquisa nesse campo.

[Chagas e Sovierzoski \(2014\)](#) faz um diálogo sobre aprendizagem significativa, conhecimento prévio e ensino de ciências, objetivando discutir o papel da escola em um mundo contemporâneo tecnológico. Foram apresentados os resultados de uma pesquisa com quinze alunos de uma turma de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Maceió-Alagoas, referente à investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema meio ambiente e poluição nas praias. Diante das respostas obtidas, os autores notaram que os estudantes tinham conhecimentos prévios necessários para o desenvolvimento de uma aula utilizando a metodologia da aprendizagem significativa sobre o tema proposto. Ao fim desse trabalho os autores compreenderam que a escola necessitava de mudanças, desde a forma de receber o aluno, demonstrando sensibilidade para interpretar quais os anseios desses; até mesmo em propor inovações pedagógicas a seus educadores, transformando a sala de aula em um ambiente de conhecimentos, deixando de ser apenas um ambiente de transmissão de informações.

Uma boa alternativa para iniciar uma aula relacionada a alguma ciência é contar um pouco de história. É neste contexto que [Dias e Martins \(2004\)](#) estudando o trabalho experimental sobre eletromagnetismo realizado por Michael Faraday no início do século XIX, encontra vários elementos que poderiam ser utilizados no Ensino de Ciências. Assim, menciona que um conhecimento histórico sobre o trabalho experimental desenvolvido por Faraday

e que o levou à descoberta da indução eletromagnética pode transmitir aos estudantes uma concepção mais adequada do processo de desenvolvimento da Ciência. Para isso, os autores fazem um estudo detalhado e bem fundamentado do processo histórico ocorrido, concluindo, dentre outras, que os trabalhos de Faraday se mostram um bom exemplo de que a evolução científica se faz com muita pesquisa, independente dos resultados serem positivos ou negativos, com debates dentro da comunidade, com conflitos e investigações entre hipóteses e ideias, os quais são elementos importantes para uma discussão sobre ciência que deve ser levado à sala de aula juntamente com a proposta experimental.

Ainda no contexto anterior, [Quintal e Guerra \(2009\)](#) enfatiza que nas últimas décadas, houve iniciativas significativas de aproximação entre a história da ciência e o ensino das ciências. Pois, segundo os autores, "a história da ciência não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas. O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade...". Assim, os autores desenvolveram um trabalho chamado "Física na História", o qual objetivou avaliar os resultados de uma pesquisa sobre a relevância da história da ciência como agente influenciador no processo ensino-aprendizagem dos conteúdos do eletromagnetismo no ensino médio, tendo como sua principal conclusão que

"(...) a produção e aplicação do projeto destacou que a inserção da história da ciência em sala de aula não é algo simples. Uma prática pedagógica com essa abordagem exige do professor conhecimento de história geral, de física, de filosofia, de sociologia e também de história da ciência e da tecnologia" ([QUINTAL; GUERRA, 2009](#)).

Por fim, [Moreira e Penido \(2009\)](#) apresentam os resultados de uma investigação que abordou as dificuldades de estudantes de graduação em física na aprendizagem de conceitos da óptica física, envolvendo concepções alternativas e a utilização de mapas conceituais como instrumento didático para facilitar a aprendizagem significativa desses conceitos. A proposta de trabalho foi realizada envolvendo estudantes de graduação em física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no segundo semestre letivo de 2005 e no primeiro de 2006. A pesquisa objetivou analisar a utilização dos mapas conceituais como instrumentos potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa de conceitos envolvidos no estudo da óptica física. Concluindo, dentre outras considerações, que a problemática do processo ensino-aprendizagem em sala de aula pode ser caracterizada pelas dificuldades na assimilação significativa de novas informações, possivelmente relacionada à falta de conhecimento prévio adequado e também que os mapas conceituais são instrumentos potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa dos conceitos da óptica física que podem auxiliar o professor a identificar as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos envolvidos.

Assim, encerra-se aqui a revisão bibliográfica pesquisada, destacando os trabalhos apresentados acima, dentre vários outros, alguns trabalhos relacionados ao tema. Conclui-se

que há uma busca, por parte dos pesquisadores da área de educação, por informações e desenvolvimento de meios que levem e/ou norteiem e/ou auxiliem na melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e Os Três Momentos Pedagógicos

O aprendizado torna-se significativo à medida que é desenvolvido de maneira que apresente para o aluno uma relação entre o conteúdo estudado e o seu cotidiano. Para que isto aconteça, a experimentação tem um importante papel, pois com esta, o estudante observará na prática o fenômeno, o que colabora no desenvolvimento do senso crítico e capacidade de investigação, tornando-o um cidadão autônomo, capaz de desenvolver pesquisa e construir novos conhecimentos.

A mudança de postura do ensino tradicional e distanciado da realidade vivida pelos alunos, para um ensino em que o mesmo é ativo e co-autor do processo de ensino-aprendizagem, é um assunto bastante debatido atualmente e uma realidade já presente em várias escolas.

Este capítulo apresenta um breve discurso acerca dos principais conceitos e características relacionadas à UEPS e os 3MP, conceitos estes bastante utilizados para construção de aulas as quais proporcionem um ensino de física que favoreça à aprendizagem significativa.

3.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

Um conceito importante e muito mencionado em estudos relacionados à educação e o processo de ensino-aprendizagem é o da aprendizagem significativa. Na teoria de Ausubel, para que o aprendiz veja significado no que está aprendendo, um fator muito importante é o conhecimento prévio que ele possui. Assim ele diz:

"Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que a informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos" (AUSUBEL, 1968).

Dessa forma, [Moreira \(2011\)](#) define aprendizagem significativa como a aprendizagem

com significado, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento adquirido a novas situações.

Para [Moreira \(2011\)](#), esta aprendizagem resulta da interação cognitiva entre conhecimento prévios e os novos conhecimentos, ou seja, depende de conhecimentos anteriores que possibilitem o aprendiz a captar o significado dos novos conhecimentos. Olhando por essa perspectiva, um determinado material ou metodologia de ensino se constitui em um meio potencialmente significativo, pois, o significado está nas pessoas. Por isso, não há um material ou método significativo, e sim potencialmente significativo e, para isso, devem possuir significado lógico, ter uma organização estrutural e linguagem adequada de forma a serem aprendíveis quando se encontram com os conhecimentos prévios dos sujeitos para dar significado aos conhecimentos contidos em tal material.

Assim, Marco Antonio Moreira em [Moreira \(2011\)](#) cita princípios que devem ser levados em consideração para que haja aprendizagem significativa, os quais devem ser seguidos na construção de uma *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS*, são eles:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- organizadores prévios facilitam a interação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- as situações-problema dão sentido a novos conhecimentos e estas devem ser criadas para direcionar o aluno para a aprendizagem significativa e devem ser propostas em nível crescente de complexidade;
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de busca de evidências de aprendizagem significativa;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema cuidadosamente selecionadas, e mediador da captação de significados por parte do aluno;
- um episódio de ensino envolve uma relação entre aluno, docente e materiais didáticos. O computador poderá fazer parte dessa relação à medida que também for mediador da aprendizagem;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica. Esta deve ser estimulada pela busca de respostas (questionamento), ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias, abandonando a narrativa pelo ensino centrado no aluno.

Com objetivo de criar um ambiente potencialmente facilitador para a aprendizagem significativa, [Moreira \(2011\)](#) descreve oito passos que o professor deve considerar na elabora-

ção de suas sequências de ensino. Primeiramente, deve-se definir o tópico específico a ser abordado. Então é criada as situações-problema que conduzirão as discussões, levando o aluno a externalizar o seu conhecimento prévio o qual pode ser relevante para a aprendizagem significativa. Tais situações devem ser propostas em um nível bem introdutório, preparando o aluno para a introdução do conhecimento que se pretende ensinar, estas, podem funcionar como organizador prévio. Essas situações iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, vídeos, problemas do cotidiano entre outras.

Uma vez trabalhadas as situações iniciais, o novo conhecimento deve ser apresentado levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais, apresentando uma visão inicial do todo e logo depois, abordando aspectos mais específicos, a exemplo de uma breve exposição oral seguida de atividade em grupo e discussão. Em continuidade, o professor deverá retomar os aspectos mais gerais, a qual pode ser por meio de uma nova apresentação, um recurso computacional etc., porém, em nível maior de complexidade. Em sequência, o professor poderá propor uma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados. Essa atividade pode ser a resolução de problemas, um experimento de laboratório, a construção de um mapa conceitual etc., envolvendo a negociação de significados e necessariamente mediada pelo docente (MOREIRA, 2011).

Dando sequência ao processo de diferenciação progressiva, poderá ser feita uma nova exposição oral, uma leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um recurso audiovisual etc., retomando as características mais relevantes do conteúdo e logo depois propor novas situações-problema em um nível mais alto de complexidade, sendo estas resolvidas colaborativamente em grupo e mediadas pelo docente (MOREIRA, 2011).

Por fim, para a fase de avaliação, Moreira (2011) indica que esta deve ser feita ao longo da implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. Além disso, deve haver uma avaliação somativa individual, na qual deverão ser propostas questões ou situações que busquem identificar a compreensão e captação de significados, com capacidade de explicar e aplicar os novos conhecimentos.

De acordo com Silva, Araújo e Noronha (2012), em todos os passos os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados e o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas, devendo estimular o diálogo e a crítica. Ao longo da UEPS, se pode pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão.

Ainda segundo Silva, Araújo e Noronha (2012), a UEPS deve privilegiar as atividades colaborativas, porém, pode prever momentos em que se desenvolva atividades individuais.

Assim, Moreira (2011) afirma que a UEPS somente terá êxito se a avaliação do desem-

penho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. Dessa forma, a UEPS considera que o ensino é inseparável da aprendizagem, não podendo ocorrer ensino se não for verificada a aprendizagem significativa.

3.2 Os 3 Momentos Pedagógicos

[Delizoicov e Angotti \(1990\)](#) apresenta como temática central a produção, distribuição e consumo de energia elétrica, para através desta estruturar a organização da conceituação física. Ao desenvolver atividades para o entendimento de tal temática ao longo do livro, os autores sinalizam alguma interlocução com conhecimentos prévios dos alunos sobre aspectos por eles vivenciados. [Muenchen e Delizoicov \(2014\)](#) demonstra isso fazendo destaque do seguinte texto:

Propomos um programa oriundo de uma temática central: produção, distribuição e consumo de energia elétrica. O professor poderá seguir as indicações, roteiros e instruções para o desenvolvimento do seu curso sem, contudo, deixar de introduzir elementos que interessam ao seu grupo de alunos, determinados pelas condições locais e regionais onde estejam atuando. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990, p. 14) *apud* (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014)

Essa dinâmica, elaborada por [Delizoicov e Angotti \(1990\)](#) promove a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para o espaço da educação formal, tendo como principal característica promover o diálogo entre educador e educando, usando de problematizações para desenvolver o estudo e aplicação do conhecimento.

Assim, [Delizoicov e Angotti \(1990\)](#) propõem uma dinâmica didático pedagógica fundamentada nas concepções de educação de Paulo Freire, chamadas de Três Momentos Pedagógicos. Esses momentos são divididos em **problematização inicial**, **organização do conhecimento** e **aplicação do conhecimento**.

No primeiro momento, a problematização inicial, são apresentadas questões e/ou situações para discussão com os alunos. Este momento, além de apresentar uma motivação que facilita a introdução de um conteúdo, objetiva fazer uma ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, as quais não conseguem explicar por não ter o conhecimento científico necessário (([DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990](#)).

Segundo [Delizoicov e Angotti \(1990\)](#), a problematização inicial pode ocorrer pelo menos em dois sentidos, o aluno já poderá ter noções sobre as questões colocadas. Estas noções poderão ou não ter embasamento científico. Assim, a discussão poderá permitir que o aluno demonstre sua concepção acerca do conteúdo. De outra forma, a problematização favorecerá que o aluno sinta necessidade da aquisição de outros conhecimentos, ou seja, a situação configura um problema a ser resolvido.

O segundo momento, a organização do conhecimento, os conhecimentos necessários para a compreensão do tema central e da problematização inicial serão sistematicamente estudados sob orientação do professor. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório, serão agora aprofundados.

O núcleo de conteúdo específico de cada tópico será preparado e desenvolvido durante o número de aula necessárias em função dos objetivos definidos.

Do ponto de vista metodológico, no momento de organização do conhecimento cabem as atividades mais diversas, como:

- exposição, pelo professor, de definições, propriedades, unidades, etc;
- formulação de questões em grau crescente de dificuldade. É importante que, dentre os problemas escolhidos, alguns exijam habilidades diferentes da simples aplicação, envolvendo também conceituação, análise e síntese;
- texto previamente preparado para discussão mediada pelo professor;
- trabalho extraclasse, necessário e compatível com a disponibilidade do aluno;
- revisão e destaque dos aspectos fundamentais de cada tópico;
- experiências realizadas pelos alunos, ou demonstradas pelo professor acerca do conteúdo trabalhado.

O terceiro momento é a etapa destinada à aplicação do conhecimento, a qual aborda sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. Deste modo, pretende-se que, dinâmica e evolutivamente, o aluno perceba que o conhecimento é uma construção historicamente determinada.

Neste momento, busca-se a generalização dos conceitos científicos envolvidos, procurando também o seu emprego. Como segue nas palavras dos próprios autores, este momento tem o objetivo de

(...) abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. (...) A meta pretendida como este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERAMBUCO, 2011).

Dentre as características dos 3MP, destaca-se que os conteúdos devem ser apresentados não como fatos a memorizar, mas como problemas a serem resolvidos a partir de experiências da vida cotidiana dos alunos, possibilitando que estes tornem-se ativos no processo de ensino-aprendizagem (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Indução eletromagnética

4.1 Introdução

Segundo [Halliday, Walker e Resnick \(2016\)](#) em 1831 Faraday mostrou experimentalmente que uma força eletromotriz (fem) pode ser induzida em um circuito por um campo magnético variável, o que provocou uma verdadeira revolução no estudo do eletromagnetismo, pois uma grande quantidade de aplicações seriam desenvolvidas a partir deste fenômeno, a exemplo da construção do *dinamo*, que é um dispositivo que transforma energia mecânica em energia elétrica.

A seguir, serão abordados de forma resumida aspectos teóricos sobre o fenômeno da indução eletromagnética.

4.2 Lei da Indução de Faraday

De forma geral, de acordo com [Halliday, Walker e Resnick \(2016\)](#), "*A força eletromotriz (fem) induzida em um circuito é diretamente proporcional à taxa de variação do fluxo magnético através do circuito*". Tal afirmativa ficou conhecida como a **Lei da Indução de Faraday** e pode ser escrita como segue:

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.1)$$

onde Φ_B é o fluxo magnético e pode ser calculado por

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (4.2)$$

sendo que para mais de uma espira, tem-se

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.3)$$

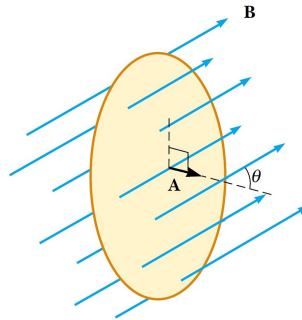
onde N é o número de espiras.

O sinal negativo na Equação 4.1 é explicado pela **Lei de Lenz**, a qual será discutida na Seção 4.4.

De acordo com [Halliday, Walker e Resnick \(2016\)](#), o fluxo de campo magnético pode ser entendido como a quantidade de linhas de campo magnético que atravessa a área da superfície fechada pelo circuito da espira na direção normal a esta como exemplificado na Figura 1. Assim, segundo [Alvares e Luz \(2005\)](#), para um campo magnético e uma área de superfície constante e uniforme o fluxo da Equação 4.2 pode ser escrito como

$$\Phi_B = B A \cos\theta. \quad (4.4)$$

Figura 1 – Fluxo magnético através da área envolvida pela espira.

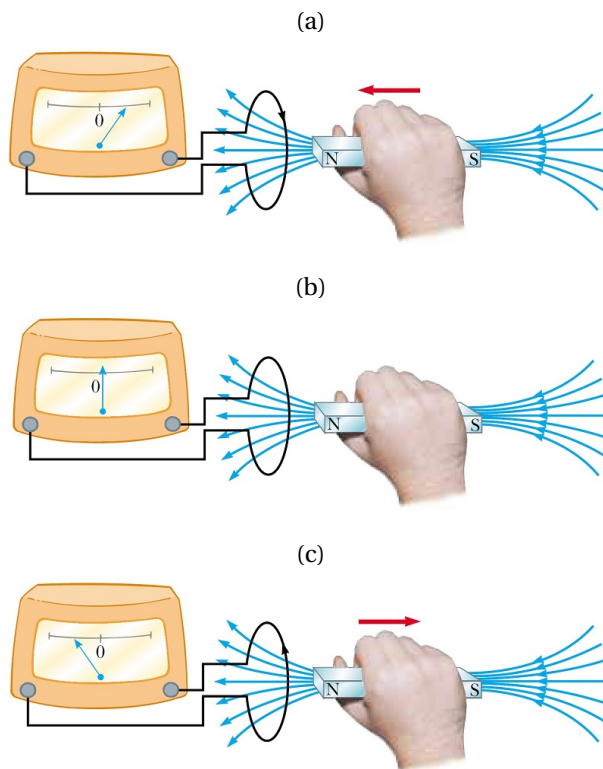


Fonte – ([HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016](#))

Para entender como uma fem pode ser induzida em um circuito, consideremos uma espira de condutor metálico conectada a um galvanômetro como ilustrado na Figura 2. Quando um ímã é movido em direção a se aproximar de uma espira ligada a um galvanômetro, a agulha deste se desvia em uma direção. Quando o ímã é movido em direção a se afastar da espira, a agulha do galvanômetro se desvia em uma direção oposta a anterior. Quando o ímã é mantido parado em relação à espira, nenhum desvio da agulha é observado. Finalmente, quando o ímã é mantido parado e a espira se move, aproximando ou afastando do ímã, a agulha do galvanômetro se desvia. Dessa forma, pode-se notar que existe uma relação entre a **corrente elétrica** e a **variação do campo magnético**. Tal corrente é chamada de corrente elétrica induzida e esta é produzida por uma fem induzida ([HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016](#)).

O experimento desenvolvido por Faraday é ilustrado na Figura 3. Neste, a bobina primária é enrolada em um anel de ferro, e conectada a uma chave e a uma bateria. A bobina secundária também é enrolada no mesmo anel de ferro e conectada a um galvanômetro.

Figura 2 – (a) Quando o ímã se move em direção a uma espira conectada a um galvanômetro, este indica que uma corrente é induzida na espira. (b) Quando o ímã fica parada próximo a uma espira, nenhuma corrente é induzida nesta (c) Quando o ímã se move afastando da espira, o galvanômetro indica uma corrente induzida na espira oposta à corrente do item (a). Conclusão: quando muda a direção do movimento do ímã, muda a direção da corrente induzida por tal movimento.



Fonte – (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016)

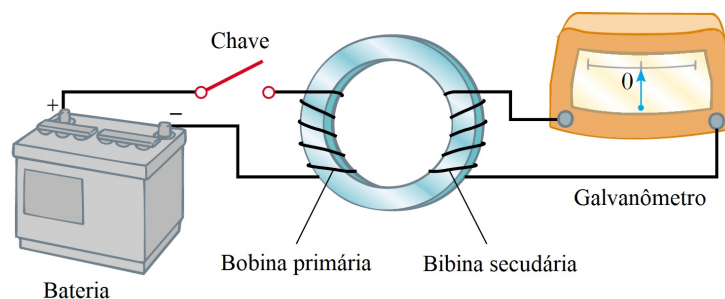
Quando a chave fecha o circuito da bobina primária, algo incrível acontece, a agulha do galvanômetro se desvia em uma direção e quando a chave torna a ser aberta, a agulha se desvia na direção oposta. Isso mostra que uma corrente elétrica passou pelo galvanômetro em um sentido quando a chave foi fechada e passou no sentido oposto quando a chave foi aberta. Por fim, o galvanômetro marca zero quanto uma corrente constante ou nenhuma corrente passa pelo circuito primário (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016).

Como resultado dessas observações, Faraday concluiu que uma corrente elétrica pode ser induzida em um circuito por um campo magnético variável, isto existe somente em um curto período de tempo enquanto o campo magnético através da bobina secundária está variando (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016).

Por fim, a fem pode ser expressa como

$$\epsilon = -\frac{d}{dt}(BA\cos\theta). \quad (4.5)$$

Figura 3 – Experimento de Faraday. Quando a chave fecha o circuito na bobina primária, a agulha do galvanômetro na bobina secundária se desvia momentaneamente. A fem induzida no circuito secundário é causada por um campo magnético variável através da bobina secundária.



Fonte – (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016)

Dessa expressão, pode-se notar que a fem pode ser induzida no circuito por alguns caminhos:

- variando a intensidade de \vec{B} com o tempo;
- variando com tempo a área envolvida pela espira;
- variando o ângulo θ entre \vec{B} e a normal a superfície envolvida pela espira com o tempo;
- ou alguma combinação dos itens supracitados.

De acordo com [Alvares e Luz \(2005\)](#), em um intervalo de tempo não tão pequeno, a Lei da Indução de Faraday (Equação 4.1) pode ser aproximada por

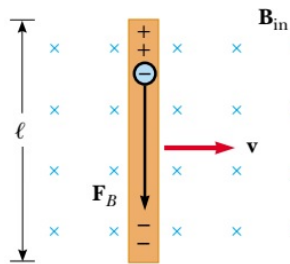
$$\epsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}. \quad (4.6)$$

4.3 Força eletromotriz induzida devido ao movimento do circuito

Anteriormente, foi considerado casos em que a fem foi induzida em um circuito estacionário na presença de um campo magnético variante no tempo. Nesta seção, será descrita a fem devida ao movimento do circuito na presença de um campo magnético constante.

O condutor reto de comprimento l mostrado na Figura 4 se move através de um campo magnético uniforme entrando na página. Para simplificar, de acordo com [Halliday, Walker e Resnick \(2016\)](#), assume-se que o condutor está se movendo perpendicularmente ao campo magnético com velocidade constante sob influência de algum agente externo. Os elétrons do condutor experimentam uma força $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$, que é dirigida ao longo do comprimento l , perpendicular a \vec{v} e \vec{B} . Sob influência dessa força, os elétrons se movem para

Figura 4 – Conductor em linha reta em movimento na presença de um campo magnético constante



Fonte – (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016)

a extremidade inferior do condutor e se acumulam lá, deixando uma carga positiva na região da extremidade superior. Como resultado dessa separação de carga, um campo elétrico é produzido dentro do condutor. As cargas vão acumulando nas extremidades do condutor até que a força magnética descendente (qvB) seja balanceada por uma força elétrica ascendente (qE). Neste ponto, os elétrons param de se mover. Assim, a condição de equilíbrio requerida é

$$qE = qvB \quad (4.7)$$

ou

$$E = vB \quad (4.8)$$

O campo elétrico produzido no condutor, uma vez que os elétrons param de se mover, se torna constante e está relacionado à diferença de potencial através das extremidades do condutor de acordo com a relação

$$\Delta V = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (4.9)$$

como \vec{E} é paralelo à distância entre as extremidades do condutor, tem-se

$$\Delta V = -El \quad (4.10)$$

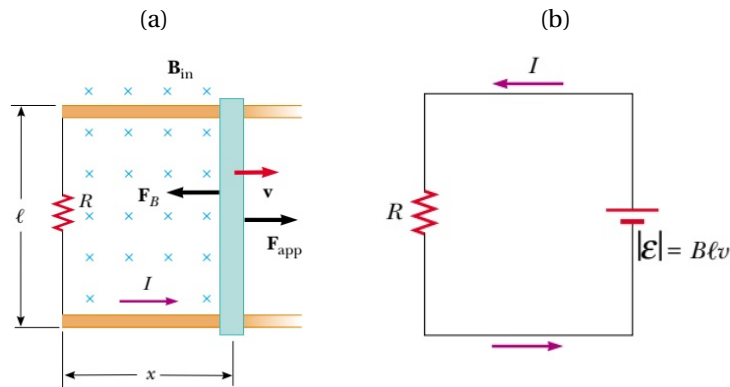
então

$$\Delta V = Blv \quad (4.11)$$

onde a extremidade superior está a um potencial maior que a inferior. Assim, uma diferença de potencial é mantida entre as extremidades. Se o sentido do movimento se inverte, a polaridade da diferença de potencial também é invertida.

Uma situação mais interessante ocorre quando o condutor em movimento é parte de um circuito fechado. Essa situação é particularmente usada para ilustrar como o fluxo de campo magnético causa uma corrente induzida em um circuito fechado. Considerando um circuito constituído de uma barra condutora de tamanho l deslizando ao longo de dois trilhos paralelos como na Figura 5a (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016).

Figura 5 – Barra condutora deslizando sobre trilhos



Fonte – (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016)

Por simplicidade, assume-se que a barra tem resistência elétrica igual a zero e que a parte estacionária do circuito tem resistência R . Um campo magnético uniforme e constante B é aplicado perpendicularmente ao plano do circuito. Como a barra é puxada para a direita com uma velocidade \vec{v} , sob influência de uma força aplicada \vec{F}_{app} , cargas livres na barra experimentam uma força magnética direcionada ao longo do comprimento da barra. Essa força estabelece uma corrente induzida, pois as cargas livres se movem ao longo do circuito fechado. Nesse caso, a taxa de fluxo de campo magnético através do circuito fechado e a correspondente fem através da barra são proporcionais à variação da área do circuito (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016).

A área fechada pelo circuito em um instante é lx , onde x é a largura do circuito em algum instante, assim, o fluxo magnético através da área é

$$\Phi_B = Blx \quad (4.12)$$

Usando a Lei de Faraday, e notando que x varia com o tempo em uma taxa $\frac{dx}{dt} = v$, se pode encontrar a fem induzida pela Equação 4.6 como segue

$$\epsilon = -Blv \quad (4.13)$$

como a resistência do circuito é R , a magnitude da corrente induzida é

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{Blv}{R} \quad (4.14)$$

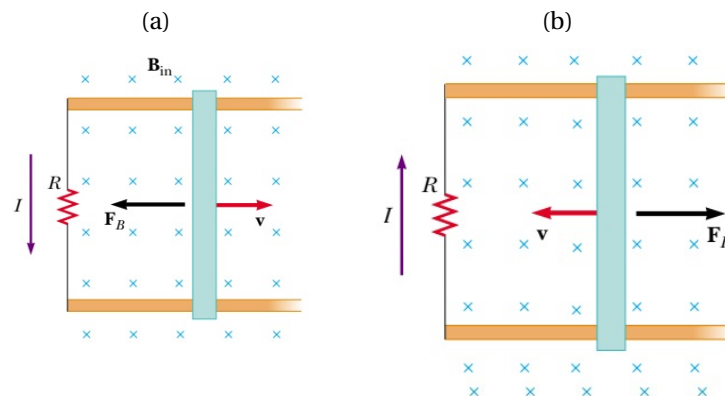
O diagrama do circuito equivalente é mostrado na Figura 5b.

4.4 Lei de Lenz

A Lei de Faraday (Equação 4.6) indica que a fem induzida e o fluxo de campo magnético tem sinais algébricos opostos. Isso tem uma interpretação física real que é conhecida como Lei de Lenz.

Segundo [Halliday, Walker e Resnick \(2016\)](#), a polaridade da fem induzida é tal que tende a produzir uma corrente que cria um fluxo magnético para se opor à mudança no fluxo magnético através da área fechada pelo circuito.

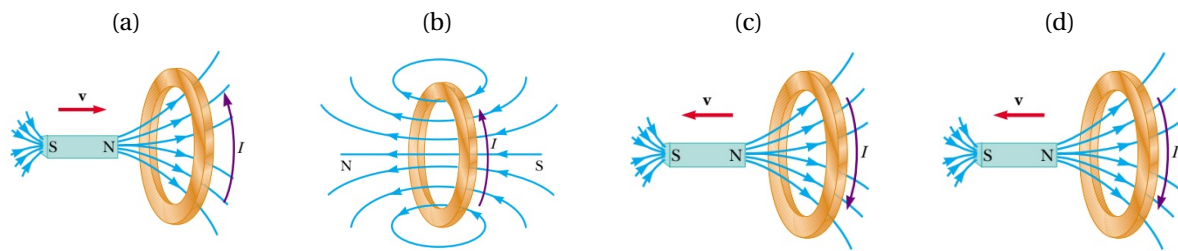
Figura 6 – Barra condutora deslizando para direita e para esquerda sobre trilhos



Fonte – ([HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016](#))

Retomando o exemplo da barra deslizando sob trilhos, suponha a barra se movendo para a direita (Figura 6a), neste caso o fluxo magnético através da área do circuito aumenta com o tempo, pois a área aumenta. A Lei de Lenz estabelece que a corrente elétrica induzida tem que ser direcionada de forma que o fluxo de campo magnético seja oposto à mudança do fluxo externo. O fluxo do campo magnético externo cresce para dentro da página, a corrente induzida tem que produzir um fluxo oposto a essa mudança, ou seja, tem que produzir um fluxo de campo magnético diretamente para fora da página. Assim, a corrente elétrica induzida tem que ser direcionada no sentido anti-horário (regra da mão direita). Se a barra se move para a esquerda (Figura 6b), o fluxo magnético externo através da área do circuito diminui com tempo, pois a área está diminuindo. Dessa forma, o fluxo magnético direcionado para dentro da página está diminuindo, logo a direção da corrente induzida tem que ser no sentido horário, para produzir um fluxo que também seja para dentro da página (regra da mão direita) ([HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016](#)).

Figura 7 – Demonstração da Lei de Lenz



Fonte – (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016)

A Figura 7 também exemplifica a Lei de Lenz, diferenciando pelo fato que neste caso é o fluxo de campo magnético que está variando, porém os efeitos são os mesmos. Na Figura 7a o ímã se aproxima da espira, aumentando o fluxo de campo magnético entrando na mesma. A Figura 7b mostra que a corrente induzida é de tal forma que produz um fluxo magnético saindo da espira para se opor ao aumento do fluxo externo, acordo com a Lei de Lenz. Na Figura 7c o ímã está afastando da espira, o que faz o fluxo magnético externo dentro da espira diminua. A Figura 7d mostra que a corrente induzida é direcionada para criar um fluxo de campo magnético direcionado para dentro da espira (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016).

4.5 Forças e torques em sistemas com campos magnéticos

Segundo Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), a Lei da Força de Lorentz

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (4.15)$$

fornece a força sobre uma partícula de carga q na presença do campo eletromagnético. No Sistema Internacional de Unidades, F é dada em Newtons, q em Coulombs, E em volts por metros, B em Tesla e v , que é a velocidade relativa da partícula com relação ao campo magnético é metros por segundo.

Então, em um sistema apenas de campo elétrico, a força é determinada apenas por submeter a carga ao campo elétrico

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (4.16)$$

A força age na direção do campo elétrico e é independente do movimento da partícula.

Em um sistema com campo magnético puro, a situação é um pouco mais complexa. Aqui a força

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (4.17)$$

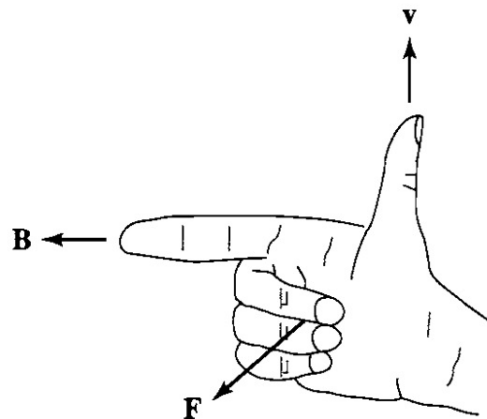
é determinada por uma magnitude de carga da partícula e a magnitude do campo magnético bem como a velocidade da partícula. De fato, a direção da força é sempre perpendicular à direção do movimento da partícula e à direção do campo magnético. Matematicamente isso é indicado pelo produto vetorial de $\vec{v} \times \vec{B}$ na Equação 4.17. A magnitude desse produto é igual ao produto das magnitudes de \vec{v} e \vec{B} e o seno do ângulo entre eles. Essa direção poderá ser encontrada seguindo a **regra da mão direita** Figura 8, que estabelece que quando se tem o polegar da mão direita na direção de \vec{v} e o dedo indicador na direção de \vec{B} , a força que é perpendicular à direção de ambos, é perpendicular à normal relativa a palma da mão, como na Figura 8 (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2014).

De acordo com Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), em situação que envolvem um grande número de partículas carregadas em movimento, é conveniente reescrever a Equação 4.15 em termos da densidade de carga ρ (medida em unidade de Coulomb por metro cúbico) com segue

$$\vec{F}_v = \rho(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (4.18)$$

onde o subscrito v indica que é uma força devido à densidade de cargas e tem unidade de medida Newtons por metro cúbico.

Figura 8 – Regra da mão direita

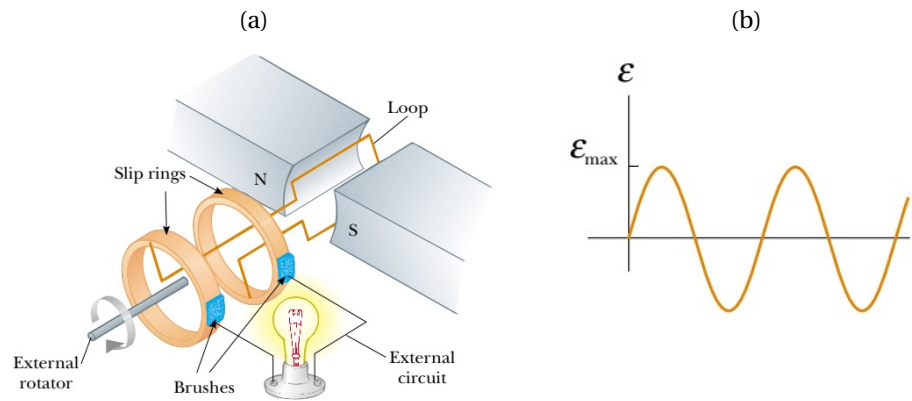


Fonte – (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2014)

4.6 Geradores e motores

Segundo Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), um **gerador** elétrico é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica. De uma forma simples, consiste de um enrolamento de fio girando em uma região que contém campo magnético (Figura 9).

Figura 9 – Diagrama esquemático de um gerador e a forma de onda da fem gerada



Fonte – (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016)

Em uma usina comercial, a energia requerida para girar o enrolamento pode ser adquirida de uma variedade de fontes. Por exemplo, em uma usina hidrelétrica, a água cai sobre as pás de uma turbina produzindo movimento giratório. Como o enrolamento gira em um campo magnético, o fluxo magnético através da área fechada pelo enrolamento varia com o tempo, isso induz uma fem e uma corrente elétrica no circuito, de acordo com a Lei de Faraday. O enrolamento é conectado a anéis deslizantes que também giram. Dessa forma, são conectados os terminais que levam a energia para o exterior através de buchas também em contato com os anéis deslizantes (Figura 9a). A forma de onda da fem gerada pode ser vista na Figura 9b. Este gráfico mostra que a corrente alterna seu sentido por causa do movimento giratório do enrolamento (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016).

Se o enrolamento tem N voltas com a mesma área A e gira em um campo magnético com uma velocidade angular ω e θ é o ângulo entre o campo magnético e o plano da área fechada pelo circuito (Figura 10), então o fluxo magnético através do circuito em um instante t é

$$\Phi_B = BA \cos \theta = BA \cos \omega t \quad (4.19)$$

onde $\theta = \omega t$ é a relação entre o deslocamento angular e a velocidade angular.

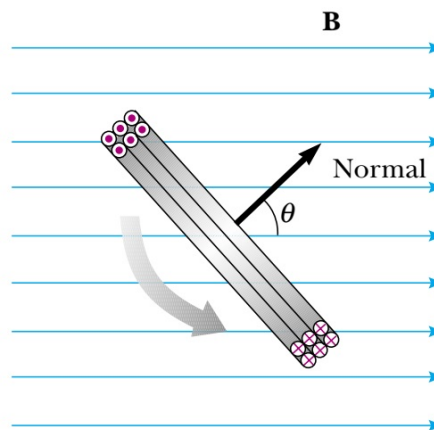
Seja a força eletromotriz induzida em uma bobina igual a

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -NAB \frac{d}{dt}(\cos \omega t) = NAB\omega \sin \omega t \quad (4.20)$$

Esse resultado mostra que a fem varia senoidalmente com o tempo, como mostrado na Figura 9b.

Segundo Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), um **motor** é um dispositivo que converte energia elétrica em energia mecânica. Essencialmente um motor é um gerador operando

Figura 10 – Bobina dentro de um campo magnético



Fonte – (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2016)

ao reverso. Em vez de gerar uma corrente elétrica pela rotação de uma bobina, a corrente é fornecida à bobina por uma fonte, gerando um torque provindo da força magnética, o qual gira a bobina.

O trabalho mecânico útil pode ser feito ligando a armadura rotativa a algum dispositivo externo. No entanto, como a bobina gira em um campo magnético, a mudança do fluxo magnético induz um fem na bobina (força contra-eletromotriz - fcem), esta fcem sempre age para reduzir a corrente na bobina. Se este não fosse o caso, a lei de Lenz seria violada. A fcem aumenta em magnitude à medida que a velocidade de rotação aumenta. A fcem tende a reduzir a corrente fornecida, pois a tensão disponível para fornecer a corrente é igual à diferença entre a tensão de alimentação e a fcem. Assim, a corrente na bobina rotativa é limitada pela fcem (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2014).

De acordo com Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), quando um motor é ligado, inicialmente não há fcem. Assim, a corrente é muito grande porque é limitada apenas pela resistência das bobinas. Quando as bobinas começam a girar, a fcem se opõe à tensão aplicada, e a corrente nas bobinas é reduzida. Se a carga mecânica aumenta, o motor desacelera, isto faz com que a fcem diminua. Esta redução na fcem aumenta a corrente nas bobinas e, portanto, também aumenta a potência necessária a partir da fonte de tensão. Por este motivo, os requisitos de potência para ligar um motor e para a execução, são maiores para cargas pesadas do que para cargas leves. Se o motor funcionar sem nenhuma carga mecânica, a fcem reduz a corrente para um valor mínimo para superar as perdas de energia devido a energia interna e ao atrito. Se o motor está trabalhando com uma carga muito pesada, de forma a não poder rodar, a falta de fcem pode levar a uma corrente perigosamente alta na bobina. Se o problema não é corrigido a tempo, pode resultar em incêndio.

Procedimento Metodológico

5.1 O contexto

O presente trabalho se desenvolverá no contexto da componente curricular Fundamentos de Eletricidade, na turma do Módulo I do curso Técnico Subsequente em Informática, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA *Campus* Brumado. A ementa dessa componente curricular contempla os conceitos de eletricidade e eletromagnetismo, o qual trataremos aqui, mais especificamente, o ensino do fenômeno da indução eletromagnética. Por ser um curso técnico subsequente, um dos desafios é buscar recuperar os conhecimentos do ensino médio no desenvolvimento do conteúdo exigido na disciplina, além de relacionar à situações práticas de aplicação destes.

5.2 O Produto Educacional

O Produto Educacional gerado neste trabalho consiste de um conjunto de experimentos e de uma sequência didática que utiliza tais experimentos juntamente com uma simulação computacional para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem do fenômeno da indução eletromagnética. Assim, espera-se que ao final tenhamos uma UEPS, e que esta seja capaz de proporcionar um aprendizado significativo aos discentes.

5.3 A Sequência Didática

A sequência didática proposta foi desenvolvida seguindo os princípios abordados em [Moreira \(2011\)](#) conforme Capítulo 3 deste trabalho. Ela foi estruturada colocando a atividade experimental como elemento mediador da aprendizagem significativa, utilizando também para isso a simulação computacional.

Na elaboração da referida sequência, foi utilizado como referência principal Marco Antônio Moreira, pois este traz a abordagem da Aprendizagem Significativa por meio do que chama de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, a qual valoriza as concepções trazidas pelos alunos, e a construção de um ambiente de aprendizagem diferente do tradicional.

A proposta supracitada busca envolver os estudantes no processo de ensino aprendizagem, modificando o processo tradicional a fim de despertar nos mesmos a pré-disposição para aprender, procurando relacionar o seu conhecimento prévio com os novos conceitos apresentados.

A avaliação do processo de ensino-aprendizagem realizado através do produto educacional gerado aqui é de natureza qualitativa. Procura-se, então, analisar o entendimento de forma contínua através da observação direta, do diálogo e da produção individual e em grupo dos discentes.

Assim, o procedimento da pesquisa é experimental, pois, segundo [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#), a pesquisa experimental pode ser desenvolvida em laboratório (onde o meio ambiente criado é artificial) ou no campo, onde são criadas as condições de manipulação dos sujeitos no próprio grupos. Para [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#) *apud* Fonseca (2002), as duas modalidades de pesquisa mais comuns são:

- pesquisas experimentais, com apenas dois grupos homogêneos, denominados **experimental** e de **controle**, a qual aplicado um estímulo ao grupo experimental, no final comparam-se os dois grupos para avaliar as alterações;
- pesquisas experimentais antes-depois com um único grupo definido previamente em função de suas características.

A abordagem da pesquisa é qualitativa, pois, de acordo com [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#) os dados não são passíveis de serem matematizados. Ainda segundo [Gerhardt e Silveira \(2009\)](#) essa abordagem é largamente utilizada no universo das ciências sociais, e, por conseguinte da educação, quando a opção é trabalhar centrando-se principalmente na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais.

A sequência didática proposta tem duração de seis aulas, sendo duas aulas por semana conforme Tabela 1.

Inicialmente a turma é dividida em grupos e logo depois são introduzidas questões de sondagem para levantar os conhecimentos prévios dos estudantes. Em seguida, os grupos realizam o procedimento experimental com a ajuda de um roteiro, tal roteiro possui questões que são respondidas ao longo do processo. Estas questões seriam objeto de análise e discussão no momento da apresentação da simulação computacional.

Tabela 1 – Estrutura da sequência de ensino

MOMENTO	TEMPO	ATIVIDADES
1	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"> •Apresentação do tema e problematização inicial; •Conteúdo a ser trabalhado: <ul style="list-style-type: none"> –Ímãs e suas características; –Campo magnético; –Linhas de campo magnético; –Campo magnético terrestre; –Características do campo magnético gerado por corrente elétrica; •Corrente elétrica induzida. •Levantamento dos conhecimentos prévios dos discentes através de diálogo e questionário de sondagem; •Divisão da turma em grupos e realização da atividade experimental com o auxílio de um roteiro; •Preenchimento de questionário relacionado ao fenômeno observado na atividade experimental.
2	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"> •Discussão relacionada à atividade experimental fazendo análise das respostas do questionário respondido pelos alunos; •Apresentação de uma simulação, correção e organização das ideias acerca do fenômeno abordado pelo experimento.
3	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"> •Apresentação de um vídeo sobre o processo de geração de energia elétrica; -Discussões diversas acerca do assunto e formalização matemática.

5.4 Desenvolvimento da Sequência Didática

A sequência didática desenvolvida é dividida em três momentos. Cada momento possuindo duração de duas horas-aula conforme a Tabela 1. Esses três momentos são divididos em algumas etapas: a problematização inicial, aplicação do experimento, discussão do fenômeno, organização do conhecimento e elucidação do fenômeno.

5.4.1 Problematização inicial

Para iniciar o estudo do tema "Indução Eletromagnética", o mesmo será apresentado para os discentes e logo após, é apresentado uma questão problema, a qual deverá ser respondida ao final do desenvolvimento da sequência didática: "Com é gerada a energia

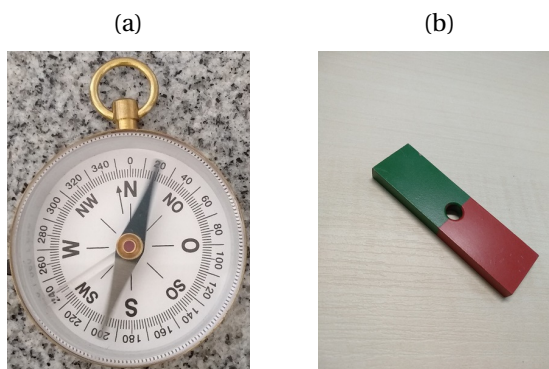
elétrica em uma usina hidrelétrica?". Assim, é realizado alguns questionamentos para sondar os conhecimentos prévios necessários ao desenvolvimento e evolução do aprendizado. Esse procedimento de sondagem se dá por meio de questões, as quais devem ser discutidas entre os estudantes e o professor. Tais questões são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Questionário 1

- Para que serve uma bússola?
- Como uma bússola funciona?
- O que poderia interferir no funcionamento de uma bússola?

Utilizando uma bússola e um ímã (Figura 11a e Figura 11b respectivamente), serão feitos ensaios para observar o funcionamento da mesma e apresentar para os discentes o problema inicial, o qual está relacionado a explicar o funcionamento da bússola.

Figura 11 – Objetos utilizados na problematização inicial.



Fonte – Autoria própria (2018)

Com a utilização de um aplicativo de bússola para *smartphone* (Figura 12), é discutido a utilização da bússola mostrando que o ponteiro do instrumento sempre aponta para o Norte geográfico da Terra como ocorre com a bússola física. Feito isso, com a utilização do aplicativo *Google Maps* (Figura 12b), é demonstrado como o mesmo utiliza a bússola para posicionar o mapa e como a partir disso se pode traçar a rota para um determinado local.

Em sequência, aproxima-se um pedaço de ímã há uma certa distância do *smartphone*, demonstrando que isso faz com que o ponteiro da bússola se oriente com relação ao ímã, como nos ensaios realizados anteriormente. Logo depois, deverão ser feitas as perguntas do Quadro 2.

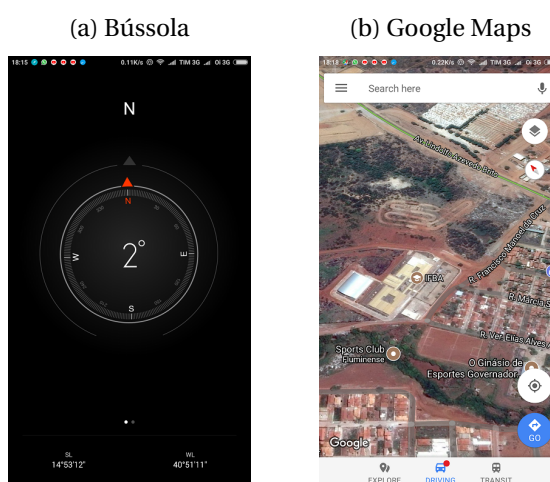
Assim, baseando-se no que foi apresentado anteriormente, será realizada uma discussão sobre a presença de uma entidade chamada campo magnético, e que o planeta Terra se

Quadro 2 – Questionário 2

- Por que o ponteiro se moveu na direção do ímã?
- Relacione o fenômeno observado e o fato do ponteiro da bússola apontar naturalmente para o norte geográfico da Terra.

comporta como um ímã, gerando este campo.

Figura 12 – Localizando no Google Maps.



Fonte – Autoria própria (2018)

5.4.2 Aplicação do experimento

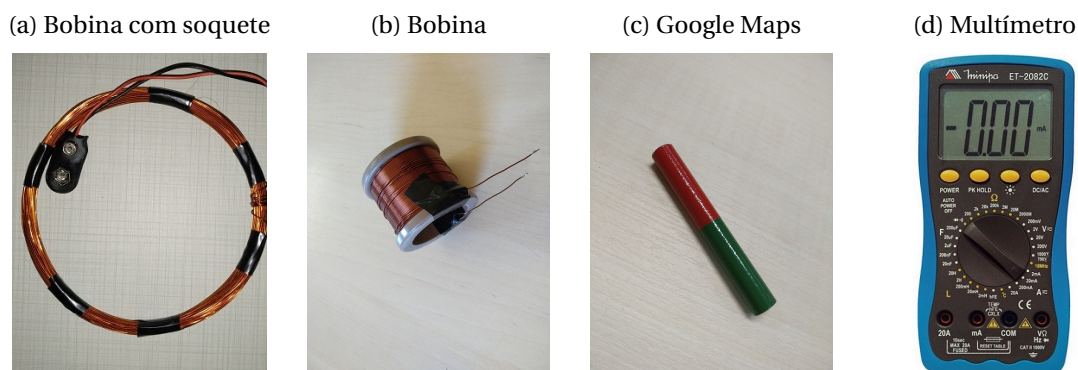
Para esta etapa, será utilizada uma bobina de fio de cobre ligada a uma bateria (Figura 13a) e uma bússola (Figura 11a). Coloca-se a bobina próxima à bússola e conecta-se a bateria. Assim, pode-se observar que o ponteiro da bússola muda de posição, tal como ocorreu com a barra de ímã. Após isso, os estudantes respondem as questões do Quadro 3, para logo após ser realizado mais um momento de discussão entre os estudantes e o professor com respeito ao fato de que a corrente elétrica produz um campo magnético.

Quadro 3 – Questionário 3

- Qual a semelhança entre o fenômeno observado utilizando o ímã e utilizando a bobina?
- Tente explicar o que ocorre.

Na sequência, é colocada a mesma bobina próxima a uma outra que possui um LED ligado aos seus terminais. Os alunos observarão que nada ocorrerá. Assim, logo depois desta constatação, é utilizada a bobina de fio de cobre da Figura 13b ligada a um multímetro (Figura 13d) configurado na escala de 200 *mV*. Os estudantes serão orientados a movimentar a barra de imã (Figura 13c) para dentro e para fora da bobina, fazendo assim o campo magnético variar, alterando a marcação na tela do multímetro.

Figura 13 – Materiais para ensaio de indução.



Fonte – Autoria própria (2018)

Desta forma, os discentes poderão notar que para fazer uma corrente elétrica aparecer em uma bobina, é preciso que esta esteja submetida a um campo magnético variável. Assim, para estimular o pensamento do aluno, é utilizado o questionário do Quadro 4.

Figura 14 – Experimento didático



Fonte – Autoria própria (2018)

Por fim, é apresentado aos estudantes um outro aparato experimental (Figura 14) constituído por uma bobina com um pequeno circuito que faz com que a corrente elétrica oscile. Assim, é possível que os estudantes observem que esta bobina quando aproximada da outra com o LED, este acende. Assim, serão feitos os questionamentos do Quadro 5.

Quadro 4 – Questionário 4

- O que acontece quando o imã é colocado próximo à bobina com LED?
- O que ocorre quando o imã está em movimento próximo à bobina?
- Tente explicar as causas do fenômeno.

Quadro 5 – Questionário 5

- O que ocorre com o LED?
- Por que isso acontece?
- O que tem em comum entre este experimento e o do imã se movendo?

5.4.3 Organização do conhecimento

Nesta etapa são sistematizados todos os conhecimentos necessários para a compreensão do problema apresentado inicialmente e também do tema. Assim, serão utilizadas simulações computacionais com o objetivo de mostrar aos estudantes o que eles não poderão ver no estudo realizado com os aparatos experimentais, principalmente as linhas de campo magnético e a corrente elétrica induzida, dentre outros fenômenos.

Dessa forma, o simulador aproximará a teoria e a prática, ligando o conteúdo muitas vezes abstrato com situações vivenciadas no seu dia a dia, mostrando o conteúdo de maneira mais ilustrativa.

Assim, o simulador é utilizado para executar exercícios que permita ao estudante explorar a parte do conteúdo o qual foi realizado com os experimentos reais.

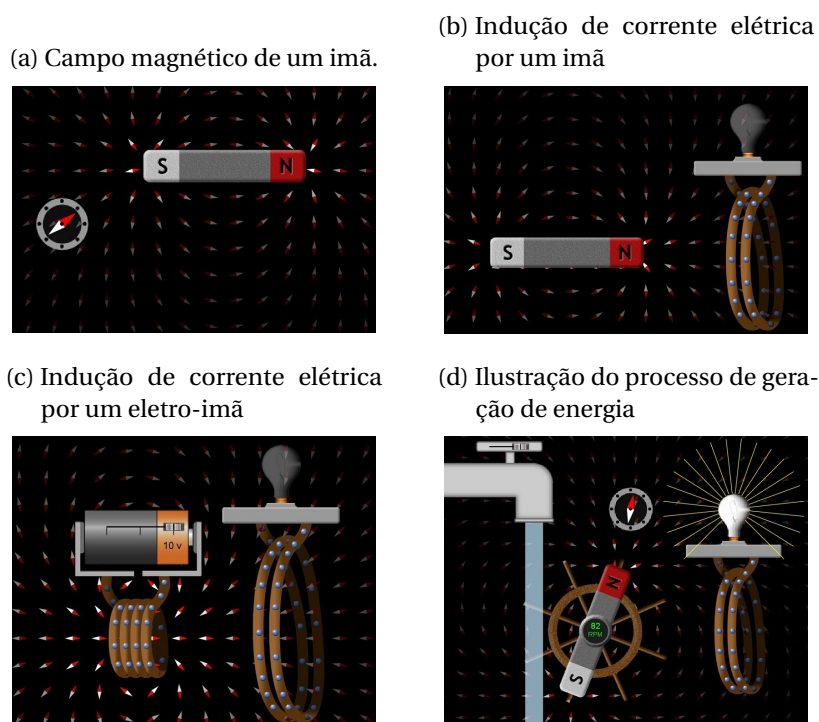
As simulações encontradas no *site* do grupo PhET¹ serão aplicadas no laboratório de informática seguindo as orientações do professor e um roteiro (Apêndice C). Iniciando pela simulação que pode ser vista na Figura 15a, os estudantes poderão observar as linhas de campo magnético de um imã e também a influência do mesmo no comportamento do ponteiro da bússola.

Na simulação apresentada na Figura 15b, objetiva-se que seja observado que um campo magnético variável induz uma corrente em bobina de fio condutor, movimentando-se o imã ou a bobina, ou seja, fazendo o campo magnético variar.

Já na simulação exemplificada na Figura 15c, os alunos poderão observar que uma

¹ <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/generator>>

Figura 15 – Indução eletromagnética.



Fonte – Autoria própria (2018)

corrente elétrica percorrendo uma bobina também gera campo magnético, e que se este variar nas proximidades de outra bobina, irá induzir uma corrente elétrica.

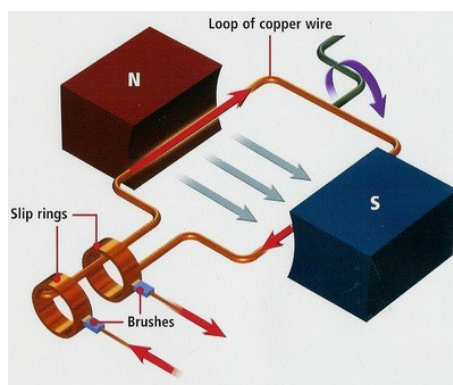
Por fim, na simulação apresentada na Figura 15d será possível observar e relacionar o conhecimento adquirido neste estudo com o processo de geração de energia elétrica. Assim, pode-se também apresentar aos discentes o conceito de corrente alternada, diferenciando-a da corrente contínua.

Para melhor abordar o assunto de geração de energia, será utilizada a Figura 16 a qual demonstra a possibilidade de transformar a energia mecânica da queda de água em energia elétrica. Segundo Halliday, Walker e Resnick (2016) este conceito foi introduzido em 1831, tanto por Michael Faraday no Reino Unido, como Joseph Henry, nos Estados Unidos.

Na Figura 16 é demonstrado o esquema de um gerador de corrente alternada. Em tal esquema, pode observar o que é chamado de armadura (bobina), onde duas extremidades ligam-se a anéis condutores, a que se apoiam escovas de carbono. A armadura gira e surge uma corrente fluindo através da mesma. A escova (*brushes*) de um dos anéis conduz a corrente para fora da armadura, permitindo que esta seja utilizada, o outro anel devolve a corrente à armadura. Quando a armadura fica posicionada paralelamente ao campo magnético, não há geração de corrente. Logo depois, a armadura começa a ficar posicionada de forma não paralela ao campo magnético, e a corrente inverte seu sentido, a escova de um dos anéis a

¹ <<https://lugarnenhum.net/wp-content/uploads/2018/07/simples-gerador-de-corrente-alternada.jpg>>

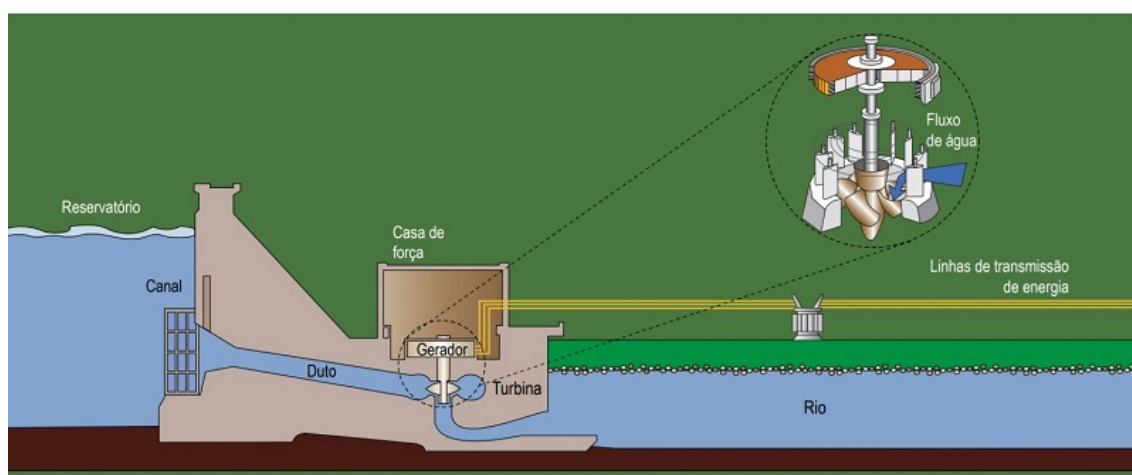
Figura 16 – Esquema de um gerador de corrente alternada.



Fonte – [1]

conduz para fora da armadura e a do outro anel a devolve à armadura.

Figura 17 – Esquema de uma usina hidrelétrica.



Fonte – [2]

Por fim, é feita uma discussão sobre as Figuras 17 e 18, as quais representam o esquema de uma usina hidrelétrica e a usina Itaipú respectivamente. Para isto, é utilizando o texto do Apêndice A e um vídeo sobre a usina hidrelétrica Itaipú³. Neste momento, o professor poderá comentar que o processo que ocorre em uma usina de energia elétrica é o mesmo ilustrado pelas Figuras 15d e 16.

5.4.4 Avaliação do aprendizado

A avaliação acontecerá de forma qualitativa, observando o seguinte:

- participação dos alunos durante as atividades escritas, dialogadas e experimentais;

² <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>

³ <<https://youtu.be/48IlepuOvLw>>

⁴ <<http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2016/12/usina-de-itaipu-bate-recorde-mundial-de-geracao-de-energia>>

Figura 18 – Usina hidrelétrica Itaipú.



Fonte – [4]

- trabalho cooperativo em grupos;
- participação dos alunos durante a análise e discussão dos resultados;
- análise dos relatórios das atividades experimentais.

Com este último item avaliativo, buscar-se-a saber se os discentes absorveram os conceitos de forma clara e organizada, observando como o estudante vai estruturar, organizar, hierarquizar, integrar e relacionar conceitos acerca do tema estudado, procurando obter evidências da aprendizagem significativa.

Resultados

6.1 Primeiro contato com o campo magnético através de uma bússola e um ímã

Inicialmente foi apresentado aos discentes uma bússola e um ímã (Figura 20), seguindo o roteiro do Apêndice B, os estudantes moveram a bússola próximo ao ímã e observaram que o ponteiro da mesma ficou sempre posicionado na direção do pólo sul do ímã.

Quando se inverteu o lado do ímã, ou seja, quando se inverteu a polaridade, a agulha da bússola também inverteu o lado que ficava direcionado para o ímã.

Assim, todos responderam que a bússola deveria ser um tipo ímã, pois observaram que sempre um dos seus lados era atraído por um dos lados do ímã. Uma das respostas pode ser vista na Figura 19.

Figura 19 – O que a bússola e o ímã tem em comum?

(a)

A bússola também é um ímã por isso se atraem.

(b)

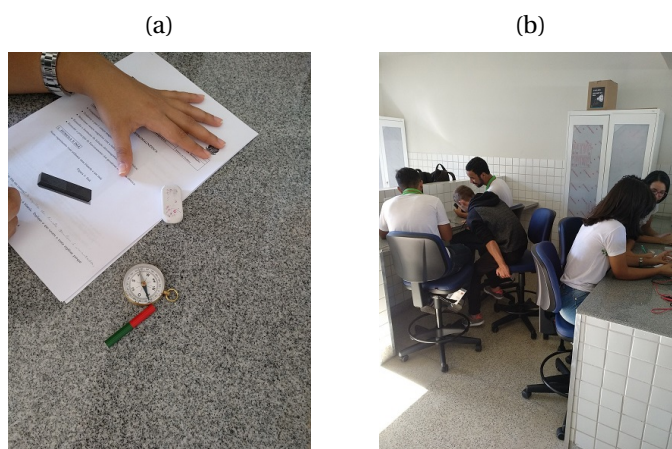
o Tanto o ímã quanto a bússola têm pólos magnéticos e interagem com um campo magnético.

Fonte – Autoria própria (2018)

Com a ajuda do professor, mediando as discussões, eles concluíram que havia um agente invisível o qual foi apresentado como o campo magnético que atuava na agulha da

bússola exercendo força na mesma, força esta chamada de magnética.

Figura 20 – O que a bússola e o imã tem em comum?



Fonte – Autoria própria (2018)

6.2 A geração da energia elétrica pelo movimento do imã através de uma bobina de fio de cobre

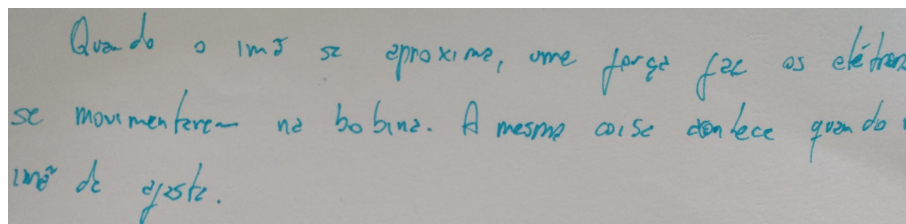
Este experimento foi realizado utilizando uma bobina de fio de cobre esmaltado (Figura 22a), um multímetro (Figura 22b) e um imã (Figura 22c).

O objetivo desta etapa foi fazer com que os estudantes observassem a indução eletromagnética (geração da energia elétrica) pelo movimento de um imã através de uma bobina de fio de cobre.

Para isso, foi conectado as ponteiros do multímetro aos terminais da bobina com a ajuda de garras do tipo jacaré. Assim, configurando o multímetro na escala de 200 mV e movendo o imã através desta bobina, foi possível observar na tela do multímetro a indicação da presença de uma tensão elétrica. Em sequência, os alunos respondera as questões do roteiro. Dessa forma, como se pode observar na resposta apresentada na Figura 21, o estudante entende que uma força causa o movimento dos elétrons através do fio da bobina quando um imã se movimenta através da mesma.

Posteriormente, foi realizada uma discussão mediada pelo professor acerca das questões contidas no roteiro. De uma forma geral, os discente concluíram que de alguma forma o imã estava fazendo os elétrons do fio se movimentarem à medida que este também se movimentava, e que esta corrente mudava de sentido, pois o sinal na tela do multímetro se alternava, e concluíram que o processo gerou uma corrente elétrica alternada.

Figura 21 – Explicação sobre a corrente gerada pelo movimento de um ímã através de uma bobina



Quando o ímã se aproxima, uma força faz os elétrons se moverem na bobina. A mesma coisa acontece quando o ímã se afasta.

Fonte – Autoria própria (2018)

Figura 22 – Materiais utilizados para a realização da atividade experimental.

(a) Bobina de fio de cobre esmaltado



(b) Multímetro



(c) Ímã



Fonte – Autoria própria (2018)

6.3 A movimentação do ponteiro de uma bússola através de uma bobina de fio de cobre percorrida por uma corrente elétrica

Este experimento foi realizado com a utilização de uma bússola e uma fonte de alimentação (bateria) conectada a uma bobina de fio de cobre esmaltado.

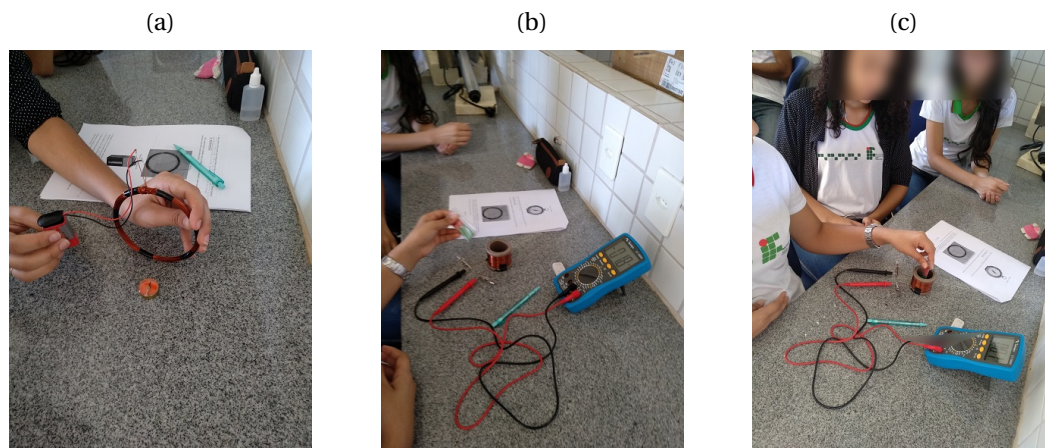
O objetivo desta etapa foi mostrar que uma bobina de fio percorrida por uma corrente elétrica, se tornaria um tipo especial de ímã, o eletroímã.

Assim, os discentes colocaram a bobina alimentada por uma bateria próxima à bússola, e puderam observar que a agulha da bússola se orientou em um sentido bem definido. Também quando a bobina foi girada de 180 graus, o mesmo ocorria com a agulha da bússola.

Dessa forma, durante o momento de discussão, todos concluíram que a bobina percorrida por uma corrente elétrica contínua, apresenta semelhança com o ímã. Assim, o professor concluiu a ideia dizendo que a corrente elétrica percorrendo o fio produz um

campo magnético como o do imã, ou seja, este se torna um eletroímã.

Figura 23 – Discentes realizando atividade experimental com eletroímã e indução eletromagnética através de um imã em movimento.



Fonte – Autoria própria (2018)

6.4 A indução de corrente elétrica através de uma corrente pulsante

Neste experimento, foi utilizada uma bateria ligada a um circuito o qual faz a corrente pulsar. Este circuito está ligado a uma espira, a qual produz um campo magnético variável no tempo. É importante salientar que anteriormente ao desenvolvimento desta etapa, foi explicado aos alunos que o circuito tinha o objetivo de fazer a corrente pulsar.

Esta espira foi então aproximada de uma outra a qual possui um LED ligado aos seus terminais. Assim, todos os discentes puderam perceber que o LED acendeu. Para explicar isso, em geral, os alunos recorreram à resposta para caso do imã se movimentando através da bobina. Naquele caso, foi produzida uma corrente elétrica na mesma, e que isso provavelmente aconteceu por causa da variação da intensidade do campo magnético devido a movimentação do imã e que neste caso, provavelmente o fenômeno foi provocado pela corrente pulsante, como pode ser notado na resposta da Figura 24.

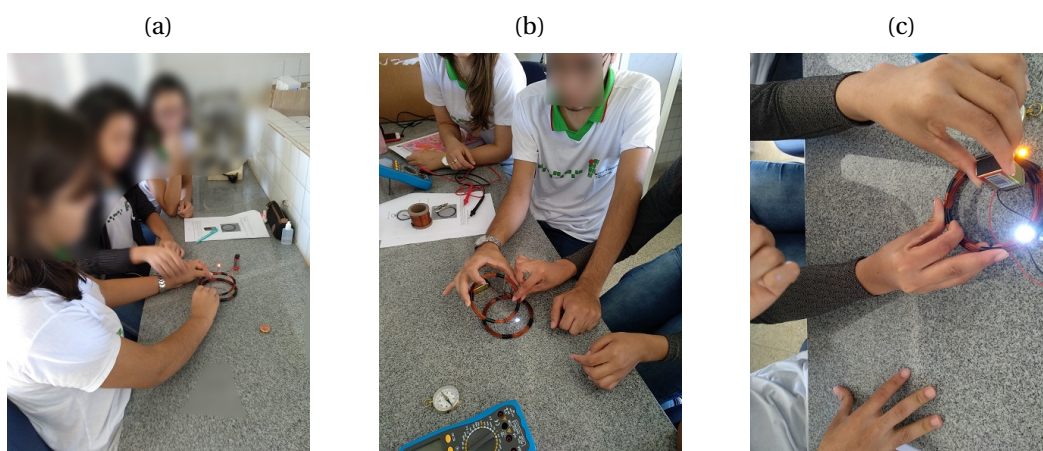
Assim, na discussão entre os estudantes e o professor, construiu-se a ideia de que a corrente variável produzida pelo circuito na espira, produziu um campo magnético variável o qual induziu a corrente elétrica que acendeu o LED na outra espira.

Figura 24 – Resposta

Uma corrente elétrica variável circulando em uma bobina produz um campo magnético que também varia e induz corrente elétrica na outra bobina.

Fonte – Autoria própria (2018)

Figura 25 – Discente realizando experimento de indução eletromagnética.



Fonte – Autoria própria (2018)

6.5 Atividades realizadas em laboratório de informática (simulações)

Aqui serão discutidos os resultados obtidos na realização das atividades no laboratório de informática (Figura 26) utilizando as simulações encontradas no *site* do grupo PhET ¹ as quais exploram alguns conteúdos relacionados ao eletromagnetismo.

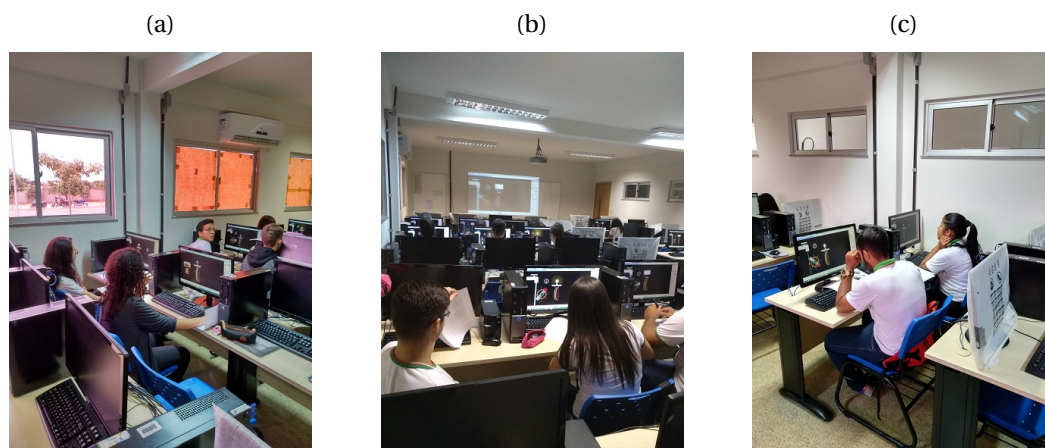
6.5.1 A influência de um ímã sobre uma bússola

A simulação da Figura 27 aborda o conteúdo partindo de um conhecimento bem comum, o funcionamento de uma bússola. Assim, os discentes utilizaram uma bússola e um ímã, e diferentemente da experimentação real, tiveram um parâmetro a mais a ser manipulado e também puderam observar as linhas de campo magnético.

Assim, no momento de discussão com a turma, esta mostrou-se ter adquirido conhecimentos sólidos a respeito do assunto.

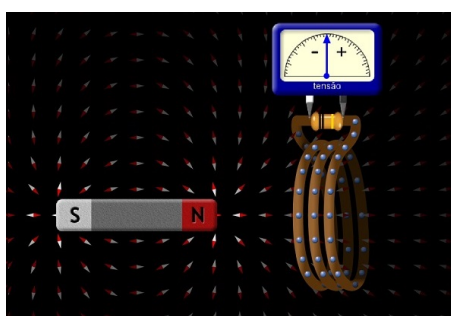
¹ <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/generator>>

Figura 26 – Discentes realizando atividade em laboratório virtual.



Fonte – Autoria própria (2018)

Figura 27 – A influência do aumento da intensidade do campo magnético em uma bússola.



Fonte – Autoria própria (2018)

Dessa forma, responderam de forma satisfatória sobre a influência da intensidade do campo magnético do ímã sobre a agulha da bússola. Em geral, disseram que o aumento da intensidade do campo magnético aumenta a influência do ímã sobre a agulha da bússola, ou seja, aumenta a força magnética, como exemplificado na resposta da Figura 28.

Figura 28 – Influência de um ímã sobre uma bússola.

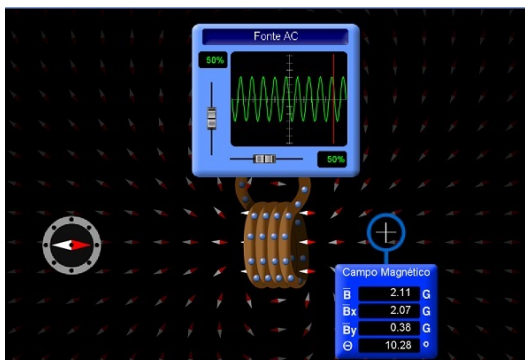
Quando aumenta a força do ímã a agulha move com ímã mais longe.

Fonte – Autoria própria (2018)

6.5.2 As características do campo magnético gerado por uma corrente elétrica

Na simulação da Figura 29, os estudantes puderam realizar ensaios com uma bobina de fio ligada a uma fonte de corrente contínua e também de corrente alternada. Assim, puderam analisar a relação da corrente e do número de espiras com o campo magnético produzido e sua polaridade.

Figura 29 – Característica do campo magnético gerado por uma corrente elétrica.



Fonte – Autoria própria (2018)

Assim, os alunos responderam as questões do roteiro, e na discussão em sala de aula, demonstraram que aprenderam que quando um fio é percorrido por uma corrente elétrica, surge então um campo eletromagnético, que é diretamente proporcional à intensidade da corrente elétrica e também ao número de espiras, a exemplo da resposta da Figura 30.

Figura 30 – Respostas

(a)

O fluxo dos elétrons nas espiras da bobina estão gerando o campo magnético.

(b)

d) Conforme se aumenta o número de espiras aumenta também a quantidade de elétrons sucessivamente o brilho da lâmpada, ocorre o contrário se diminuir o número de espiras.

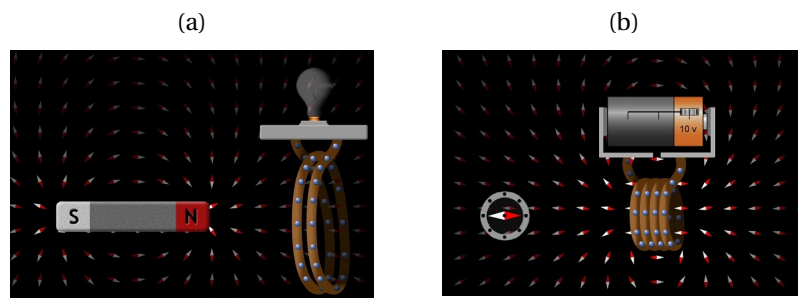
Fonte – Autoria própria (2018)

6.5.3 A indução de corrente elétrica ao movimentar um ímã através de uma espira

A simulação da Figura 31a consiste de um ímã e uma bobina de fio presa a uma lâmpada. Nela é possível observar visualmente os elétrons na espira, além do campo magnético produzido pelo ímã.

Assim, no momento de discussão, os discentes responderam as questões do roteiro demonstrando terem adquirido conhecimento acerca da indução da corrente elétrica. Entenderam que a corrente elétrica induzida é diretamente proporcional à intensidade do campo magnético gerado pelo ímã, e que a intensidade dessa corrente também é diretamente proporcional ao número de espiras. Também aprenderam que o campo magnético produzido na bobina muda de sentido quando a corrente elétrica muda de sentido, conforme Figura 32.

Figura 31 – Discentes realizando atividade em laboratório virtual.



Fonte – Autoria própria (2018)

Figura 32 – Respostas

(a)

e) A força do ímã e o número de espiras são diretamente proporcionais a tensão gerada, logo quanto maior a força do ímã e o número de espiras será gerada maior tensão.

(b)

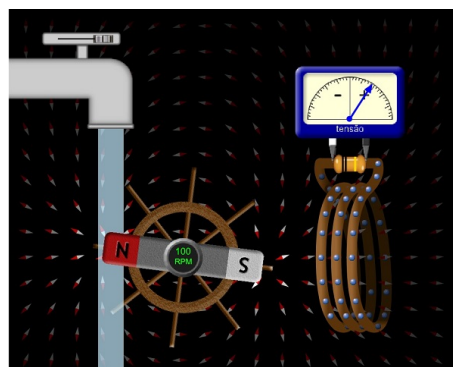
o fluxo de elétrons inverte, invertendo também o campo magnético.

Fonte – Autoria própria (2018)

6.5.4 O processo de geração de energia elétrica

Para iniciar os estudos acerca deste tema, primeiramente foi distribuído para os alunos o texto "A produção da energia elétrica" que se encontra no Apêndice A deste trabalho. Este texto traz algumas das principais maneiras de produção de energia elétrica. Assim, com esta leitura, os alunos puderam entender o que é uma usina hidrelétrica, termelétrica e nuclear, bem como a energia gerada no alternador de um carro.

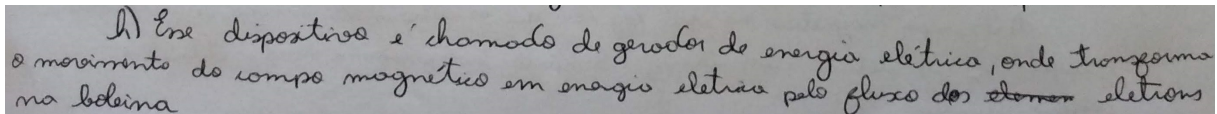
Figura 33 – Simulado o processo de geração de energia elétrica.



Fonte – Autoria própria (2018)

Logo após a leitura, os discentes puderam realizar ensaios com um simulador (Figura 33) de uma usina hidrelétrica. Assim, observaram de uma forma bem simples como é gerada a energia elétrica que chega até suas casas. Então, na discussão, defenderam que o mecanismo é rotacionado pela água e provoca a variação do fluxo de campo magnético, gerando assim energia elétrica. Isso pode ser comprovado pela resposta da Figura 34.

Figura 34 – Resposta



A) Este dispositivo é chamado de gerador de energia elétrica, onde transformamos o movimento do campo magnético em energia elétrica pelo fluxo dos elétrons na bobina.

Fonte – Autoria própria (2018)

Por fim, de acordo com análise das respostas obtidas no questionário e também da participação da turma nas discussões, foi observado que o aprendizado foi significativo, pois os alunos conseguiram entender os conceitos básicos do eletromagnetismo e relacioná-los com aplicações práticas e da vida cotidiana, com é o caso da geração da energia elétrica.

Conclusão

Ao final da sequência didática foi possível perceber uma significativa evolução dos discentes com relação à capacidade investigativa e ao aprendizado do conteúdo de indução eletromagnética por meio da sequência didática proposta. Fazendo uma comparação com a turma de controle (Módulo I do Curso Técnico em Informática do turno noturno), foi observada uma diferença relacionada à apropriação do conhecimento, pois os discentes da turma de controle não obteve o mesmo domínio e segurança para dialogar sobre o assunto.

Um outro ponto importante a ser destacado, é que os discentes se envolveram e fizeram parte do processo de ensino-aprendizagem, e sendo eles co-autores do processo, não houve problemas relacionados à falta de atenção e a participação.

Foi possível notar que os experimentos didáticos são fortes instrumentos para proporcionar à aprendizagem significativa no ensino de Física. E por esse motivo podemos perceber que esse tipo de prática vem ganhando cada vez mais importância nas pesquisas relacionadas ao ensino de Física. Dessa forma, a prática experimental realizada neste trabalho, aliada às abordagens das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Marco Antônio Moreira e dos Três Momentos Pedagógicos de Demétrio Delizoicov, constitui-se de um método bastante útil no processo de ensino-aprendizagem de Física, pois, todos os conhecimentos adquiridos por meio desta metodologia proporciona ao discente conciliar seus conhecimentos prévios, adquiridos ao longo do seu cotidiano, à teoria, de forma que este seja significativo, principalmente porque o estudante passa a ser sujeito ativo do processo, sendo este fator muito importante na formação de um pensamento crítico e exploratório na construção de novos conhecimentos.

Conclui-se então que a mudança do paradigma do ensino tradicional, o qual é centrado no professor expondo os conteúdos, para um ensino focado na aprendizagem ativa e significativa, a qual coloca o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem, é a perspectiva para o futuro do ensino de ciências. Pois desta forma, sob a mediação do professor,

os alunos partem de situações que lhes façam sentido, para a descoberta de novos conhecimentos. Assim, exercitando o pensamento crítico e autônomo, adquirindo competências científicas como a argumentação a partir de evidências, validação e elaboração de resultados.

Por fim, espero que o trabalho possa contribuir para as pesquisas na área do ensino de Física, e que também possa servir como meio para auxiliar outros docentes no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo abordado, além de enfatizar a relevância da busca de novos métodos para a melhoria do ensino de Física.



Referências

ALVARES, B. A.; LUZ, A. M. R. da. *Curso de Física - Volume 3*. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2005. ISBN 978-8526258617. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 36.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. *Física na Escola*, v. 11, n. 1, p. 27–31, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num1/a08.pdf>>. Citado na página 23.

AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. Canada: Holt, Rinehart and Winston, 1968. ISBN 978-0030696404. Citado na página 27.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio*. Brasília: [s.n.], 2000. ISSN 1098-6596. ISBN 9788578110796. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.

CHAGAS, J. J. T.; SOVIERZOSKI, H. H. Um diálogo sobre aprendizagem significativa, conhecimento prévio e ensino de ciências. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* –, v. 4, n. 3, p. 37–52, 2014. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo{_}ID67/v4{_}n3{_}>. Citado na página 24.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Física*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1990. 184 p. ISBN 978-8524902864. Citado na página 30.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 9–335 p. ISBN 978-85-249-0858-3. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. de A. Michael Faraday: o caminho da livraria, a descoberta da indução eletromagnética. *Ciência e Educação*, v. 10, n. 3, p. 517–530, 2004. Citado na página 24.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F.; PINO, J. C. D. Cidade do átomo um software para o debate escolar sobre energia nuclear. *Física na Escola*, v. 7, n. 1, p. 17–21, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num1/v12a06.pdf>>. Citado na página 22.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S. D. *Máquinas Elétricas*. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. ISBN 978-8580553734. Citado 4 vezes nas páginas 40, 41, 42 e 43.

- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. *Métodos de Pesquisa*. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2009. Citado na página 45.
- HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física 3 - Eletromagnetismo*. 10. ed. São Paulo: LTC, 2016. v. 1. ISBN 9788521630371. Citado 11 vezes nas páginas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43 e 51.
- KRAPAS, S. et al. Prego voador: um desafio para estudantes de eletromagnetismo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n. 4, p. 599–602, 2009. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v27_{ }599.> Citado na página 23.
- MORAES, J. U. P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa (didactic experiments in physics teaching with a focus on learning meaningful). *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* –, v. 4, n. 3, p. 61–67, 2014. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_{ }ID69/v4_{ }n3_{ }](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_{ }ID69/v4_{ }n3_{ }>)>. Citado na página 24.
- MOREIRA, A. C. S.; PENIDO, M. C. M. Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de física. *VII Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências*, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/814.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 25.
- MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas-ueps. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_{ }ID10/v1_{ }n2_{ }](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_{ }ID10/v1_{ }n2_{ }>)>. Citado 4 vezes nas páginas 27, 28, 29 e 44.
- MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "física". *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 20, n. 3, p. 617–638, sep 2014. ISSN 1516-7313. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_{ }arttext_{ }&pid=S1516-73132014000300617_{ }&lng=p>. Citado na página 30.
- OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. dos S. F. Desenvolvimento de um software para o ensino de fundamentos de física quântica. *Física na Escola*, v. 7, n. 1, p. 22–25, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num1/v12a07.pdf>>. Citado na página 22.
- QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo de ensino-aprendizagem. *Física na Escola*, v. 10, n. 1, p. 21–25, 2009. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a04.pdf>>. Citado na página 25.
- RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 251–266, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060908.pdf>>. Citado na página 18.
- SILVA, M. G. L. da; ARAÚJO, M. F. F. de; NORONHA, C. A. *10 Anos do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN: revelando novas fronteiras*. Natal: EDUFRN, 2012. 208 p. ISBN 9788572738842. Citado 3 vezes nas páginas 29, 69 e 70.
- SOUSA, M. L. K. A.; CAVALCANTE, M. A. Magnetismo para crianças. *A Física na Escola*, v. 1, n. 1, p. 21–24, 2000. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo7.pdf>>. Citado na página 23.

SOUZA, A. M. de; NAZARÉ, T. S. de. A utilização de um programa de computador para simulações de experimentos de óptica como forma de promover o aprendizado de ciências exatas. *Física na Escola*, v. 13, n. 1, p. 30–31, 2012. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol13/Num1/a09.pdf>>. Citado na página 23.

SOUZA, R. R. de; GUSKEN, E.; GONÇALVES, A. M. Brincando com correntes induzidas. *Física na Escola*, v. 11, n. 2, p. 6–8, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num2/a03.pdf>>. Citado na página 24.



Glossário

Aprendizagem significativa aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento adquirido a novas situações; resulta da interação cognitiva entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos; depende fundamentalmente de conhecimentos prévios que permitam ao aprendiz captar significados dos novos conhecimentos e, também, de sua intencionalidade para essa captação. (SILVA; ARAÚJO; NORONHA, 2012).

Conhecimento prévio conceitos subsunçores, representações, esquemas, modelos, construtos pessoais, concepções alternativas, cognições já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. (SILVA; ARAÚJO; NORONHA, 2012).

Diferenciação progressiva como princípio programático da matéria de ensino, significa que ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início do ensino e, progressivamente, diferenciados, ao longo do processo, em termos de detalhes e especificidades. (SILVA; ARAÚJO; NORONHA, 2012).

Organizador prévio material instrucional introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, em si, em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade; segundo Ausubel (1968, 2000) *apud* (SILVA; ARAÚJO; NORONHA, 2012), sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido significativamente. (SILVA; ARAÚJO; NORONHA, 2012).

Situação-problema significa tarefa, não necessariamente problema de fim de capítulo; pode ser a explicação de um fenômeno, de uma aparente contradição, a construção de um diagrama, mas independente de qual for a tarefa, é essencial que o aprendiz a

perceba como um problema para que ele veja sentido nos conceitos. (SILVA; ARAÚJO; NORONHA, 2012).

Subsunção corresponde, em português, ao que Ausubel (1968) *apud* Silva, Araújo e Noronha (2012) chamava de subsumer, ou seja, um conhecimento prévio capaz de subsumir um novo conhecimento; subsumir significa tomar, acolher, aceitar. Subsunção é a operação de subsumir. (SILVA; ARAÚJO; NORONHA, 2012).

Apêndices

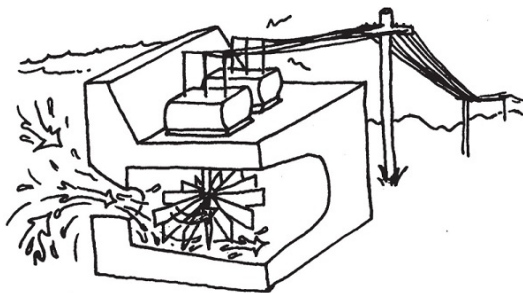
APÊNDICE

A

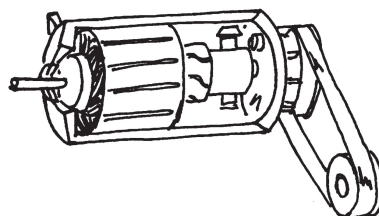
A produção da energia elétrica

Texto adaptado de GREE, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Leituras de Física:** Eletromagnetismo. 2005. Cap. 20, pág. 78.

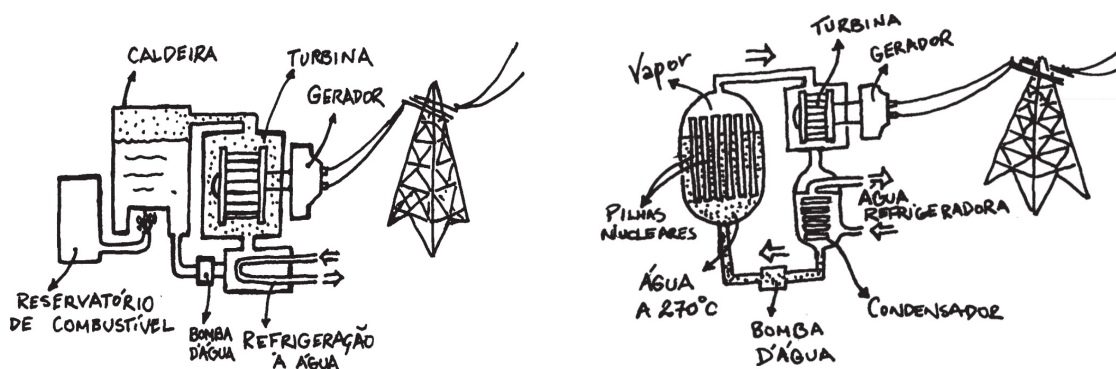
A maior parte da energia elétrica utilizada no Brasil provém de usinas hidrelétricas, usinas que convertem a energia mecânica da queda d'água em energia elétrica. Nessas usinas a água é represada por meio de barragens, que têm a finalidade de proporcionar um desnível de água capaz de movimentar enormes turbinas. As turbinas são formadas por conjuntos de pás ligadas ao eixo do gerador de eletricidade, que é posto a girar com a passagem da água.



Além dos geradores de eletricidade das usinas, temos também os alternadores dos automóveis, que têm o mesmo princípio de funcionamento. A diferença se dá na maneira como é obtida a rotação do eixo do gerador, que é pelo giro do eixo do motor movido a combustível.



As turbinas podem também ser movimentadas por vapor de água a alta pressão. Nesse caso, as usinas são do tipo termelétricas ou nucleares. Nas termelétricas, o vapor de água é obtido pelo aquecimento de água em caldeiras, pela queima de carvão, óleo ou derivados de petróleo. Já nas usinas nucleares o vapor de água é obtido pelo calor liberado na fissão do urânio.



Outra forma de utilização de energia elétrica é através do processo de separação de cargas. Um exemplo bastante típico desses geradores é a pilha e também as baterias comumente utilizadas em rádios, brinquedos, lanternas, relógios etc.

Nesses sistemas uma reação química faz com que cargas elétricas sejam concentradas em certas regiões chamadas pólos. Assim obtêm-se os pólos positivos (onde se concentram íons com falta de elétrons) e os pólos negativos (onde os íons tem elétrons em excesso). Por meio desses pólos obtém-se a tensão elétrica que permite o estabelecimento da corrente elétrica quando um circuito ligado a eles é fechado.

Além da reação química, existem outras formas de se promover a separação de cargas. Nas portas automáticas e sistemas de segurança, a separação de cargas é produzida pela incidência de luz sobre material fotosensível. O resultado é a corrente elétrica num circuito.



APÊNDICE

B

Roteiro para realização da atividade com experimento real

Objetivos

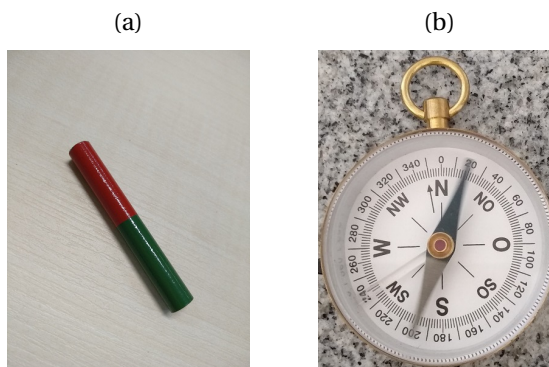
- Compreender o funcionamento de uma bússola;
- Conhecer o que é campo magnético;
- Relacionar campo magnético com a indução de corrente elétrica;
- Entender o fenômeno da indução eletromagnética;
- Entender o princípio de funcionamento dos geradores de energia elétrica.

Experiência 1 - Campo magnético de um ímã atuando em uma bússola

Com a utilização de uma bússola e um ímã (Figura 35), faça o que se pede.

1. Mova lentamente o ímã próximo à bússola. Explique o que ocorre e tente explicar porque ocorre.
2. Coloque a bússola próxima ao ímã inverta a polaridade. O que acontece com a bússola?
3. O que os dois têm em comum?

Figura 35 – Experiência física 1.

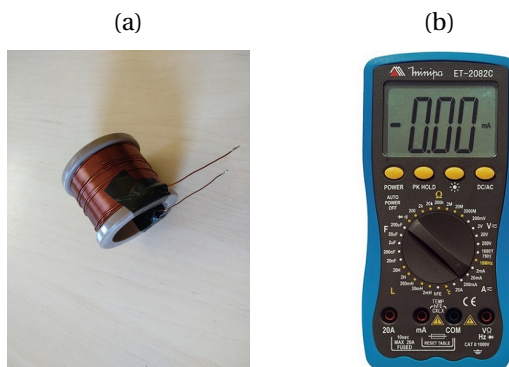


Fonte – Autoria própria (2018)

Experiência 2 - A geração da energia elétrica pelo movimento do ímã através de uma bobina de fio de cobre

Este experimento será realizado com a utilização de uma bobina, um ímã e um multímetro (Figura 36).

Figura 36 – Experiência física 2.



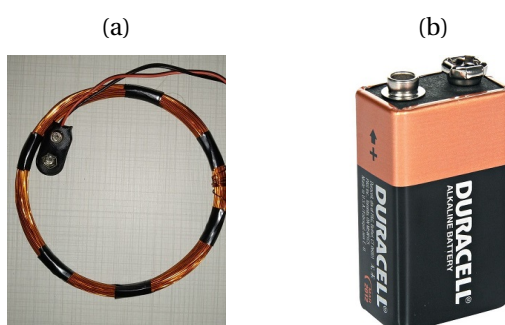
Fonte – Autoria própria (2018)

1. Conecte as ponteiros do multímetro aos terminais da bobina com a ajuda de garras jacaré. Configure o multímetro na escala de 200 mV. Mova o ímã para o interior da bobina e depois para o exterior. Repita várias vezes este movimento. O que você observa no multímetro?
2. Como poderia explicar o que está ocorrendo?
3. Isso parece estar criando uma corrente direta ou uma corrente alternada? Tente explicar.

Experiência 3 - A movimentação do ponteiro de uma bússola por meio de uma bobina de fio de cobre percorrida por uma corrente elétrica

Este experimento é realizado com a utilização de uma bússola e uma fonte de alimentação (bateria) (Figura 37) conectada a uma bobina de fio.

Figura 37 – Experiência física 3.



Fonte – Autoria própria (2018)

1. Utilizando a bobina de corrente contínua, aproxime-a da bússola. O que ocorre? Qual a semelhança com o que ocorre com um ímã?
2. Use a bússola e veja o que ocorre ao movimentá-la ao redor da bobina. Explique.
3. O que esta bobina tem em comum com o ímã?
4. Mantendo a bobina na mesma posição, inverta os pólos da bateria. O que ocorre? Tente explicar porque ocorre.

Experiência 4 - Indução de corrente elétrica em uma bobina por meio do campo eletromagnético gerado por uma corrente pulsante

Neste experimento, será utilizada uma bobina (Figura 38) a qual possui um circuito que fará a corrente da bateria pulsar, uma bobina com os terminais livres, uma bobina com um LED conectado aos seus terminais e um multímetro.

Conecte os terminais do multímetro aos terminais da bobina que possui os terminais livres.

Figura 38 – Experiência física 4



Fonte – Autoria própria (2018)

1. Aproxime a bobina de corrente pulsante da bobina com o LED. O que ocorre?
2. Utilizando os conhecimentos adquiridos no tópico 2 item (a), tente explicar o fenômeno observado.

APÊNDICE

C

Roteiro para realização da atividade com experimento virtual

Roteiro para realização da atividade experimental em laboratório de informática (simulação)

Objetivos

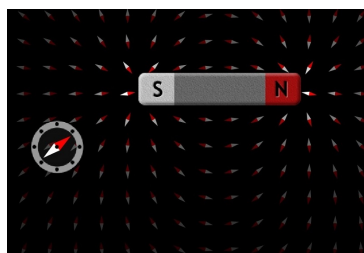
- Compreender o funcionamento de uma bússola;
- Conhecer o que é campo magnético;
- Relacionar campo magnético com a indução de corrente elétrica;
- Entender o fenômeno da indução eletromagnética;
- Entender o princípio de funcionamento dos geradores de energia elétrica.

Experiência 1 - Campo magnético de um ímã atuando sobre uma bússola

Com a utilização do laboratório virtual da (Figura 39), faça o que se pede:

1. Mova lentamente o ímã próximo à bússola. Explique o que ocorre e tente explicar porque ocorre.

Figura 39 – Experiência virtual 1

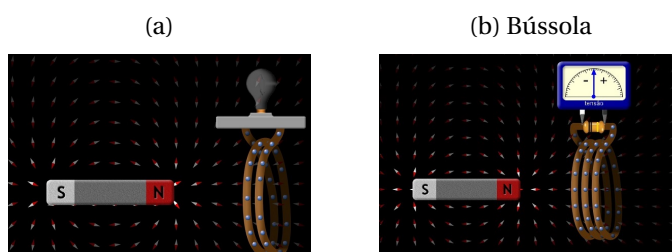


Fonte – Autoria própria (2018)

2. Aumente e diminua a força do ímã da barra (use o controle deslizante) e mova lentamente a bússola ao redor do ímã. Que efeito a mudança da força do campo do ímã causa na bússola?
3. Coloque a bússola ao lado do polo sul do ímã e pressione o botão de inverter a polaridade. O que acontece com o ímã e a bússola?
4. Clique em ver dentro do ímã. O que você vê?
5. O que a bússola e o ímã tem em comum?
6. Clique em mostrar medidor de campo e mova o medidor ao redor. Em que posição B tem a maior magnitude? Quando fica mais fraco?

Experiência 2 - A geração da energia elétrica pelo movimento do ímã através de uma bobina de fio de cobre

Figura 40 – Experiência virtual 2



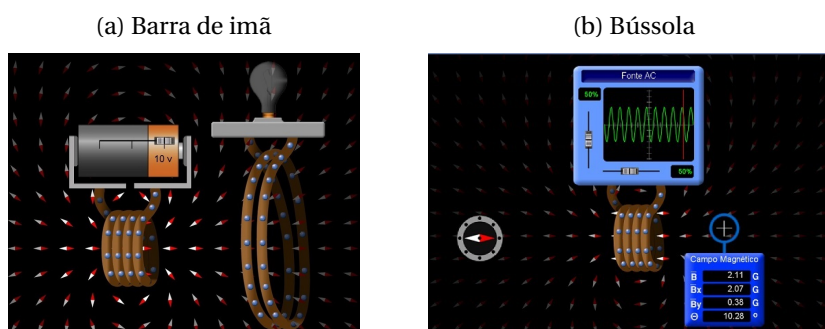
Fonte – Autoria própria (2018)

Nesta simulação (Figura 40) você tem um ímã e uma bobina de fio presa a uma lâmpada incandescente. Siga as instruções:

1. Mova o ímã ao redor da parte externa da bobina. O que você observa acontecendo com a bobina e a lâmpada?
2. Como poderia explicar o que está ocorrendo?
3. Agora, mova o ímã para frente e para trás dentro da bobina. Descreva e explique suas observações.
4. Aumente e diminua a força do ímã (movendo o botão deslizante) e descreva que efeito essa mudança provoca.
5. Defina a força do ímã em 75 % e continue a mover o ímã. Diminua o número de espiras para 1 e, em seguida, aumente-os para 3. Que efeito isso tem?
6. Substitua a lâmpada incandescente por um medidor de tensão, diminua o número de espiras para 1. O que acontece quando você move o ímã da barra de volta para frente e para trás através do loop? Repita para 2 e para 3 espiras e descreva o que ocorre.
7. Isso parece estar criando uma corrente direta ou uma corrente alternada? Tente explicar.
8. Qual o efeito que a mudança da força do ímã ou o número de espiras tem na tensão? Qual combinação gera a maior tensão?

Experiência 3 - O eletroímã

Figura 41 – Experiência virtual 3



Fonte – Autoria própria (2018)

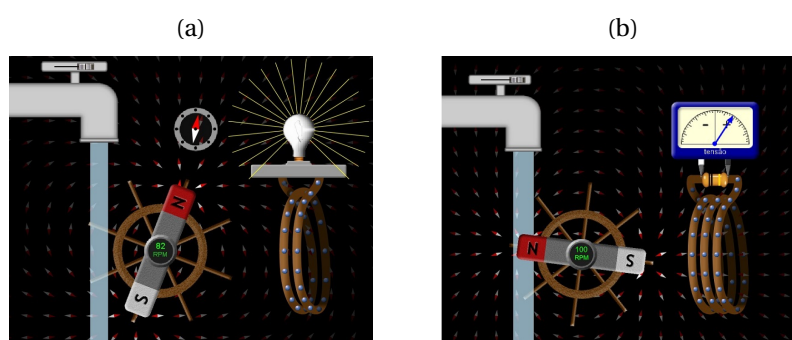
Esta simulação (Figura 41) é constituída de uma bússola e uma fonte de alimentação (bateria) conectada a uma bobina de fio. Responda:

1. Que efeito a bateria parece estar tendo no fio? O que mais está ocorrendo? Qual a semelhança com o que ocorre com um ímã?

2. O que parece estar criando o campo magnético sendo representado aqui?
3. Use a bússola e veja o que ocorre ao movimentá-la ao redor da bobina. Explique.
4. Diminuir gradualmente a tensão da bateria de 10 V para 5 V. Que efeito é observado?
5. O que acontece quando a tensão na bateria é 0 V?
6. Deslizando a barra de tensão totalmente para a esquerda que acontece? Explique.
7. Marque a caixa mostrar medidor de campo. Altere valores de tensão na bateria. O que acontece com a intensidade do campo magnético gerado pela bobina? Que tipo de relação existe entre a tensão e a intensidade do campo magnético gerado pela bobina.
8. Substitua a bateria por uma fonte de corrente alternada. Que efeito isso tem sobre a corrente, a bússola e o medidor de campo magnético?

Experiência 4 - Estudo do princípio de funcionamento de uma gerador de energia elétrica - indução de corrente elétrica em uma bobina por meio campo eletromagnético gerado por uma corrente pulsante

Figura 42 – Experiência virtual 4



Fonte – Autoria própria (2018)

Neste experimento (Figura 42), você encontra uma torneira de água, uma bússola, um ímã em uma roda (turbina), e uma bobina de fio conectada a uma lâmpada incandescente. Mova a bússola no espaço e observe o que ocorre. Depois disso, siga as instruções a seguir:

1. Ligue a torneira, apenas o suficiente para obter cerca de 10 *RPM* na turbina. Que efeito isso tem na bússola e na bobina-lâmpada?

2. Aumente a rotação para cerca de 20, 50 e até 100 *RPM*. Que efeito isso parece ter na bússola, na bobina e na lâmpada?
3. O aumento e a diminuição do número de espiras tem que efeito?
4. O aumento e a diminuição da intensidade do campo magnético tem que efeito?
5. Substitua a lâmpada por um medidor de tensão. Qual efeito o aumento dos *RPMs* tem sobre a quantidade de tensão?
6. Abra a torneira. O ímã giratório parece criar uma corrente direta ou alternada? Explique.
7. O movimento deste ímã criou uma corrente elétrica na bobina, que é sendo utilizado pela lâmpada. Como é chamado tal dispositivo? O que é isso?

APÊNDICE

D

Produto Educacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos para o Ensino do Fenômeno da Indução Eletromagnética no Nível Médio

SERGIO AMARAL DA SILVA

VITÓRIA DA CONQUISTA

Abril de 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

**Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Fundamentada nos
Três Momentos Pedagógicos para o Ensino do Fenômeno da Indução
Eletromagnética no Nível Médio**

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos
Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

VITÓRIA DA CONQUISTA

Abril de 2019

SUMÁRIO

1. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	7
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1. Indução Eletromagnética.....	9
2.1.1. Lei da Indução de Faraday	9
2.1.2. Força eletromotriz induzida devido ao movimento do circuito	12
2.1.3. Lei de Lenz	15
2.1.4. Forças e torque em sistemas com campo magnético	17
2.1.5. Geradores e motores.....	19
2.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e os 3 Momentos Pedagógicos.....	21
2.2.1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	21
2.2.2. Os 3 Momentos Pedagógicos	23
3. APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	25
3.1. Aula 1 - Primeiro contato com o campo magnético.	25
3.2. Aula 2 - O campo magnético e a indução de corrente elétrica	28
3.3. Aula 3 e 4 - O campo magnético e a indução eletromagnética.....	29
3.4. Aula 5 e 6 – O processo de geração de energia elétrica	31
APÊNDICE A – A GERAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA	37
APÊNDICE B– CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO	39
APÊNDICE C– EXPERIMENTO REAL	40
APÊNDICE D– EXPERIMENTO VIRTUAL	44

INTRODUÇÃO

O Produto Educacional a seguir tem como objetivo principal facilitar o processo de ensino-aprendizagem do fenômeno da Indução Eletromagnética, tornando a aprendizagem significativa.

Este Produto Educacional consiste de uma Sequência Didática a qual baseia-se nos princípios e passos citados por Moreira (2011), e, utiliza um conjunto de experimentos, juntamente com uma simulação computacional selecionada no grupo PhET¹ para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

Assim, este material constitui uma sequência de ensino fundamentada no conceito de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e nos Três Momentos Pedagógicos, servindo de recurso pedagógico para auxiliar o professor no ensino, buscando atingir a Aprendizagem Significativa, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes, resgatados através de questionamentos, para através da experimentação, observar, constatar e chegar a um conhecimento mais profundo.

¹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

1. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática proposta foi desenvolvida seguindo os princípios abordados em Moreira (2011). Ela foi estruturada colocando a atividade experimental como elemento mediador da aprendizagem significativa, utilizando também para isso a simulação computacional.

Na elaboração da referida sequência, foi utilizado como referência principal Marco Antônio Moreira, pois este traz a abordagem da Aprendizagem Significativa por meio do que chama de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, a qual valoriza as concepções trazidas pelos alunos, e a construção de um ambiente de aprendizagem diferente do tradicional.

A proposta supracitada busca envolver os estudantes no processo de ensino-aprendizagem, modificando o processo tradicional a fim de despertar nos mesmos a predisposição para aprender, procurando relacionar o seu conhecimento prévio com os novos conceitos apresentados.

A avaliação do processo de ensino-aprendizagem realizado através do produto educacional gerado aqui é de natureza qualitativa. Procura-se, então, analisar o entendimento de forma contínua através da observação direta, do diálogo e da produção individual e em grupo dos discentes.

O tipo de pesquisa utilizado é a pesquisa exploratória, pois os resultados foram extraídos da análise empírica, fazendo observação direta do desempenho da turma durante a implementação do produto educacional.

A sequência didática proposta tem duração de seis aulas, sendo duas aulas por semana conforme Tabela 1.

Inicialmente a turma é dividida em grupos e logo depois são introduzidas questões de sondagem para levantar os conhecimentos prévios dos estudantes. Em seguida, os grupos realizam o procedimento experimental com a ajuda do roteiro (Apêndice B), tal roteiro possui questões que deverão ser respondidas ao longo do processo. Estas questões são objeto de análise e discussão no momento da apresentação da simulação computacional.

Tabela 1: Estrutura da sequência didática

MOMENTO	TEMPO	ATIVIDADE
1º	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do tema e problematização inicial; • Conteúdo a ser trabalhado: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ímãs e suas características; ✓ Campo magnético; ✓ Linhas de campo magnético; ✓ Campo magnético terrestre; ✓ Características do campo magnético gerado por corrente elétrica; ✓ Corrente elétrica induzida. ✓ Levantamento dos conhecimentos prévios dos discentes através de diálogo e questionário de sondagem; • Divisão da turma em grupos e realização da atividade experimental com o auxílio de um roteiro; • Preenchimento de questionário relacionado ao fenômeno observado na atividade experimental.
2º	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão relacionada à atividade experimental fazendo análise das respostas do questionário respondido pelos alunos; • Apresentação de uma simulação, correção e organização das ideias acerca do fenômeno abordado pelo experimento.
3º	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de um vídeo sobre o processo de geração de energia elétrica; • Discussões diversas acerca do assunto e formalização matemática.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão abordados fundamentos teóricos importantes para o desenvolvimento da sequência didática em sala de aula. Assim, tais fundamentos estão relacionados ao fenômeno da Indução eletromagnética e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira.

2.1. Indução Eletromagnética

2.1.1. Lei da Indução de Faraday

De forma geral, de acordo com Halliday, Walker e Resnick (2016), “A *força eletromotriz (fem) induzida em um circuito é diretamente proporcional à taxa de variação do fluxo magnético através do circuito*”. Tal afirmativa ficou conhecida como a **Lei da Indução de Faraday** e pode ser escrita como segue:

$$\epsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 2.1$$

onde Φ_B é o fluxo magnético e pode ser calculado por

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad 2.2$$

sendo que para mais de uma espira, tem-se

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 2.3$$

onde N é o número de espiras.

O sinal negativo na Equação 2.1 é explicado pela **Lei de Lenz**, a qual será discutida adiante.

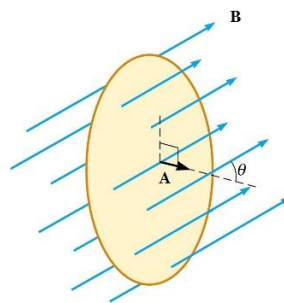
De acordo com Halliday, Walker e Resnick (2016), o fluxo de campo magnético pode ser entendido como a quantidade de linhas de campo magnético que atravessa a área da

superfície fechada pelo circuito da espira na direção normal a esta, como exemplificado na Figura 1.

Assim, segundo Alvares e Luz (2005), para um campo magnético e uma área de superfície constante e uniforme, o fluxo da Equação 2.2 pode ser escrito como

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 2.4$$

Figura 1: Fluxo magnético através da área envolvida pela espira



Fonte - (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

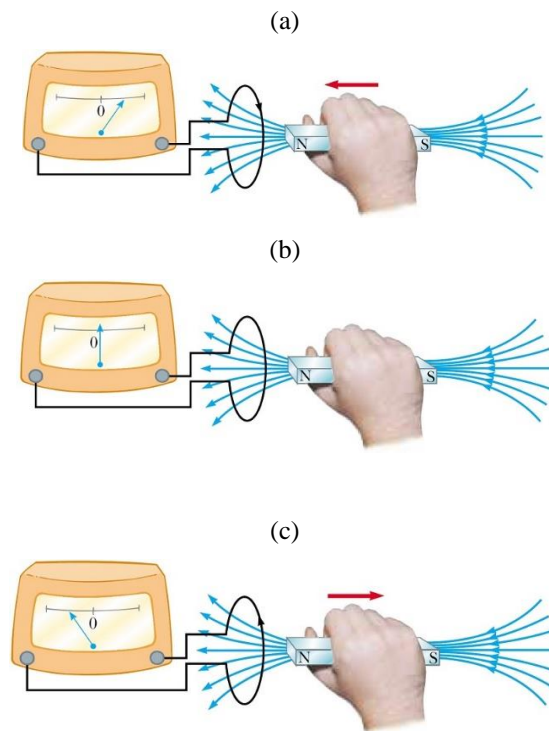
Para entender como uma fem pode ser induzida em um circuito, consideremos uma espira de condutor metálico conectada a um galvanômetro como ilustrado na Figura 2. Quando um ímã é movido em direção a se aproximar de uma espira ligada a um galvanômetro, a agulha deste se desvia em uma direção. Quando o ímã é movido em direção a se afastar da espira, a agulha do galvanômetro se desvia em uma direção oposta a anterior. Quando o ímã é mantido parado em relação à espira, nenhum desvio da agulha é observado. Finalmente, quando o ímã é mantido parado e a espira se move, aproximando ou afastando do ímã, a agulha do galvanômetro se desvia. Dessa forma, pode-se notar que existe uma relação entre a **corrente elétrica** e a **variação do campo magnético**. Tal corrente é chamada de corrente elétrica induzida e esta é produzida por uma fem induzida (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

O experimento desenvolvido por Faraday é ilustrado na Figura 3. Neste, a bobina primária é enrolada em um anel de ferro, e conectada a uma chave e a uma bateria. A bobina secundária também é enrolada no mesmo anel de ferro e conectada a um galvanômetro.

Quando a chave fecha o circuito da bobina primária, algo incrível acontece, a agulha do galvanômetro se desvia em uma direção e quando a chave torna a ser aberta, a agulha se desvia na direção oposta. Isso mostra que uma corrente elétrica passou pelo galvanômetro em um sentido quando a chave foi fechada e passou no sentido oposto quando a chave foi aberta. Por

fim, o galvanômetro marca zero quanto uma corrente constante ou nenhuma corrente passa pelo circuito primário (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

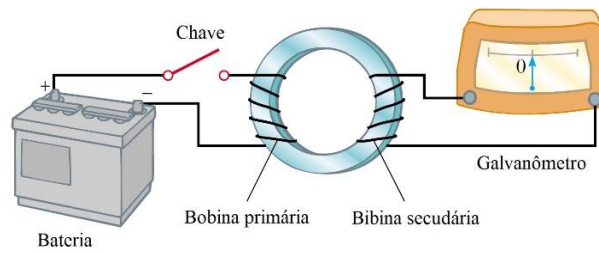
Figura 2: (a) Quando o ímã se move em direção a uma espira conectada a um galvanômetro, este indica que uma corrente é induzida na espira. (b) Quando o ímã fica parada próximo a uma espira, nenhuma corrente é induzida nesta (c) Quando o ímã se move afastando da espira, o galvanômetro indica uma corrente induzida na espira oposta à corrente do item (a). Conclusão: quando muda a direção do movimento do ímã, muda a direção da corrente induzida por tal movimento.



Fonte - (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

Como resultado dessas observações, Faraday concluiu que uma corrente elétrica pode ser induzida em um circuito por um campo magnético variável, isto existe somente em um curto período de tempo enquanto o campo magnético através da bobina secundária está variando (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

Figura 3: Experimento de Faraday. Quando a chave fecha o circuito na bobina primária, a agulha do galvanômetro na bobina secundária se desvia momentaneamente. A fem induzida no circuito secundário é causada por um campo magnético variável através da bobina secundária.



Fonte - (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

Por fim, a fem pode ser expressa como

$$\epsilon = -\frac{d}{dt}(BA \cos \theta) \quad 2.5$$

Dessa expressão, pode-se notar que a fem pode ser induzida no circuito por alguns caminhos:

- variando a intensidade de \vec{B} com o tempo;
- variando com tempo a área envolvida pela espira;
- variando o ângulo θ entre \vec{B} e a normal a superfície envolvida pela espira com o tempo;
- ou alguma combinação dos itens supracitados.

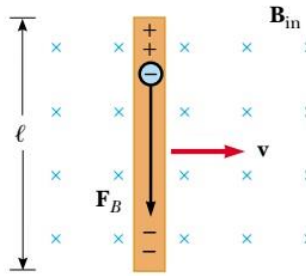
De acordo com Alvares e Luz (2005), em um intervalo de tempo não tão pequeno, a Lei da Indução de Faraday (Equação 2.1) pode ser aproximada por

$$\epsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad 2.6$$

2.1.2. Força eletromotriz induzida devido ao movimento do circuito

Anteriormente, foi considerado casos em que a fem foi induzida em um circuito estacionário na presença de um campo magnético variante no tempo. Nesta seção, será descrita a fem devida ao movimento do circuito na presença de um campo magnético constante.

Figura 4: Condutor em linha reta em movimento na presença de um campo magnético constante.



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

O condutor reto de comprimento l mostrado na Figura 4 se move através de um campo magnético uniforme entrando na página. Para simplificar, de acordo com Halliday, Walker e Resnick (2016), assumimos que o condutor está se movendo perpendicularmente ao campo magnético com velocidade constante sob influência de algum agente externo. Os elétrons do condutor experimentam uma força $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$, que é dirigida ao longo do comprimento l , perpendicular a \vec{v} e \vec{B} . Sob influência dessa força, os elétrons se movem para a extremidade inferior do condutor e se acumulam lá, deixando uma carga positiva na região da extremidade superior. Como resultado dessa separação de carga, um campo elétrico é produzido dentro do condutor. As cargas vão acumulando nas extremidades do condutor até que a força magnética descendente (qvB) seja balanceada por uma força elétrica ascendente (qE). Neste ponto, os elétrons param de se mover. Assim, a condição de equilíbrio requerida é

$$qE = qvB \quad 2.7$$

ou

$$E = vB \quad 2.8$$

O campo elétrico produzido no condutor, uma vez que os elétrons param de se mover, se torna constante e está relacionado à diferença de potencial através das extremidades do condutor de acordo com a relação

$$\Delta V = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad 2.9$$

como \vec{E} é paralelo à distância entre as extremidades do condutor, tem-se

$$\Delta V = -El \tag{2.10}$$

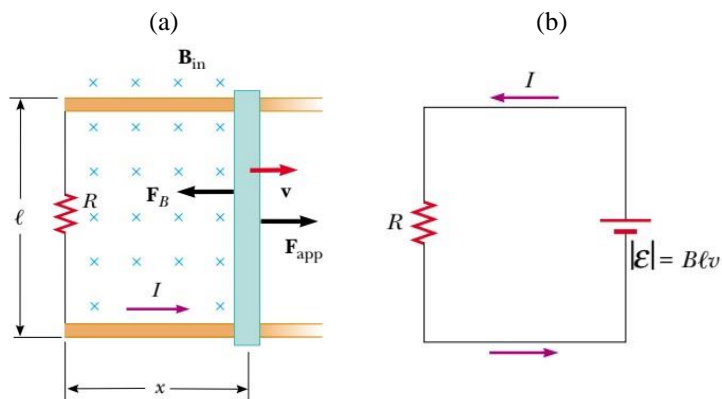
então

$$\Delta V = Blv \tag{2.11}$$

onde a extremidade superior está a um potencial maior que a inferior. Assim, uma diferença de potencial é mantida entre as extremidades. Se o sentido do movimento se inverte, a polaridade da diferença de potencial também é invertida.

Uma situação mais interessante ocorre quando o condutor em movimento é parte de um circuito fechado. Essa situação é particularmente usada para ilustrar como o fluxo de campo magnético causa uma corrente induzida em um circuito fechado. Considerando um circuito constituído de uma barra condutora de tamanho l deslizando ao longo de dois trilhos paralelos como na Figura 5a (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

Figura 5: Barra condutora deslizando sobre trilhos



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

Por simplicidade, assume-se que a barra tem resistência elétrica igual a zero e que a parte estacionária do circuito tem resistência R . Um campo magnético uniforme e constante B é aplicado perpendicularmente ao plano do circuito. Como a barra é puxada para a direita com uma velocidade \vec{v} , sob influência de uma força aplicada \vec{F}_{app} , cargas livres na barra

experimentam uma força magnética direcionada ao longo do comprimento da barra. Essa força estabelece uma corrente induzida, pois as cargas livres se movem ao longo do circuito fechado. Nesse caso, a taxa de fluxo de campo magnético através do circuito fechado e a correspondente fem através da barra são proporcionais à variação da área do circuito (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

A área fechada pelo circuito em um instante é lx , onde x é a largura do circuito em algum instante, assim, o fluxo magnético através da área é

$$\Phi_B = Blx \quad 2.12$$

Usando a Lei de Faraday, e notando que x varia com o tempo em uma taxa $\frac{dx}{dt} = v$, se pode encontrar a fem induzida pela Equação 2.6 como segue

$$\epsilon = -Blv \quad 2.13$$

como a resistência do circuito é R , a magnitude da corrente induzida é

$$I = \frac{|\epsilon|}{R} = \frac{Blv}{R} \quad 2.14$$

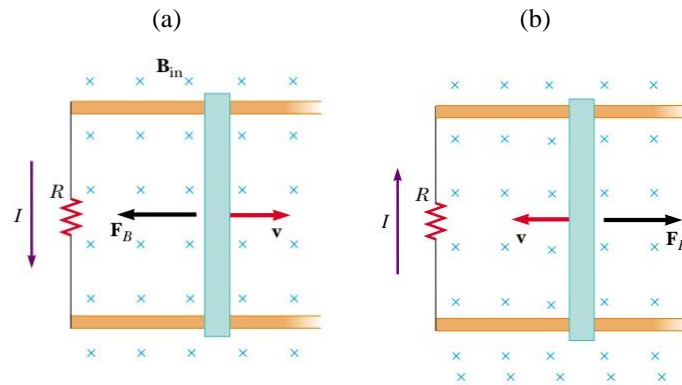
O diagrama do circuito equivalente é mostrado na Figura 5b.

2.1.3. Lei de Lenz

A Lei de Faraday (Equação 2.6) indica que a fem induzida e o fluxo de campo magnético tem sinais algébricos opostos. Isso tem uma interpretação física real que é conhecida como Lei de Lenz.

Segundo Halliday, Walker e Resnick (2016), a polaridade da fem induzida é tal que tende a produzir uma corrente que cria um fluxo magnético para se opor à mudança no fluxo magnético através da área fechada pelo circuito.

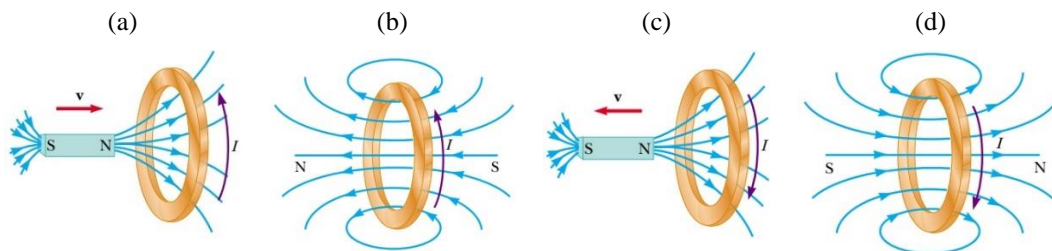
Figura 6: Barra condutora deslizando para direita e para esquerda sobre trilhos.



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

Retomando o exemplo da barra deslizando sob trilhos, suponha a barra se movendo para a direita (Figura 6a), neste caso o fluxo magnético através da área do circuito aumenta com o tempo, pois a área aumenta. A Lei de Lenz estabelece que a corrente elétrica induzida tem que ser direcionada de forma que o fluxo de campo magnético seja oposto à mudança do fluxo externo. O fluxo do campo magnético externo cresce para dentro da página, a corrente induzida tem que produzir um fluxo oposto a essa mudança, ou seja, tem que produzir um fluxo de campo magnético diretamente para fora da página. Assim, a corrente elétrica induzida tem que ser direcionada no sentido anti-horário (regra da mão direita). Se a barra se move para a esquerda (Figura 6b) o fluxo magnético externo através da área do circuito diminui com tempo, pois a área está diminuindo. Dessa forma, o fluxo magnético direcionado para dentro da página está diminuindo, logo a direção da corrente induzida tem que ser no sentido horário, para produzir um fluxo que também seja para dentro da página (regra da mão direita) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

Figura 7: Demonstração da Lei de Lenz



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

A Figura 6 também exemplifica a Lei de Lenz, diferenciando pelo fato que neste caso é o fluxo de campo magnético que está variando, porém, os efeitos são os mesmos. Na Figura 7a o ímã se aproxima da espira, aumentando o fluxo de campo magnético entrando na mesma. A Figura 7b mostra que a corrente induzida é de tal forma que produz um fluxo magnético saindo da espira de para se opor ao aumento do fluxo externo, acordo com a Lei de Lenz. Na Figura 7c o ímã está afastando da espira, o que faz o fluxo magnético externo dentro da espira diminua. A Figura 7d mostra que a corrente induzida é direcionada para criar um fluxo de campo magnético direcionado para dentro da espira (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

2.1.4. Forças e torque em sistemas com campo magnético

Segundo Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), a Lei da Força de Lorentz

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad 2.15$$

fornece a força sobre uma partícula de carga q na presença do campo eletromagnético. No Sistema Internacional de Unidades, F é dada em Newtons, q em Coulombs, E em volts por metros, B em Tesla e v , que é a velocidade relativa da partícula com relação ao campo magnético é metros por segundo.

Então, em um sistema apenas de campo elétrico, a força é determinada apenas por submeter a carga ao campo elétrico

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad 2.16$$

A força age na direção do campo elétrico e é independente do movimento da partícula.

Em um sistema com campo magnético puro, a situação é um pouco mais complexa. Aqui a força

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad 2.17$$

é determinada por uma magnitude de carga da partícula e a magnitude do campo magnético bem como a velocidade da partícula. De fato, a direção da força é sempre perpendicular à direção do movimento da partícula e à direção do campo magnético. Matematicamente isso é indicado pelo produto vetorial de \vec{v} e \vec{B} na Equação 2.17. A magnitude desse produto é igual

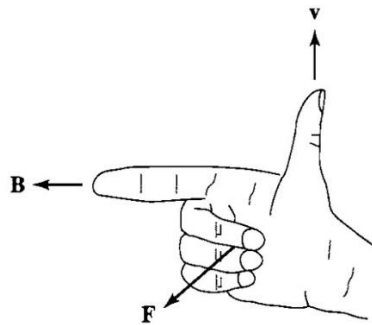
ao produto das magnitudes de \vec{v} e \vec{B} e o seno do ângulo entre eles. Essa direção poderá ser encontrada seguindo a **regra da mão direita** Figura 8, que estabelece que quando se tem o polegar da mão direita na direção de v e o dedo indicador na direção de \vec{B} , a força que é perpendicular à direção de ambos, é perpendicular à normal relativa a palma da mão, como na Figura 8 (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2003).

De acordo com Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), em situação que envolvem um grande número de partículas carregadas em movimento, é conveniente reescrever a Equação 2.15 em termos da densidade de carga ρ (medida em unidade de Coulomb por metro cúbico) com segue

$$\vec{F}_v = \rho(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad 2.18$$

onde o subscrito v indica que é uma força devido à densidade de cargas e tem unidade de medida Newtons por metro cúbico.

Figura 8: Regra da mão direita

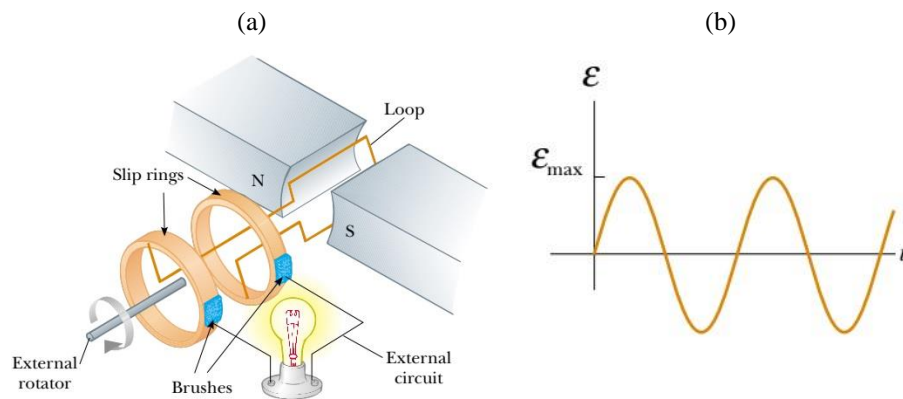


Fonte - (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2003)

2.1.5. Geradores e motores

Segundo Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), um gerador elétrico é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica. De uma forma simples, consiste de um enrolamento de fio girando em uma região que contém campo magnético (Figura 9).

Figura 9: Diagrama esquemático de um gerador e a forma de onda da fem gerada.



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

Em uma usina comercial, a energia requerida para girar o enrolamento pode ser adquirida de uma variedade de fontes. Por exemplo, em uma usina hidrelétrica, a água cai sobre as pás de uma turbina produzindo movimento giratório. Como o enrolamento gira em um campo magnético, o fluxo magnético através da área fechada pelo enrolamento varia com o tempo, isso induz uma fem e uma corrente elétrica no circuito, de acordo com a Lei de Faraday. O enrolamento é conectado a anéis deslizantes que também giram. Dessa forma, são conectados os terminais que levam a energia para o exterior através de buchas também em contato com os anéis deslizantes (Figura 9a).

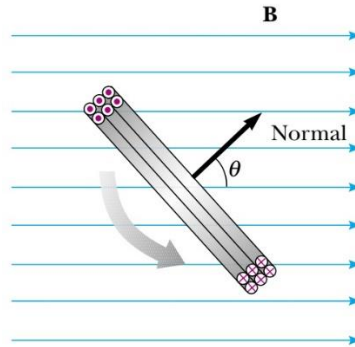
A forma de onda da fem gerada pode ser vista na Figura 9b. Este gráfico mostra que a corrente alterna seu sentido por causa do movimento giratório do enrolamento (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

Se o enrolamento tem N voltas com a mesma área A e gira em um campo magnético com uma velocidade angular ω e q é o ângulo entre o campo magnético e o plano da área fechada pelo circuito (Figura 10), então o fluxo magnético através do circuito em um instante t é

$$\Phi_B = BA \cos \theta = BA \cos \omega t \quad 2.19$$

onde $\theta = \omega t$ é a relação entre o deslocamento angular e a velocidade angular. Esse resultado mostra que a fem varia senoidalmente com o tempo, como mostrado na Figura 9b.

Figura 10: Bobina dentro de um campo magnético.



(FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2003)

Seja a força eletromotriz induzida em uma bobina igual a

$$\epsilon = -N \frac{d}{dt} \Phi_B = -NAB \frac{d}{dt} (\cos \omega t) = NAB\omega \sin \omega t \quad 2.20$$

Segundo Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), um motor é um dispositivo que converte energia elétrica em energia mecânica. Essencialmente um motor é um gerador operando ao reverso. Em vez de gerar uma corrente elétrica pela rotação de uma bobina, a corrente é fornecida à bobina por uma fonte, gerando um torque provindo da força magnética, o qual gira a bobina.

O trabalho mecânico útil pode ser feito ligando a armadura rotativa a algum dispositivo externo. No entanto, como a bobina gira em um campo magnético, a mudança do fluxo magnético induz um fem na bobina (força contra-eletromotriz - fcem), esta fcem sempre age para reduzir a corrente na bobina. Se este não fosse o caso, a lei de Lenz seria violada. A fcem aumenta em magnitude à medida que a velocidade de rotação aumenta. A fcem tende a reduzir a corrente fornecida, pois a tensão disponível para fornecer a corrente é igual à diferença entre a tensão de alimentação e a fcem. Assim, a corrente na bobina rotativa é limitada pela fcem (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2003).

De acordo com Fitzgerald, Kingsley e Umans (2014), quando um motor é ligado, inicialmente não há fcm. Assim, a corrente é muito grande porque é limitada apenas pela resistência das bobinas. Quando as bobinas começam a girar, a fcm se opõe à tensão aplicada, e a corrente nas bobinas é reduzida. Se a carga mecânica aumenta, o motor desacelera, isto faz com que a fcm diminua. Esta redução na fcm aumenta a corrente nas bobinas e, portanto, também aumenta a potência necessária a partir da fonte de tensão. Por este motivo, os requisitos de potência para ligar um motor e para a execução, são maiores para cargas pesadas do que para cargas leves. Se o motor funcionar sem nenhuma carga mecânica, a fcm reduz a corrente para um valor mínimo para superar as perdas de energia devido a energia interna e ao atrito. Se o motor está trabalhando com uma carga muito pesada, de forma a não poder rodar, a falta de fcm pode levar a uma corrente perigosamente alta na bobina. Se o problema não é corrigido a tempo, pode resultar em incêndio.

2.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e os 3 Momentos Pedagógicos

2.2.1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

Um conceito importante e muito mencionado em estudos relacionados à educação e o processo de ensino-aprendizagem é o da aprendizagem significativa. Na teoria de Ausubel, para que o aprendiz veja significado no que está aprendendo, um fator muito importante é o conhecimento prévio que ele possui. Assim ele diz:

"Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que a informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos" (AUSUBEL, 1968).

Dessa forma, Moreira (2011) define aprendizagem significativa como a aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento adquirido a novas situações.

Para Moreira (2011), esta aprendizagem resulta da interação cognitiva entre conhecimento prévios e os novos conhecimentos, ou seja, depende de conhecimentos anteriores que possibilitem o aprendiz a captar o significado dos novos conhecimentos. Olhando por essa perspectiva, um determinado material ou metodologia de ensino se constitui em um meio potencialmente significativo, pois, o significado está nas pessoas. Por isso, não há um material ou método significativo, e sim potencialmente significativo e, para isso, devem possuir significado lógico, ter uma organização estrutural e linguagem adequada de forma a serem

aprendíveis quando se encontram com os conhecimentos prévios dos sujeitos para dar significado aos conhecimentos contidos em tal material.

Assim, Marco Antonio Moreira em Moreira (2011) cita princípios que devem ser levados em consideração para que haja aprendizagem significativa, os quais devem ser seguidos na construção de uma *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS*, são eles:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa; organizadores prévios facilitam a interação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- as situações-problema dão sentido a novos conhecimentos e estas devem ser criadas para direcionar o aluno para a aprendizagem significativa e devem ser propostas em nível crescente de complexidade;
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de busca de evidências de aprendizagem significativa;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema cuidadosamente selecionadas, e mediador da captação de significados por parte do aluno;
- um episódio de ensino envolve uma relação entre aluno, docente e materiais didáticos. O computador poderá fazer parte dessa relação à medida que também for mediador da aprendizagem;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica. Esta deve ser estimulada pela busca de respostas (questionamento), ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias, abandonando a narrativa pelo ensino centrado no aluno.

Com objetivo de criar um ambiente potencialmente facilitador para a aprendizagem significativa, Moreira (2011) descreve oito passos que o professor deve considerar na elaboração de suas sequências de ensino. Primeiramente, deve-se definir o tópico específico a ser abordado. Então é criada as situações-problema que conduzirão as discussões, levando o aluno a externalizar o seu conhecimento prévio o qual pode ser relevante para a aprendizagem significativa. Tais situações devem ser propostas em um nível bem introdutório, preparando o aluno para a introdução do conhecimento que se pretende ensinar, estas, podem funcionar como organizador prévio. Essas situações iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, vídeos, problemas do cotidiano entre outras.

Uma vez trabalhadas as situações iniciais, o novo conhecimento deve ser apresentado levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais, apresentando uma visão inicial do todo e logo depois, abordando aspectos mais específicos, a exemplo de uma breve exposição oral seguida de atividade em grupo e discussão. Em continuidade, o professor deverá retomar os aspectos mais gerais, a qual pode ser por meio de uma nova apresentação, um recurso computacional etc., porém, em nível maior de complexidade. Em sequência, o professor poderá propor uma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados. Essa atividade pode ser a resolução de problemas, um experimento de laboratório, a construção de um mapa conceitual etc., envolvendo a negociação de significados e necessariamente mediada pelo docente (MOREIRA, 2011).

Dando sequência ao processo de diferenciação progressiva, poderá ser feita uma nova exposição oral, uma leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um recurso audiovisual etc., retomando as características mais relevantes do conteúdo e logo depois propor novas situações-problema em um nível mais alto de complexidade, sendo estas resolvidas colaborativamente em grupo e mediadas pelo docente (MOREIRA, 2011).

Por fim, para a fase de avaliação, Moreira (2011) indica que esta deve ser feita ao longo da implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. Além disso, deve haver uma avaliação somativa individual, na qual deverão ser propostas questões ou situações que busquem identificar a compreensão e captação de significados, com capacidade de explicar e aplicar os novos conhecimentos.

Assim, de acordo com Moreira (2011), a UEPS somente terá êxito se na avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. Dessa forma, a UEPS considera que o ensino é inseparável da aprendizagem, não podendo ocorrer ensino se não for verificada a aprendizagem significativa.

2.2.2. Os 3 Momentos Pedagógicos

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) propõem uma dinâmica didático pedagógica fundamentada nas concepções de educação de Paulo Freire, chamadas de Três Momentos Pedagógicos. Esses momentos são divididos em **problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.**

De acordo com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), a problematização inicial é o momento em que se apresenta para os alunos situações reais as quais estes conhecem, presenciam e que estão envolvidos. Assim, são desafiados a expor seus pensamentos sobre o assunto para que o professor passe a conhecê-los. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) sugerem que o professor, neste momento, deve adotar a postura de questionar e lançar dúvidas sobre o assunto. Dessa forma, a partir das respostas obtidas, o professor poderá diagnosticar o que os estudantes sabem sobre o conteúdo.

A organização do conhecimento é o momento em que os conhecimentos necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial são estudados sobre a mediação do professor. Do ponto de vista metodológico, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) aconselha o professor a utilizar as mais diversas atividades, e destaca que para que os alunos compreendam as situações problematizadas o professor poderá desenvolvê-las com a utilização de textos, produção escrita e utilização de tecnologias da informação.

Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), a aplicação do conhecimento é o momento destinado a abordar sistematicamente o conhecimento trabalhado nos dois momentos anteriores. O objetivo desta etapa é analisar e interpretar as situações expostas anteriormente, tendo o professor o papel de desenvolver atividades para capacitar os alunos a aplicar os conhecimentos adquiridos. Neste momento, busca-se a generalização dos conceitos científicos envolvidos, procurando também o seu emprego. Como segue nas palavras dos próprios autores, este momento tem o objetivo de

[...] abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. [...] A meta pretendida como este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018).

Dentre as características dos 3MP, destaca-se que os conteúdos devem ser apresentados não como fatos a memorizar, mas como problemas a serem resolvidos a partir de experiências da vida cotidiana dos alunos, possibilitando que estes tornem-se ativos no processo de ensino aprendizagem (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018).

3. APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática proposta tem duração de seis aulas de 50 minutos e foi estruturada seguindo os princípios encontrados em Moreira (2011), colocando a atividade experimental como elemento mediador da aprendizagem significativa, utilizando também para isso a simulação computacional.

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa citada em Moreira (2011) valoriza as concepções trazidas pelos alunos, e a construção de um ambiente de aprendizagem diferente do tradicional. Assim, a sequência didática apresentada aqui busca envolver os estudantes no processo de ensino-aprendizagem, modificando o processo tradicional a fim de despertar nos mesmos a pré-disposição para aprender, procurando relacionar o seu conhecimento prévio com os novos conceitos apresentados.

A avaliação do processo de ensino-aprendizagem realizado através deste produto educacional poderá ser de natureza qualitativa, analisando o entendimento de forma contínua através da observação direta, do diálogo e da produção individual e em grupo dos discentes.

3.1. Aula 1 - Primeiro contato com o campo magnético.

- Tema: Primeiro contato com o campo magnético.
- Objetivo geral: Fazer com que os estudantes tenham um primeiro contato com o campo magnético.
- Objetivos específicos:
 - Apresentar o tema a ser trabalhado;
 - Fazer a problematização inicial;
 - Realizar uma pequena atividade experimental com uma bússola e um ímã;
 - Realizar um ensaio com um eletroímã;
 - Levantar os conhecimentos prévio dos estudantes.
- Materiais utilizados: Bússola e ímã.

A aula é iniciada apresentando uma questão problema a qual os alunos deverão ser capazes de responder ao final da sequência didática “*Como é gerada a energia elétrica uma usina hidroelétrica?*”. Assim, para dar início ao processo de ensino-aprendizado, é feito alguns questionamentos de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1: Questionário 1

- Para que serve uma bússola?
- Como uma bússola funciona?
- O que poderia interferir no funcionamento de uma bússola?

Logo após as perguntas, o professor pede aos alunos para movimentarem o imã próximo à bússola (Figura 11a e Figura 11b). Com esse ensaio os estudantes poderão observar o funcionamento da mesma e apresentar uma solução para o problema inicial: “*Como se dá o funcionamento de uma bússola?*”.

Em seguida, os alunos colocam a bobina da Figura 13a alimentada por uma bateria próxima à bússola, e poderão observar que ocorre o mesmo fenômeno que ocorreu com o imã.

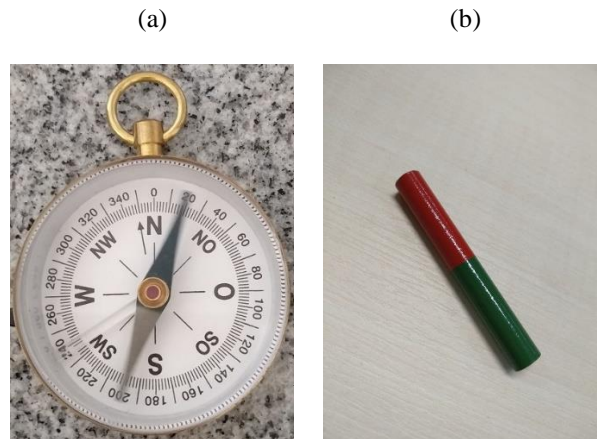
Para melhor motivar a turma, o professor poderá utilizar um aplicativo de bússola para *smartphone* (Figura 12a) no lugar da bússola real.

A partir desse pequeno ensaio, o professor, através do diálogo, investiga os conhecimentos prévios dos discente a respeito do campo magnético e suas características e concluir respondendo as questões do Quadro 2.

Quadro 2: Questionário 2

- Por que o ponteiro se moveu na direção do imã e da bobina?
- Relacione o fenômeno observado e o fato de o ponteiro da bússola apontar naturalmente para o norte geográfico da Terra.

Figura 11: Material para experimento inicial sobre campo magnético



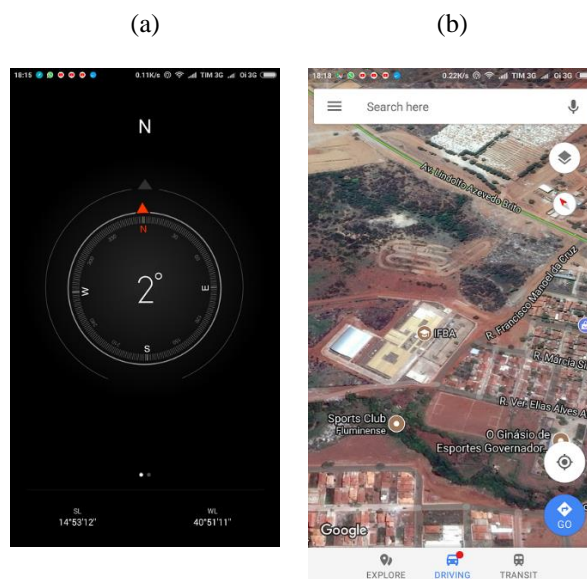
Fonte – Autoria própria

Em seguida, o professor solicita que os alunos utilizem a bobina da Figura 13a ligada a uma bateria aproximando-a da bússola. Desta forma, então será respondido o questionário do Quadro 3.

Quadro 3: Questionário 3

- Qual a semelhança entre o fenômeno observado utilizando o ímã e utilizando a bobina?
- Tente explicar o que ocorre.

Figura 12: Bússola e Google Maps



Fonte – Autoria própria

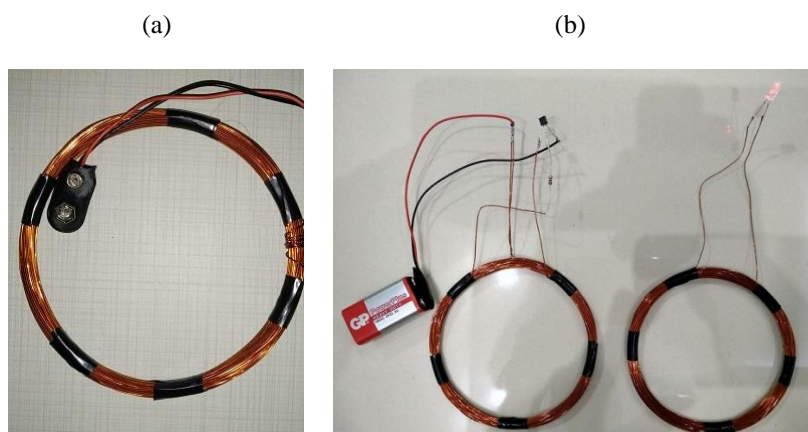
3.2. Aula 2 - O campo magnético e a indução de corrente elétrica

- Tema: O campo magnético e a indução de corrente elétrica.
- Objetivo geral: Observar o fenômeno da indução eletromagnética
- Objetivos específicos:
 - Realizar algumas atividades experimentais;
 - Preencher questionários.

Materiais utilizados: Bobina de fio de cobre (Figura 13a); duas bobinas de fio de cobre, uma ligada a uma bateria de 9 V com um circuito o qual faz a corrente pulsar (Figura 13b) e outra ligada a um LED; bobina de fio de cobre (Figura 14a); ímã (Figura 14b); multímetro digital (Figura 14c).

Para esta etapa, os alunos utilizarão os materiais apresentados na Figura 13. A bobina ligada à bateria (Figura 13a), é colocada próxima a uma outra que possui um LED ligado aos seus terminais. Os alunos poderão notar que nada ocorrerá. Assim, logo depois desta constatação, é utilizada a bobina que possui o circuito, o qual produz a corrente pulsante. Desta forma, será possível perceber que o LED acende (Figura 13b).

Figura 13: Material para experimento sobre indução eletromagnética

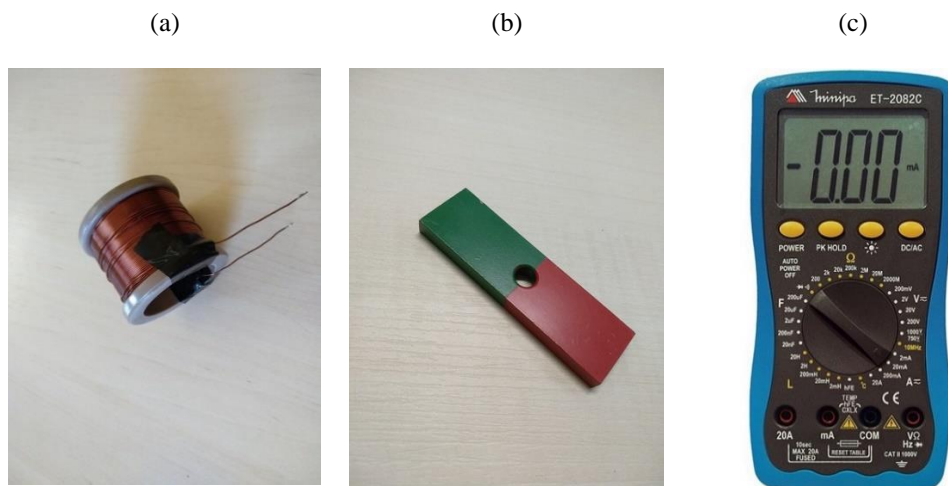


Fonte – Autoria própria

Para que possam ter uma melhor ideia sobre o que está acontecendo, então será feito um ensaio utilizando a bobina de fio de cobre da Figura 14a ligada a um multímetro digital (Figura 14c) configurado na escala de 200 mV . Os estudantes deverão ser orientados a movimentar a barra de ímã (Figura 14b) para dentro e para fora da bobina, fazendo assim o campo magnético variar, alterando o valor de tensão na tela do multímetro.

Desta forma, os discentes poderão notar que para fazer uma corrente elétrica aparecer em uma bobina, é preciso que esta esteja submetida a um campo magnético variável. Assim, para estimular o pensamento do aluno, é utilizado o questionário do Quadro 4.

Figura 14: Material para experimento sobre indução eletromagnética



Fonte – Autoria própria

Quadro 4: Questionário 4

- O que acontece quando o ímã é colocado próximo à bobina com multímetro?
- O que ocorre quando o ímã está em movimento próximo à bobina? Tente explicar as causas do fenômeno.
- O que ocorre quando a bobina com o circuito que faz a corrente pulsar é colocada próxima à bobina com o LED? Por que isso acontece?
- O que tem em comum entre este experimento e o do ímã se movendo?

3.3. Aula 3 e 4 - O campo magnético e a indução eletromagnética

- Tema: O campo magnético e a indução eletromagnética – discussão dos resultados.
- Objetivo geral: Organizar o conhecimento obtido na atividade experimental.
- Objetivos específicos:
 - Fazer análise das respostas dos questionários;
 - Apresentar uma simulação computacional sobre o tema;

- Realizar discussão, correção e organização das ideias acerca do fenômeno abordado.

Esta aula é iniciada com um momento para discussão das respostas dadas pelos alunos aos questionários feitos na aula anterior. O professor deverá mediar tal discussão, a qual cada grupo apresentará seu ponto de vista.

O objetivo desta etapa é sistematizar todos os conhecimentos necessários para a compreensão do problema apresentado inicialmente e também do tema. Assim, serão utilizadas simulações computacionais com o objetivo de mostrar aos estudantes o que não foi possível ver no estudo realizado com os aparatos experimentais, principalmente as linhas de campo magnético e a corrente elétrica induzida, dentre outros fenômenos.

Neste momento o simulador poderá aproximar a teoria e a prática, ligando o conteúdo muitas vezes abstrato com situações vivenciadas no seu dia a dia, mostrando o conteúdo de maneira mais ilustrativa.

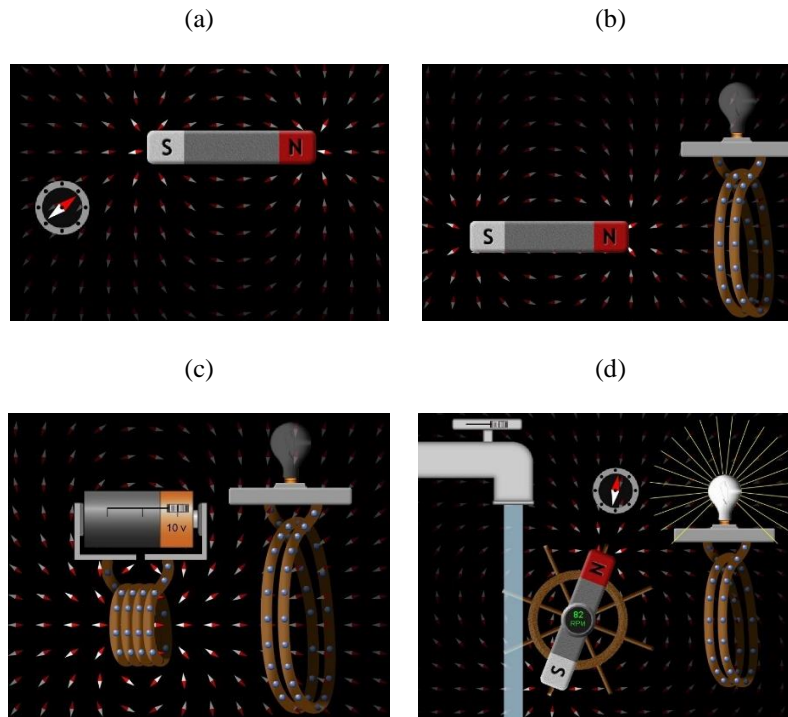
Assim, o simulador será utilizado para executar exercícios que permita ao estudante explorar a parte do conteúdo o qual foi realizado com os experimentos reais.

As simulações serão aplicadas no laboratório de informática seguindo as orientações do professor e um roteiro. Iniciando pela simulação que pode ser vista na Figura 15a, os estudantes poderão observar as linhas de campo magnético de um ímã e também a influência do mesmo no comportamento do ponteiro da bússola.

Na simulação apresentada na Figura 15b, objetiva-se que seja observado que um campo magnético variável induz uma corrente em bobina de fio condutor, movimentando-se o ímã ou a bobina, ou seja, fazendo o campo magnético variar. Já na simulação exemplificada na Figura 15c, os alunos poderão observar que uma corrente elétrica percorrendo uma bobina também gera campo magnético, e que se este variar nas proximidades de outra bobina, irá induzir uma corrente elétrica.

Por fim, na simulação apresentada na Figura 15d, será possível observar e relacionar o conhecimento adquirido neste estudo com o processo de geração de energia elétrica. Assim, pode-se também apresentar aos discentes o conceito de corrente alternada, diferenciando-a da corrente contínua.

Figura 15: Simulações computacionais a serem apresentadas



Fonte – Autoria própria

3.4. Aula 5 e 6 – O processo de geração de energia elétrica

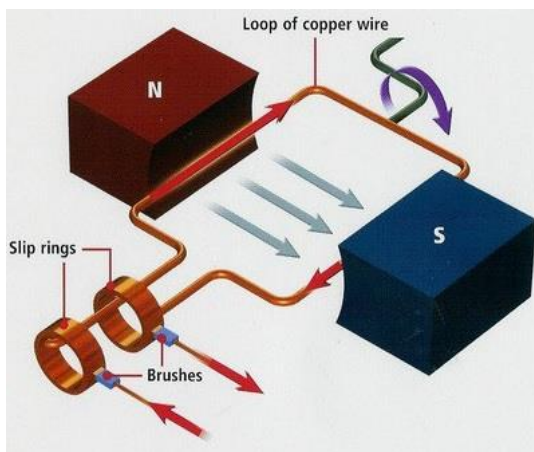
- Tema: O processo de geração de energia elétrica.
- Objetivo geral: Aplicar o conhecimento de indução eletromagnética adquirido nas aulas anteriores.
- Objetivos específicos:
 - Apresentar um vídeo sobre como é o processo de geração da energia elétrica;
 - Discutir os conceitos acerca do assunto;
 - Formalizar matematicamente o princípio da indução eletromagnética.

Esta aula iniciar com a exibição de um vídeo sobre o processo de geração de energia na usina hidroelétrica Itaipú². Após a exibição do vídeo, o professor poderá enfatizar os aspectos discutidos nas aulas anteriores utilizando a Figura 16 a qual demonstra a possibilidade de transformar energia mecânica em energia elétrica. Segundo (HALLIDAY; RESNICK;

² <https://youtu.be/48IlepuOvLw>

WALKER, 2013) este conceito foi introduzido em 1831, tanto por Michael Faraday no Reino Unido, como Joseph Henry, nos Estados Unidos.

Figura 16: Esquema de um gerador de corrente alternada



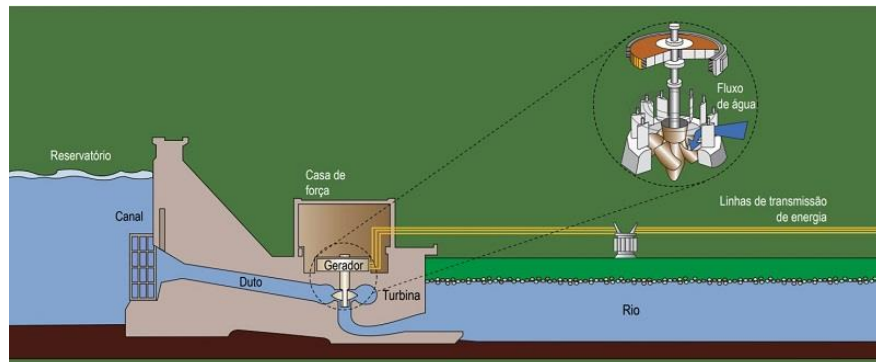
Fonte – Lugar nenhum³

Na Figura 16 é demonstrado o esquema de um gerador de corrente alternada. Em tal esquema, pode observar o que é chamado de armadura (bobina), onde duas extremidades ligam se a anéis condutores, a que se apoiam escovas de carbono. A armadura gira e surge uma corrente fluindo através da mesma. A escova (*brush*) de um dos anéis conduz a corrente para fora da armadura, permitindo que esta seja utilizada, o outro anel devolve a corrente à armadura. Quando a armadura fica posicionada paralelamente ao campo magnético, não há geração de corrente. Logo depois, a armadura começa a ficar posicionada de forma não paralela ao campo magnético, e a corrente inverte seu sentido, a escova de um dos anéis a conduz para fora da armadura e a do outro anel a devolve à armadura.

³ <https://lugarnenhum.net/wp-content/uploads/2018/07/simples-gerador-de-corrente-alternada.jpg>

Figura 17

(a) Esquema de funcionamento de uma usina hidrelétrica



(b) Usina hidrelétrica de Itaipú



Fonte – (a)⁴ ; (b)⁵

Por fim, poderá ser feita uma discussão sobre a Figura 17a e Figura 17b utilizando o texto do Apêndice A “A produção da energia elétrica”, as quais representam o esquema de uma usina hidrelétrica e a usina hidroelétrica Itaipú, respectivamente. Neste momento, o professor poderá comentar que o processo que ocorre em uma usina hidrelétrica é o mesmo ilustrado pela Figura 15d e Figura 16.

⁴ http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf

⁵ <http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2016/12/usina-de-itaipu-bate-recorde-mundial-de-geracao-de-energia>

REFERÊNCIAS

ALVARES, B. A.; LUZ, A. M. R. da. *Curso de Física - Volume 3*. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2005. ISBN 978-8526258617

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: usando simulações do PhET. *Física na Escola*, v. 11, n. 1, p. 27–31, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num1/a08.pdf>>.

AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. Canada: Holt, Rinehart and Winston, 1968. ISBN 978-0030696404.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio*. Brasília: [s.n.], 2000. ISSN 1098-6596. ISBN 9788578110796. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>.

CHAGAS, J. J. T.; SOVIERZOSKI, H. H. Um Diálogo Sobre Aprendizagem Significativa, Conhecimento Prévio E Ensino De Ciências. *Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review* –, v. 4, n. 3, p. 37–52, 2014. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo{_}ID67/v4{_}n3{_}>.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 9–335 p. ISBN 978-85-249-0858-3.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. de A. Michael Faraday: o caminho da livraria, a descoberta da indução eletromagnética. *Ciência e Educação*, v. 10, n. 3, p. 517–530, 2004.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F.; PINO, J. C. D. Cidade do átomo um software para o debate escolar sobre energia nuclear. *Física na Escola*, v. 7, n. 1, p. 17–21, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num1/v12a06.pdf>>.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S. D. *Máquinas Elétricas*. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. ISBN 978-8580553734.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física 3 - Eletromagnetismo*. 10. ed. São Paulo: LTC, 2016. v. 1. ISBN 9788521630371.

KRAPAS, S. et al. Prego voador: um desafio para estudantes de eletromagnetismo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n. 4, p. 599–602, 2009. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v27{_}599.>

MORAES, J. U. P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no ensino de Física com foco na aprendizagem significativa (*Didactic experiments in physics teaching with a focus on learning meaningful*). *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* –, v. 4, n. 3, p. 61–67, 2014. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo{_}ID69/v4{_}n3{_}>.

MOREIRA, A. C. S.; PENIDO, M. C. M. Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no Ensino de Física. *VII Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências*, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/814.pdf>>.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas-UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo{_}ID10/v1{_}n2{_}>.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. dos S. F. Desenvolvimento de um Software para o Ensino de Fundamentos de Física Quântica. *Física na Escola*, v. 7, n. 1, p. 22–25, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num1/v12a07.pdf>>. Citado na página 29.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo de ensino-aprendizagem. *Física na Escola*, v. 10, n. 1, p. 21–25, 2009. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a04.pdf>>.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A Concepção dos alunos sobre a Física do Ensino Médio: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 251–266, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060908.pdf>>.

SOUSA, M. L. K. A.; CAVALCANTE, M. A. Magnetismo para crianças. *A Física na Escola*, v. 1, n. 1, p. 21–24, 2000. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo7.pdf>>.

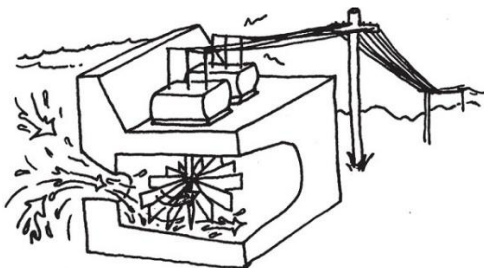
SOUZA, A. M. de; NAZARÉ, T. S. de. A utilização de um programa de computador para simulações de experimentos de óptica como forma de promover o aprendizado de ciências exatas. *Física na Escola*, v. 13, n. 1, p. 30–31, 2012. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol13/Num1/a09.pdf>>.

SOUZA, R. R. de; GUSKEN, E.; GONÇALVES, A. M. Brincando com correntes induzidas. *Física na Escola*, v. 11, n. 2, p. 6–8, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num2/a03.pdf>>.

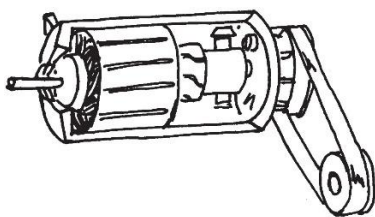
APÊNDICE A – A produção da energia elétrica

Texto adaptado de GREF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Leituras de Física: Eletromagnetismo*. 2005. Cap. 20, pág. 78

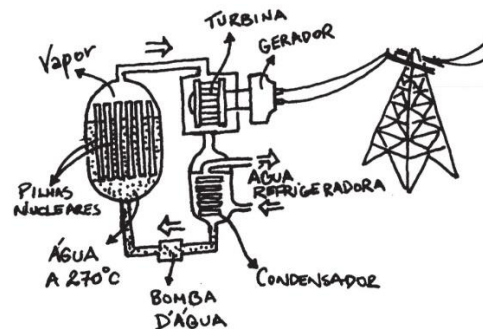
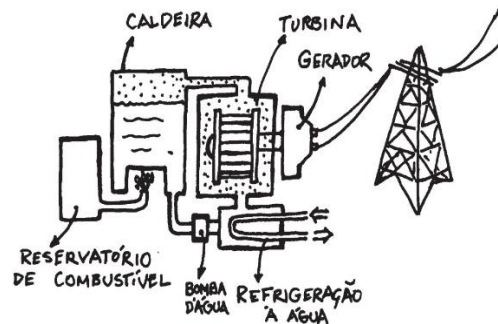
A maior parte da energia elétrica utilizada no Brasil provém de usinas hidrelétricas, usinas que convertem a energia mecânica da queda d'água em energia elétrica. Nessas usinas a água é represada por meio de barragens, que têm a finalidade de proporcionar um desnível de água capaz de movimentar enormes turbinas. As turbinas são formadas por conjuntos de pás ligadas ao eixo do gerador de eletricidade, que é posto a girar com a passagem da água.



Além dos geradores de eletricidade das usinas, temos também os alternadores dos automóveis, que têm o mesmo princípio de funcionamento. A diferença se dá na maneira como é obtida a rotação do eixo do gerador, que é pelo giro do eixo do motor movido a combustível.



As turbinas podem também ser movimentadas por vapor de água a alta pressão. Nesse caso, as usinas são do tipo termelétricas ou nucleares. Nas termelétricas, o vapor de água é obtido pelo aquecimento de água em caldeiras, pela queima de carvão, óleo ou derivados de petróleo. Já nas usinas nucleares o vapor de água é obtido pelo calor liberado na fissão do urânio.



Outra forma de utilização de energia elétrica é através do processo de separação de cargas. Um exemplo bastante típico desses geradores é a pilha e também as baterias comumente utilizadas em rádios, brinquedos, lanternas, relógios etc.

Nesses sistemas uma reação química faz com que cargas elétricas sejam concentradas em certas regiões chamadas pólos. Assim obtêm-se os pólos positivos (onde se concentram íons com falta de elétrons) e os pólos negativos (onde os íons tem elétrons em excesso). Por meio desses pólos obtém-se a tensão elétrica que permite o estabelecimento da corrente elétrica quando um circuito ligado a eles é fechado.

Além da reação química, existem outras formas de se promover a separação de cargas. Nas portas automáticas e sistemas de segurança, a separação de cargas é produzida pela incidência de luz sobre material fotossensível. O resultado é a corrente elétrica num circuito.



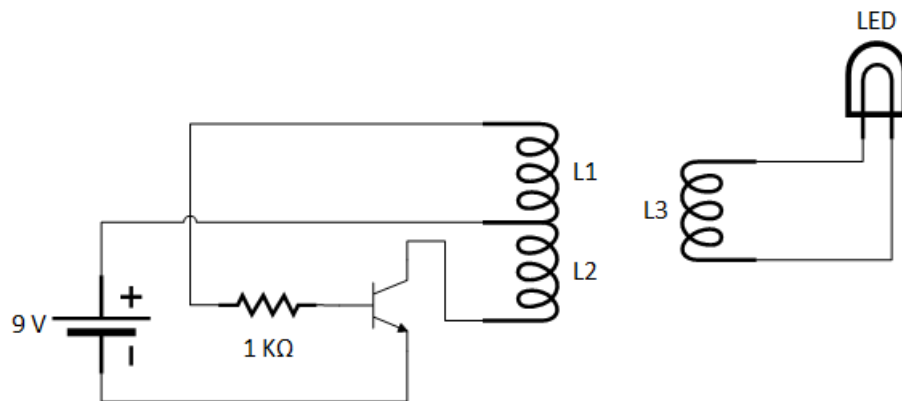
APÊNCICE B – Construção do circuito oscilador de transmissão

Materiais:

- Fio 26 AWG esmaltado;
- Transistor BC548 ou 2N222 ou BC337;
- Resistor de $1\text{ K}\Omega$;
- LED de auto brilho;
- Conector de bateria 9 V;
- Bateria de 9 V;
- Fita isolante.

Construção:

- Fazer uma bobina de 60 espiras (L_3) utilizando um pedaço de cano de 100 mm;
- Fazer uma bobina com derivação central com 60 espiras ($L_1 = 30\text{ espiras}$ $L_2 = 30\text{ espiras}$) e conectando-a ao circuito como no esquema a seguir:



APÊNCICE C – Roteiro para realização da atividade com experimento real

Objetivos

- Compreender o funcionamento de uma bússola;
- Conhecer o que é campo magnético;
- Relacionar campo magnético com a indução de corrente elétrica;
- Entender o fenômeno da indução eletromagnética;
- Entender o princípio de funcionamento dos geradores de energia elétrica.

Experiência 1 - Campo magnético de um ímã atuando em uma bússola

Com a utilização de uma bússola e um ímã (Figura 18), faça o que se pede.

1. Mova lentamente o ímã próximo à bússola. Explique o que ocorre e tente explicar porque ocorre.
2. Coloque a bússola próxima ao ímã inverta a polaridade. O que acontece com a bússola?
3. O que os dois têm em comum?

Figura 18: Experiência física 1



Fonte – Autoria própria (2018)

Experiência 2 - A geração da energia elétrica pelo movimento do ímã através de uma bobina de fio de cobre

Este experimento será realizado com a utilização de uma bobina, um ímã e um multímetro (Figura 19).

Figura 19: Experiência física 2



Fonte – Autoria própria (2018)

1. Conecte as ponteiros do multímetro aos terminais da bobina com a ajuda de garras jacaré. Configure o multímetro na escala de 200 mV . Mova o ímã para o interior da bobina e depois para o exterior. Repita várias vezes este movimento. O que você observa no multímetro?
2. Como poderia explicar o que está ocorrendo?
3. Isso parece estar criando uma corrente direta ou uma corrente alternada? Tente explicar.

Experiência 3 - A movimentação do ponteiro de uma bússola por meio de uma bobina de fio de cobre percorrida por uma corrente elétrica

Este experimento é realizado com a utilização de uma bússola e uma fonte de alimentação (bateria) (Figura 20) conectada a uma bobina de fio.

1. Utilizando a bobina de corrente contínua, aproxime-a da bússola. O que ocorre? Qual a semelhança com o que ocorre com um ímã?
2. Use a bússola e veja o que ocorre ao movimentá-la ao redor da bobina. Explique.

3. O que esta bobina tem em comum com o imã?

4. Mantendo a bobina na mesma posição, inverta os pólos da bateria. O que ocorre? Tente explicar porque ocorre.

Figura 20: Experiência física 3



Fonte – Autoria própria (2018)

Experiência 4 - Indução de corrente elétrica em uma bobina por meio do campo eletromagnético gerado por uma corrente pulsante

Neste experimento, será utilizada uma bobina (Figura 39) a qual possui um circuito que fará a corrente da bateria pulsar, uma bobina com os terminais livres, uma bobina com um LED conectado aos seus terminais e um multímetro.

Figura 21: Experiência física 4



Fonte – Autoria própria (2018)

1. Aproxime a bobina de corrente pulsante da bobina com o LED. O que ocorre?
2. Utilizando os conhecimentos adquiridos no tópico 2 item (a), tente explicar o fenômeno observado

APÊNCICE D – Roteiro para realização da atividade com experimento virtual

Roteiro para realização da atividade experimental em laboratório de informática (simulação)

Objetivos

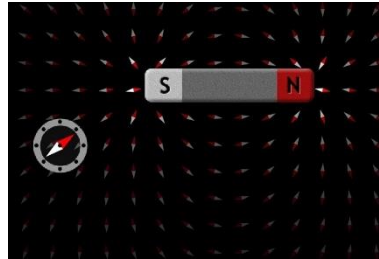
- Compreender o funcionamento de uma bússola;
- Conhecer o que é campo magnético;
- Relacionar campo magnético com a indução de corrente elétrica;
- Entender o fenômeno da indução eletromagnética;
- Entender o princípio de funcionamento dos geradores de energia elétrica.

Experiência 1 - Campo magnético de um ímã atuando sobre uma bússola

Com a utilização do laboratório virtual da (Figura 22), faça o que se pede:

1. Mova lentamente o ímã próximo à bússola. Explique o que ocorre e tente explicar porque ocorre.
2. Aumente e diminua a força do ímã da barra (use o controle deslizante) e mova lentamente a bússola ao redor do ímã. Que efeito a mudança da força do campo do ímã causa na bússola?
3. Coloque a bússola ao lado do polo sul do ímã e pressione o botão de inverter a polaridade. O que acontece com o ímã e a bússola?
4. Clique em ver dentro do ímã. O que você vê?
5. O que a bússola e o ímã têm em comum?
6. Clique em mostrar medidor de campo e mova o medidor ao redor. Em que posição B tem a maior magnitude? Quando fica mais fraco?

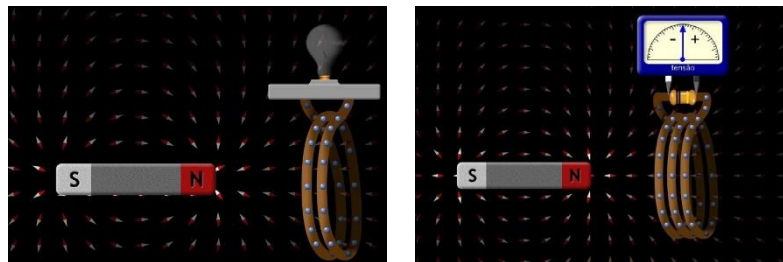
Figura 22: Experiência virtual 1



Fonte – Autoria própria (2018)

Experiência 2 - A geração da energia elétrica pelo movimento do ímã através de uma bobina de fio de cobre

Figura 23: Experiência virtual 2



Fonte – Autoria própria (2018)

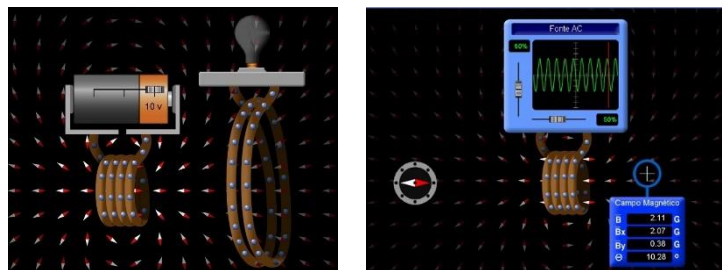
Nesta simulação (Figura 23) você tem um ímã e uma bobina de fio presa a uma lâmpada incandescente. Siga as instruções:

1. Mova o ímã ao redor da parte externa da bobina. O que você observa acontecendo com a bobina e a lâmpada?
2. Como poderia explicar o que está ocorrendo?
3. Agora, mova o ímã para frente e para trás dentro da bobina. Descreva e explique suas observações.
4. Aumente e diminua a força do ímã (movendo o botão deslizante) e descreva que efeito essa mudança provoca.
5. Defina a força do ímã em 75 % e continue a mover o ímã. Diminua o número de espiras para 1 e, em seguida, aumente-os para 3. Que efeito isso tem?

6. Substitua a lâmpada incandescente por um medidor de tensão, diminua o número de espiras para 1. O que acontece quando você move o ímã da barra de volta para frente e para trás através do loop? Repita para 2 e para 3 espiras e descreva o que ocorre.
7. Isso parece estar criando uma corrente direta ou uma corrente alternada? Tente explicar.
8. Qual o efeito que a mudança da força do ímã ou o número de espiras tem na tensão? Qual combinação gera a maior tensão?

Experiência 3 - O eletroímã

Figura 24: Experiência virtual 3



Fonte – Autoria própria (2018)

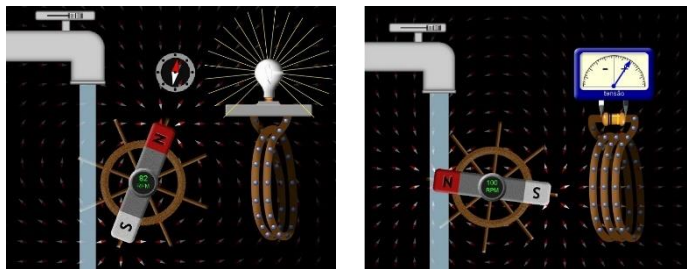
Esta simulação (Figura 24) é constituída de uma bússola e uma fonte de alimentação (bateria) conectada a uma bobina de fio. Responda:

1. Que efeito a bateria parece estar tendo no fio? O que mais está ocorrendo? Qual a semelhança com o que ocorre com um ímã?
2. O que parece estar criando o campo magnético sendo representado aqui?
3. Use a bússola e veja o que ocorre ao movimentá-la ao redor da bobina. Explique.
4. Diminuir gradualmente a tensão da bateria de 10 V para 5 V. Que efeito é observado?
5. O que acontece quando a tensão na bateria é 0 V?
6. Deslizando a barra de tensão totalmente para a esquerda que acontece? Explique.
7. Marque a caixa mostrar medidor de campo. Altere valores de tensão na bateria. O que acontece com a intensidade do campo magnético gerado pela bobina? Que tipo de relação existe entre a tensão e a intensidade do campo magnético gerado pela bobina.

8. Substitua a bateria por uma fonte de corrente alternada. Que efeito isso tem sobre a corrente, a bússola e o medidor de campo magnético?

Experiência 4 - Estudo do princípio de funcionamento de um gerador de energia elétrica - indução de corrente elétrica em uma bobina por meio campo eletromagnético gerado por uma corrente pulsante

Figura 25: Experiência virtual 4



Fonte – Autoria própria (2018)

Neste experimento (Figura 25), você encontra uma torneira de água, uma bússola, um ímã em uma roda (turbina), e uma bobina de fio conectada a uma lâmpada incandescente. Mova a bússola no espaço e observe o que ocorre. Depois disso, siga as instruções a seguir:

1. Ligue a torneira, apenas o suficiente para obter cerca de 10 RPM na turbina. Que efeito isso tem na bússola e na bobina-lâmpada?
2. Aumente a rotação para cerca de 20, 50 e até 100 RPM. Que efeito isso parece ter na bússola, na bobina e na lâmpada?
3. O aumento e a diminuição do número de espiras têm que efeito?
4. O aumento e a diminuição da intensidade do campo magnético tem que efeito?
5. Substitua a lâmpada por um medidor de tensão. Qual efeito o aumento dos RPMs tem sobre a quantidade de tensão?
6. Abra a torneira. O ímã giratório parece criar uma corrente direta ou alternada? Explique.
7. O movimento deste ímã criou uma corrente elétrica na bobina, que é sendo utilizado pela lâmpada. Como é chamado tal dispositivo? O que é isso?

