

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUANA DE LARA

**PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O
ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

MEDIANEIRA

2022

LUANA DE LARA

**PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O
ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

**Proposal of an Investigative Teaching Sequence for the Study Of
Electromagnetic Induction**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Profa. Dra. Elizandra Sehn.

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz.

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira**



LUANA DE LARA

**PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DA INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 05 de Dezembro de 2022

Dra. Elizandra Sehn, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Marcos Fernando Soares Alves, Doutorado - Instituto Federal do Paraná

Dra. Sheyse Martins De Carvalho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/12/2022.

Dedico este trabalho à minha mãe, Marisete,
exemplo de persistência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelos singelos milagres do dia a dia.

A minha mãe e meus irmãos, Marisete, Guilherme e Felipe, pela sua incondicional fé em mim e seu constante apoio.

Ao meu noivo, Vitor, pela sua constante ajuda e apoio para eu finalizar esta dissertação.

Agradeço muito à professora, orientadora Dra. Elizandra, por compartilhar o seu conhecimento e tempo, e estar sempre disposta a me ajudar, além de ter depositado confiança e apoio em todos os momentos que se fizeram necessários.

Agradeço também ao professor, coorientador Dr. Gustavo, pelo seu conhecimento compartilhado e com sua ajuda constante na montagem dos equipamentos.

Agradeço com o mais sincero apreço a todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pela contribuição na minha formação como professora de Física.

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

RESUMO

A indução eletromagnética é um dos conteúdos mais complexos da disciplina de física do ensino médio, pois envolve conceitos elétricos e magnéticos que são de difícil visualização e compreensão. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver uma sequência de ensino investigativa baseada em experimentos e simuladores para o estudo da indução eletromagnética, com o foco na aprendizagem significativa. A sequência é composta por atividades argumentativas nas quais inicialmente os alunos realizam o levantamento de hipóteses para a pergunta investigativa, testá-las no experimento ou simulador e após discussão em grupo formulam suas respostas. Para isto foram desenvolvidos experimentos no qual os alunos pudessem manipular e visualizar os conceitos envolvidos com a indução eletromagnética. Esta sequência de ensino foi aplicada ao terceiro ano do ensino médio em um total de nove alunos. Durante a aplicação das atividades pode-se verificar as dificuldades que os alunos possuem nos conteúdos básicos, principalmente relacionados ao campo magnético e à força eletromotriz, conceitos importantes para a compreensão da indução eletromagnética. Ao longo do desenvolvimento das atividades, pode-se observar que os alunos foram desenvolvendo a habilidade argumentativa, principalmente nas atividades que envolviam experimentos. A partir dos resultados nota-se uma melhora significativa na aprendizagem dos alunos ao comparar os resultados do pré e pós teste.

Palavras-chave: sequência de ensino investigativa; indução eletromagnética; argumentação; aprendizagem significativa.

ABSTRACT

Electromagnetic induction is one of the most complex contents of high school physics, because it involves electrical and magnetic concepts that are difficult to visualize and understand. In this context, the objective of this work was to develop an investigative teaching sequence based on experiments and simulators for the study of electromagnetic induction, focusing on meaningful learning. The sequence is composed of argumentative activities in which students should initially raise hypotheses for the investigative question, test them in the experiment or simulator, and after group discussion formulate their answer. For this, experiments were developed in which the students could manipulate and visualize the concepts involved with electromagnetic induction. This teaching sequence was applied to the third year of high school with a total of nine students. During the application of the activities, it was possible to verify the difficulties that the students have in the basic content, especially related to the magnetic field and electromotive force, important concepts for the understanding of electromagnetic induction. Throughout the activities, it can be observed that the students were mainly involved in the development of activities, in activities that involved experiments. From the results it can be observed a significant improvement in the students' learning when comparing the pre and post test results.

Keywords: investigative teaching sequence; electromagnetic induction; argumentation; meaningful learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem do experimento realizado por Faraday	28
Figura 2 - Espira de área A em uma região de campo magnético uniforme	29
Figura 3 - Representação do experimento realizado por Faraday em 1831	30
Figura 4- Representação semelhante do experimento realizado por Faraday ..	31
Figura 5- Fluxos do campo magnético induzido	34
Figura 6- Anel suspenso por um fio isolante	35
Figura 7- Anel Saltante	35
Figura 8- Fonte de campo magnético	36
Figura 9- Gerador acoplado a pás.	38
Figura 10- Esquema de transmissão de energia	39
Figura 11 - Esquema de um transformador	40
Figura 12 - Aparato experimental de Oersted	43
Figura 13 - Aparato experimental da espira	43
Figura 14 - Aparato experimental do experimento de Faraday	44
Figura 15 - Aparato experimental da lei de Lenz	44
Figura 16 - Tubo Anti-Gravidade	45
Figura 17 - Aparato experimental do Pêndulo	46
Figura 18 - Simulador PHET lei de Faraday	52
Figura 19 - Experimento anel de Lenz	54
Figura 20 - Sentido da corrente induzida na espira segundo o observador	55
Figura 21 - Tubo antigravidade	56
Figura 22 - Respostas questão 7 do pré-teste	62
Figura 23 - Respostas questão (d)	65
Figura 24 - Resposta questão (e), grupo 1, 2 e 3	65
Figura 25 - Montagem do experimento da espira	66
Figura 26 - Respostas das perguntas exploratória, atividade 1.2	67
Figura 27 - Representação do Experimento de Faraday	69
Figura 28 - Simulador PHET, Lei de Faraday	71
Figura 29 - Fluxo de água no copo	74
Figura 30 - Representação do fluxo do campo magnético	75
Figura 31 - Representação do fluxo do campo magnético em diferentes ângulos	75
Figura 32 - Representação do experimento Lei de Lenz	78
Figura 33 - Atividade sobre a Lei de Lenz	80
Figura 34 - Respostas dos alunos do sentido da corrente em relação ao ímã e ao observador O	81
Figura 35 - Representação do Experimento Tubo Antigravidade	82
Figura 36 - Representação das linhas de campo magnético	83
Figura 37 - Representação da questão e) do Tubo Anti-gravidade	84
Figura 38 - Representação do Experimento Pêndulo eletromagnético	85
Figura 39 - Simulador PHET – Faraday, transformador	88
Figura 40 - Simulador PHET – Faraday, gerador	90
Figura 41 - Imagem do problema 5	95
Figura 42 - Questionário de satisfação	96
Figura 43 - Imagem do problema 5	107
Figura 44 - Fluxo sobre uma área	110
Figura 45 - Ângulo formado do Fluxo sobre uma área.	111

Figura 46 - Ângulo formado do Fluxo sobre diferentes áreas.....	111
Figura 47 - Ângulo formado do Fluxo sobre uma área	112
Figura 48 – Figura exercício nº3.....	115
Figura 49- Figura questão 2.....	117
Figura 50 – Figura Questão 4.	123
Figura 51 – Figura Questão 6	124
Figura 52 – Figura Questão 8.	125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de acertos do Pré teste.....	61
Gráfico 2 - Porcentagem de acertos do questionário Resumo	93
Gráfico 3 - Porcentagem de Acertos Pós-Teste	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese das aulas	47
Quadro 2 - Perguntas da atividade 1.1	49
Quadro 3 - Perguntas da atividade 1.2	50
Quadro 4 - Perguntas da atividade 2.1	51
Quadro 5 - Perguntas da atividade 2.2	52
Quadro 6 - Perguntas da atividade 3.1	54
Quadro 7 - Perguntas da atividade 3.3	56
Quadro 8 - Perguntas da atividade 3.4	57
Quadro 9 - Perguntas da atividade 4.1 "transformador"	58
Quadro 10 - Perguntas da atividade 4.1 "Gerador"	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS E METAS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.1.1	Objetivos específicos.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	Teoria da Aprendizagem Significativa	17
3.2	Argumentação e Aprendizagem.....	18
3.3	Sequência de Ensino Investigativa.....	20
3.4	Atividades Experimentais no Ensino de Física	24
4	LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY.....	27
4.1	Aspectos Históricos sobre a Lei de Faraday	27
4.2	Lei de Faraday	28
4.2.1	Fluxo do campo magnético	29
4.2.2	Formulação da Lei de Faraday.....	30
4.3	Lei de Lenz.....	32
4.4	Campos Elétricos Induzidos	36
4.5	Aplicação da Indução Eletromagnética.....	37
4.5.1	Geradores de corrente alternada.....	37
4.5.2	Transmissão de energia elétrica.....	38
4.5.3	Transformadores	40
5	MATERIAIS E MÉTODOS	42
5.1	Desenvolvimento dos Experimentos	42
5.1.1	Experimento de Oersted.....	42
5.1.2	Experimento da espira.....	43
5.1.3	Experimento da Lei de Faraday	43
5.1.4	Experimento da Lei de Lenz.....	44
5.1.5	Tubo anti-gravidade.....	45
5.1.6	Pêndulo eletromagnético	45
5.2	Sequência de Ensino Investigativa.....	46
5.2.1	Semana 1	48
5.2.2	Semana 2	50
5.2.3	Semana 3	53
5.2.4	Semana 4	58

5.2.5	Semana 5	59
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
6.1	Semana 1	60
6.1.1	Conhecimentos prévios	60
6.1.2	Atividade 1.1 - Experimento de Oersted	63
6.1.3	Atividade 1.2 - Experimento da espira	66
6.2	Semana 2	68
6.2.1	Atividade 2.1 - Experimento da indução de Faraday	68
6.2.2	Atividade 2.2 - Lei de Faraday no simulador PHET	70
6.2.3	Equacionando a Lei de Faraday	73
6.3	Semana 3	77
6.3.1	Atividade 3.1 - Lei de Lenz	77
6.3.2	Atividade 3.2- Entendendo a Lei de Lenz	79
6.3.3	Atividade 5.3 – Tubo antigravidade	82
6.3.4	Atividade 3.4 – Experimento do pêndulo eletromagnético	85
6.3.5	Atividade 3.5 – Síntese do conceito de indução eletromagnética	87
6.4	Semana 4	87
6.4.1	Atividade 4.1 – Geração e transmissão de energia elétrica	87
6.4.2	Atividade 4.2 – Simulador PHET Faraday transformador	88
6.4.3	Atividade 4.3 - Simulador PHET Faraday, gerador	89
6.4.4	Atividade 4.4 - Sistematização do conceito de transformador e gerador	
elétrico	91	
6.5	Semana 5	92
6.5.1	Atividade resumo	92
6.5.2	Pós teste	93
6.5.3	Questionário de satisfação	96
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	APÊNDICE A: PRÉ TESTE	105
	APÊNDICE B: EQUACIONAMENTO DA LEI DE FARADAY	109
	APÊNDICE C: TAREFA 2	114
	APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO A	116
	APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO B	119
	APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO C	121
	APÊNDICE G: TRANSMISSÃO E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
	126	
	APÊNDICE H: PRODUTO EDUCACIONAL	128

1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem de Física é um assunto complexo tanto para o professor como para o aluno, pois envolve conceitos que necessitam de abstração e contextualização com o cotidiano do aluno. São necessárias metodologias atrativas, um bom conhecimento teórico por parte do professor e do aluno, uma contextualização do conceito e toda uma estrutura de ensino voltada ao processo de aprendizagem.

Dentro dos conteúdos de física, a indução eletromagnética é um dos tópicos mais complexos, pois combina o conhecimento de muitas leis e conceitos, como campos elétricos e magnéticos, força eletromotriz e corrente elétrica. Por se tratar de um assunto complicado, o eletromagnetismo traz dificuldades tanto para os alunos em compreender como também aos professores em conseguir transmitir seu conhecimento de maneira clara, simples e objetiva.

Segundo Guisasola, Zuza e Almudi (2013) o ensino e a aprendizagem de Física, principalmente o conceito da Lei de Faraday, são problemáticos. Em diferentes estudos, como Jelcic (2017), Paz (2007), Araujo e Abib (2003) que focam na compreensão das dificuldades de estudantes tanto do Ensino Médio como do Superior indicam que os conceitos envolvendo a teoria da indução eletromagnética e a Lei de Faraday são as principais dificuldades.

De acordo com estudo realizado por Jelcic (2017), ao apresentar experimentos de indução eletromagnética para os alunos que finalizaram o terceiro ano do Ensino Médio, no qual os mesmos tinham que explicar os efeitos observados, pode-se constatar que os alunos faziam apenas relação simples com a eletricidade, porém não sabiam explicar o efeito observado de forma clara, muito menos relacionar com o fenômeno de indução eletromagnética.

O eletromagnetismo envolve conceitos como campo magnético e campo elétrico que muitas vezes são abstratos para os alunos, que necessitam de uma metodologia de ensino adequada. Segundo Paz (2007, p.17):

Dentre os conteúdos de Física que apresentam um grau maior de dificuldade de aprendizagem, comparando aos demais, está o Eletromagnetismo. Os professores, na grande maioria, declaram que os estudantes expressam dificuldade na aprendizagem dos fenômenos, leis e conceitos que envolvam. Uma grande dificuldade que se coloca no ensino de Eletromagnetismo é que os alunos não conseguem visualizar os campos magnéticos.

Desta forma, nota-se que os alunos têm dificuldades na área de eletromagnetismo, muitas vezes por não conseguirem observar os fenômenos que envolvem este conteúdo. No Ensino Médio os professores têm dificuldades de lecionar esta matéria, muitas vezes por não terem o conhecimento claro da teoria, justificada na maioria dos casos pela formação do professor em outras áreas. Pode-se observar um cenário com muitas variáveis que dificultam todo o processo do ensino de física.

Neste contexto o uso de metodologias atrativas e ativas faz-se necessário para o processo de ensino do conceito de indução eletromagnética. O uso de diferentes ferramentas de ensino como o desenvolvimento de experimentos e contextualização com a realidade do aluno. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a Física deve ser apresentada para o aluno do ensino médio “como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante [...]” (BRASIL, 2002, p. 17).

A experimentação no ensino da Física ainda é uma ferramenta pouco utilizada, mas é uma das maneiras mais eficazes para despertar o interesse dos alunos. As aulas se tornam mais atrativas e fazem com que os alunos fiquem mais próximos da realidade ensinada a eles. Segundo Araújo e Abib:

(...) de modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAUJO e ABIB, 2003, p. 2).

O uso de experimentos pode ser explorado da forma tradicional, que seria a visualização e a sua exploração a partir de um roteiro composto por passos que o aluno deve seguir, ou de forma ativa, na qual os alunos a partir de perguntas devem manipular e investigar o experimento.

De acordo com Carvalho:

No ensino expositivo toda a linha de raciocínio está com o professor, o aluno só a segue e procura entendê-la, mas não é o agente do pensamento. Ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais a de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento (CARVALHO, 2013, p. 2)

Nesse sentido uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), que é composta por sequências de atividades planejadas que propicia ao aluno a partir de seus

conhecimentos prévios a construção de novos, realizar levantamento de hipóteses e discutir com seus colegas e com o professor para a formação do conhecimento científico.

Assim, uma proposta em forma de SEI para o estudo da indução eletromagnética, baseando em experimentos, simuladores, questionamentos e levantamento de hipótese, se torna importante para a compreensão deste conteúdo. É possível ensinar Física de maneira significativa utilizando estratégias investigativas?

Desta forma, esse trabalho foi desenvolvido a partir da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1999), e os estudos de Sequência de Ensino Investigativa de Belluco e Carvalho (2014), além disso, o presente estudo foi desenvolvido em três etapas, sendo: (1) construção de experimentos e definição de simuladores virtuais, ambos com caráter investigativo; (2) planejamento de uma série de atividades argumentativas envolvendo os experimentos e simuladores virtuais em forma de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI); por fim, (3) a aplicação e análise qualitativa da SEI. O conteúdo desenvolvido nestas três etapas foi a Indução Eletromagnética.

2 OBJETIVOS E METAS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa sobre o conteúdo de indução eletromagnética, composta por uma série de atividades argumentativas com o potencial de propiciar uma aprendizagem significativa.

2.1.1 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo principal, constituíram-se os seguintes objetivos específicos:

- Construção de experimentos relacionados à Indução Eletromagnética;
- Uso de simuladores educacionais;
- Desenvolvimento de uma Sequência de Ensino Investigativa com o caráter argumentativo em cada etapa;
- Aplicação e análise qualitativa da SEI.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa

Tem se estudado e discutido sobre a maneira como o conhecimento do aluno é adquirido, e como o aluno aprende. Sendo assim, este trabalho expõe a teoria da aprendizagem proposta por Ausubel, a aprendizagem significativa do aluno consiste em um processo de como uma informação se relaciona a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do sujeito. Se pensar na estrutura cognitiva do indivíduo é aquilo que já está na constituição do mesmo sendo significativo. Devendo acontecer de maneira lógica, racional e não literal (MOREIRA, 1999, p.157).

Para Ausubel a aprendizagem do indivíduo se dá a partir de duas condições, sendo elas: o conhecimento prévio e a predisposição para aprender. O Conhecimento prévio é aquilo que já temos na estrutura cognitiva, e a predisposição para aprender é o que se espera que tenha, pois, só se é aprendido quando queremos (MOREIRA, 1999).

Quando se fala destas duas condições citadas por Ausubel, se tem uma interação cognitiva, só então os saberes prévios e os novos conhecimentos adquiridos vão ganhando assim significados. Além disso, o conhecimento prévio é um ancorador que o aluno precisa possuir para que ocorra a aprendizagem com sucesso. Pode se dizer, então, que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos relevantes (subsunções) preexistentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999). Assim, estamos falando de conceitos, proposições, ideias, que já estão na estrutura cognitiva do indivíduo e de alguma forma irá servir de subsunção para que a aprendizagem significativa ocorra.

Com isso, temos a relação da estrutura cognitiva para Ausubel (1999, p.153): “estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representados de experiências do indivíduo”, ou seja, é algo em que o discente já tem na sua constituição cognitiva e não a que o professor gostaria que os alunos tivessem, cabe então ao docente julgar se o aluno aprendeu de forma significativa ou não.

Além da aprendizagem significativa, Ausubel destaca a aprendizagem mecânica ou automática. Esta aprendizagem difere da que vimos até então. A aprendizagem mecânica é quando o aprendiz memoriza ou decora algo, sendo assim, o aluno tem uma nova informação, mas não a relaciona. Portanto, não tendo uma

interação com aquilo que o aluno já tem na estrutura cognitiva, o discente não liga a conceitos específicos, se tornando algo memorizado, decorado (MOREIRA, 1999).

O professor em sala de aula, precisa ter um material potencialmente significativo para que o aluno tenha condições de relacionar com a estrutura cognitiva que tem. Nesse momento o professor tem o papel fundamental de mapear o que o aluno sabe, e assim organizar um material que seja significativo para o indivíduo. Segundo Moreira (1999) deve salientar ainda que o conhecimento mecânico não deve ser considerado algo desimportante, pois a aprendizagem mecânica pode servir de subsunções, mesmo que ainda seja pouco elaborado na estrutura cognitiva.

3.2 Argumentação e Aprendizagem

O ato de argumentar é a expressão da razão sobre algo que é pensado ou feito. Sendo assim, compreender o que é argumentado é de suma importância, tanto para formular boas razões para as afirmações proferidas como para avaliar as razões fornecidas por outros sobre as ideias e ações do indivíduo (SCARPA, 2015).

Portanto, saber argumentar e avaliar argumentos são habilidades essenciais em diferentes esferas humanas. E é por meio da prática pública da argumentação que comunidades conseguem estabelecer seus consensos necessários para uma vida em sociedade (SCARPA, 2015).

O campo do estudo da argumentação foi estabelecido a partir do momento em que uma distinção foi realizada, entre o estudo da lógica, considerada como as regras que são desincorporadas para produzir alguma inferência correta a partir de premissas, e de outro lado o estudo de como as pessoas em situações específicas partem das premissas para as conclusões. Enquanto a lógica está posicionada na academia como uma disciplina regrada que mostra o caminho das premissas às conclusões, a argumentação é uma prática humana que está situada em definições. A partir desta perspectiva, o argumento pode ser observado como sendo uma atividade individual, através do pensamento da escrita ou ainda como de uma atividade social, que possui lugar dentro de um grupo (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Sasseron e Carvalho entendem a argumentação:

[... todo e qualquer discurso em que aluno e professor apresentam suas opiniões em aula, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando resultados alcançados. Neste sentido, tomando-a em sentido tão amplo, acreditamos haver dois vieses que precisam ser igualmente considerados durante o trabalho em sala de aula: um destes vieses diz respeito à estrutura do argumento e o outro trata de sua qualidade (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Para Toulmin (2006) um argumento pode ser comparado a um organismo, onde ele possui uma estrutura bruta, anatômica e outra mais fina, dizendo assim, fisiológica. Quando ele é exposto explicitamente a fundo, um só argumento necessitaria de muitas páginas impressas ou ainda cerca de um quarto de hora para ser narrado. Podendo nesse tempo ou nesse espaço distinguir fases consideradas principais para o progresso do argumento, partindo da afirmação inicial de um problema não resolvido, até sua conclusão. Qualquer uma destas fases principais abrangerá alguns minutos ou parágrafos que sejam, representando os principais “órgãos” do argumento, podendo denominá-los assim. Ainda quando se desce o nível das sentenças individuais pode-se reconhecer uma estrutura mais fina, dentro de cada parágrafo, é nesta estrutura que os lógicos se encontram ocupados, pois nesse nível fisiológico coloca-se a ideia lógica, onde o argumento será validado, podendo então ser tão estabelecido como refutado.

Além disso, um dos tópicos claros nas entrevistas piagetianas é a importância de um problema para o início da construção do conhecimento. Quando o professor traz para a sala de aula este conhecimento, propondo um problema a ser resolvido pelos alunos, forma-se uma situação divisora de águas diante o ensino expositivo e as condições proporcionadas para que o aluno raciocine e construa seu conhecimento. No ensino expositivo as linhas de raciocínios estão inteiramente ligadas ao professor, enquanto o aluno só as acompanha e procura entendê-las, conseqüentemente não sendo o agente do pensamento. Porém, quando o professor passa ao aluno uma questão propondo um problema, o professor substitui o raciocinar para o aluno, onde sua ação não é mais a de expor e sim de orientar e encaminhar as devidas reflexões dos discentes para a construção de seus novos conhecimentos (CARVALHO, 2013).

3.3 Sequência de Ensino Investigativa

Sabe-se da importância de usar estratégias ativas de ensino, onde o educando torna-se o centro do processo, com a finalidade de criar práticas mais eficientes de ensino. Neste contexto o uso do ensino investigativo tem sido interesse de diversos estudos, conforme será relatado na sequência.

O estudo por investigação tem o objetivo de os estudantes realizarem investigações a respeito de um problema e obterem um entendimento científico. De acordo com Grandy e Duschl (2007), a investigação em sala de aula deve oferecer condições para que os estudantes resolvam problemas e busquem relações causais entre variáveis para explicar o fenômeno em observação, por meio do uso de raciocínios do tipo hipotético-dedutivo, mas deve ir além: deve possibilitar a mudança conceitual, o desenvolvimento de ideias que possam culminar em leis e teorias, bem como a construção de modelo (SASSERON, 2015).

No ensino investigativo o professor deve possibilitar ao aluno a função ativa na construção do seu conhecimento científico. O professor deve promover momentos de discussão entre os estudantes durante o processo de investigação da resolução de um problema, possuindo o papel de orientar todo o processo de investigação.

Ao se ensinar ciências por meio da investigação oferecemos aos alunos oportunidades de olharem o mundo a sua volta, com estratégias para desenvolverem planos e ações (CARVALHO, 2011).

Usando o ensino investigativo, Carvalho (2011 e 2013) e Sasseron (2011) desenvolveram a Sequência de Ensino Investigativa – SEI, que tem o objetivo de criar condições em sala de aula para que seja possível a construção do conhecimento científico pelos estudantes.

Pode-se resumir uma SEI como sendo uma:

[... sequências de atividades (aula) abrangendo um tópico escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013 p.9).

Observe que o professor deixa de ministrar uma aula expositiva, onde os alunos são o agente passivo e receptor de conteúdo, e passa a possibilitar que o

aluno busque o seu conhecimento científico fornecendo ferramentas adequadas para que isto ocorra.

Para o planejamento destas atividades deve-se considerar alguns itens importantes para que sua aplicação seja possível em sala de aula. Carvalho (2011) considera quatro pontos importantes para o desenvolvimento da SEI:

- A relevância de um problema para um início da construção do conhecimento;
- A passagem da ação manipulada para ação intelectual;
- A importância da tomada de consciência dos próprios atos para a construção do conhecimento;
- As diferentes etapas das explicações científicas.

Para Carvalho (2013) as ideias de um problema se relacionam com relatos das entrevistas piagetianas, que visa o entendimento de como o conhecimento científico é formado pela humanidade. De acordo com esses relatos é importante um problema para iniciar a construção do conhecimento científico. Ainda para Carvalho (2013) todo conhecimento é resposta a uma questão. Ao propor um problema ou uma questão, o professor possibilita que o aluno possa raciocinar e construir o seu conhecimento. O professor passa a desempenhar o papel de orientador fornecendo encaminhamentos às reflexões dos alunos na construção do novo conhecimento (SILVA, CARVALHO, 2012).

O aluno deve passar da ação manipulativa para ação intelectual, então é ele que realiza a investigação e manipulação, por exemplo, de um experimento ou simulador, ou texto, para responder uma situação problema. O professor deve propiciar um ambiente investigativo com momentos de discussão visando que aluno adquira a linguagem científica.

A tomada de consciência dos próprios atos para a construção do conhecimento nem sempre é espontânea, sendo muitas vezes necessária que o professor, através de questões, possa levar o aluno a refletir sobre suas observações e tomadas de decisões para se chegar na solução do problema.

Já nas diferentes etapas das explicações científicas é necessário que o estudante alcance a explicação do fenômeno estudado. Isto ocorre na fala dos alunos quando os mesmos passam a comentar do fenômeno como um agente ativo. Alguns alunos podem até recorrer a novas palavras de seus vocabulários para chegar na

explicação dando suporte as leis, este é o começo da conceitualização (CARVALHO, 2011).

Ainda para Carvalho (2011) outro ponto importante a ser observado está relacionado com a forma que o aluno constrói o conhecimento. Isso pode ser compreendido a partir de teorias sócio-interacionistas.

Baseada nas teorias sócio-interacionistas, Carvalho (2011) apresenta em seu estudo oito pontos a serem observados no planejamento, organização, direcionamentos das SEIs, para que haja participação e interação social, conforme segue:

- A participação ativa do estudante: o aluno é o agente ativo e constrói o seu próprio conhecimento, é a base do construtivismo;
- A importância da interação aluno-aluno: trabalhos em pequenos grupos, pois a linguagem entre alunos é semelhante o que facilita a comunicação, principalmente com os fenômenos científicos;
- O papel do professor como elaborador das questões: o professor deve conduzir o aluno a criar o seu conhecimento, elaborando questões que norteiam o raciocínio, por exemplo, “como” e “porque” obtiveram tal resultado, favorecendo a argumentação em sala de aula;
- A criação de um ambiente encorajador: o aluno deve ser incentivado e se sentir à vontade para participar das atividades. Para isto é importante o professor aceitar as ideias e respostas dos alunos, mesmo que incorretas, e verificar o porquê da resposta;
- O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula: é o uso de conceitos espontâneos, que os alunos possuem, na discussão em pequenos grupos. Estes conceitos são usados como hipóteses a serem testadas;
- O conteúdo (problema) tem que ser significativo para o aluno: a questão precisa ser motivadora e significativa para que o aluno possa construir o conhecimento a partir da resposta a uma pergunta;
- A relação Ciência, Tecnologia e Sociedade: precisa estar presente para inserir o aluno no universo das Ciências;
- A passagem da linguagem cotidiana para linguagem científica: é importante que o aluno aprenda a argumentar para que o aluno alcance a linguagem científica.

Estes pontos são levados em consideração para que a SEI não seja uma aula tradicionalmente expositiva. Assim é necessário preparar o ambiente e estruturar o material didático focando no aluno. Cada etapa deve ser planejada com o objetivo de

o estudante alcançar o raciocínio científico levando em consideração cada uma das fases de formação do seu raciocínio.

De acordo com Carvalho (2013) e Bellucco e Carvalho (2014), em uma SEI estão presentes as seguintes etapas do raciocínio científico:

- Elaboração e testes de hipóteses: baseado em conhecimentos prévios que o aluno possui e discussão entre os pares;
- Argumentação: deve aparecer em diferentes graus sem a participação do professor;
- Solução do problema, produzindo uma explicação;
- Construção do raciocínio, exposto através de “se, então, portanto”.

Para que estas etapas do raciocínio científico sejam observadas são necessárias algumas atitudes de gerenciamento de classe por parte do professor:

Distribuição do material e proposição do problema pelo professor. Resolução do problema pelos alunos em pequenos grupos, a partir de suas concepções. Sistematização coletiva dos conhecimentos elaborados nos grupos, dividida em duas etapas: (1) como ou levantamento de dados para resolução do problema e (2) porque ou construção de uma justificativa para o fenômeno e da argumentação científica, proporcionando uma explicação casual e a passagem da linguagem cotidiana para a científica. Escrever e desenhar, realçando a construção pessoal do conhecimento. (BELLUCO; CARVALHO, 2014, p. 39)

Para atingir estes importantes pontos são necessárias algumas atividades-chave, como um problema, seguido de uma sistematização e por fim uma contextualização. Para cada conteúdo deve-se utilizar esta sequência de atividades que podem ser teóricas ou experimentais.

[... a SEI inicia-se com um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso após a resolução do problema, a sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Uma terceira atividade importante que promove a contextualização do conhecimento do dia a dia do aluno, pois, nesse momento, eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. (CARVALHO, 2013 p. 9)

Dependendo da complexidade do assunto é necessária que esta sequência de atividades seja repetida o quanto for necessário para que o aluno alcance o conhecimento científico. Estas atividades podem ser bem variadas, alguns exemplos

são: problemas teóricos, problemas experimentais, demonstrações investigativas, leitura de um texto, atividades de contextualização social e atividades avaliativas.

A maioria das atividades podem iniciar com um problema que é uma pergunta ou questão que deve ser organizada, intrigante, que desperte o interesse do aluno em querer resolvê-la. Em geral usa-se perguntas simples e objetivas de fácil manejo para que os alunos possam manipular e chegar em uma solução usando material didático disponibilizado pelo professor.

De acordo com Sasseron (2015), ao trabalhar na implementação de SEI, o professor precisa garantir que tanto a atividade experimental quanto a leitura de textos, por exemplo, sejam igualmente investigativas, ou seja, tenham por trás um problema claro que precise ser resolvido.

Independente do problema, deve existir uma sequência de etapas na qual os “alunos devem levantar hipóteses, testá-las, passar da ação manipulativa para à ação intelectual estruturando o seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e professor” (CARVALHO, 2013, p. 10).

Ao final do(s) ciclo(s) de atividades é importante um processo avaliativo que deve seguir a mesma proposta da sequência de ensino, ou seja, não deve ser meramente somativo. Deve-se levar em consideração as diferentes etapas da SEI. É importante que a avaliação em algum momento seja individual para que seja possível verificar a aprendizagem de cada estudante.

Neste momento é importante o professor levar em consideração a avaliação dos conceitos, termos e notação científicas, ações e processos do conteúdo e as atitudes exibidas durante o desenvolvimento da atividade (CARVALHO, 2013).

3.4 Atividades Experimentais no Ensino de Física

Segundo Moreira (2000) a pesquisa em ensino de física surgiu com mais clareza por volta dos anos setenta, com o aprofundamento das concepções alternativas, consolidando-se nos anos 1980, por conta das investigações diversificadas espontâneas como as resoluções de problemas diversos, as representações mentais dos alunos além da formação inicial e permanente dos professores. Encontrando-se hoje mais forte do que nunca com inúmeros trabalhos, pesquisas realizadas e escritas diariamente.

Segundo Duarte (2019), quando o assunto é ensino de física, a vontade e prazer por busca de conhecimento por parte dos alunos está cada vez mais escasso,

os alunos do Ensino Médio não acham a matéria atraente, o que acaba afastando os mesmos e criando desinteresse. Para explicar isso pode-se citar o fato do excesso de exercícios ou mesmo a abundância de equações, fórmulas a serem memorizadas, e que no final não dizem nada a eles.

Duarte (2019) ainda aponta que professores de física enfrentam diariamente vários desses desafios, buscado sempre novas maneiras e estratégias para ensinar. Por conta disso, o docente se vê obrigado a desenvolver novos meios que despertem o interesse e curiosidade do aluno, geralmente expondo o inusitado para assim instigar os mesmos, e realmente fazer com que tenham vontade de aprender.

Diante das inúmeras técnicas que podem ser escolhidas para o docente na aprendizagem, Guedes (2017), ressalta que ao longo de sete anos como professor de física, percebeu que a experimentação em especial, motiva e instiga os alunos de diferentes maneiras, pois ou interagem diretamente com as vivências dos alunos, ou então criam perguntas sobre o que está acontecendo. Tornando assim as aulas mais interessantes, já que capta a atenção do discente para o que está sendo passado em sala de aula. A explicação para isso é que experimentos realizados tiram a monotonicidade e tornam o assunto abordado algo mais comum e palpável.

Ainda, Ribeiro, Almeida e Carvalho (2012) expõem em seu trabalho a importância de desenvolver novas abordagens pedagógicas na área de indução eletromagnética, visto que, as que já vem sendo abordadas não estão trazendo bons resultados em sala de aula, pois em inúmeras pesquisas realizadas na área, quando se perguntam aos alunos o que é indução eletromagnética muitos não sabem o que responder, ou apenas a associam com um ímã.

Alguns professores ainda não têm uma visão clara de que melhorar as metodologias nesta área da física são de suma importância, pois a indução eletromagnética não é compreendida por boa parte dos alunos, por conta de não conseguirem sequer imaginar.

Diante deste panorama, vários trabalhos abordando experimentos de indução eletromagnética foram publicados, como Araujo e Abib (2003), Jelcic (2017), Guedes (2017), Duarte (2019), buscando preparar os professores de física para realizarem e desenvolverem os experimentos juntamente com seus alunos, deste modo mostrando o conceito físico na prática, resultando em algo palpável para os mesmos e não apenas imaginações teóricas. Com a utilização de metodologias ativas, como o planejamento e construção de um artefato experimental, mostra-se algo que deve ser

valorizado no século XXI, já que inúmeros estudos estão apresentando sucesso nisso (SOUZA, 2018).

Pode-se citar ainda a importância para atividades experimentais, como a interação entre professor-aluno e aluno-aluno (VIACELLI, 2020), já que desenvolve uma ligação social entre os alunos, visto que muitos não conseguem se conectar entre eles, tendo dificuldades então para se comunicar.

As atividades experimentais no ensino de física estão sendo muito valorizadas como já foi exposto neste trabalho, sendo assim, Agassi (2018) fala sobre a necessidade de criar uma sequência de ensino investigativa, com várias atividades experimentais na área de indução eletromagnética para assim obter resultados satisfatórios na matéria. Além disso, proporciona uma aula mais atraente aos alunos, com participação e motivação de ambos (MACEDO, 2016).

Dessa forma, estudar a indução eletromagnética é explorar em diferentes modelos físicos Carvalho (2012), em seu estudo, aponta o modelo de Faraday e Maxwell como dois modelos da física diferentes, mas que ambos conseguem se verificar o fenômeno de indução eletromagnética.

Como exemplo pode-se citar a observação da indução eletromagnética por meio de duas bobinas que dependem da corrente elétrica (VILLALBA; FERREIRA; ARRIBAS, 2015), mas como neste experimento são desenvolvidos cálculos mais avançados para se chegar ao resultado, não é cabível essa aplicação no ensino médio.

Outros experimentos como: observação das linhas de campo magnético geradas por ímã, indução por força eletromotriz observada no experimento de Faraday, levitação eletromagnética e transformador por meio de indução (SANTOS, 2016) são experimentos de baixo custo que podem ser trabalhados no ensino médio, desenvolvendo assim o ensino e aprendizagem do aluno.

4 LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY

4.1 Aspectos Históricos sobre a Lei de Faraday

Em 1819, Hans Christian Oersted, percebeu que ao ligar uma bateria a um fio, próximo de uma bússola, a mesma tinha sua agulha imantada defletida perpendicularmente a este fio, percebendo também que ao desligar o fio havia outro movimento na agulha, assimilando então que havia uma relação entre as mudanças da corrente elétrica e o magnetismo, no entanto, mesmo com o evidente movimento da agulha, ele não conseguia determinar a direção do campo magnético, chegando a conclusão após inúmeros testes de que o efeito magnético tinha um movimento circular (MEDEIROS; SANTOS, 2017).

Nos anos seguintes este fenômeno foi explicado pelo físico Francês André Marie Ampère, responsável por estabelecer a conexão entre a intensidade do campo magnético em um ponto a uma distância d de um condutor e a corrente elétrica que nele circula, dando nome a Lei de Ampère (STORI, 2009).

No caso de um fio condutor retilíneo as linhas de campo magnético têm forma circular em torno do fio e o sentido do campo é dado pela regra da mão direita, sendo o polegar o sentido da corrente e os outros dedos curvados o sentido do campo magnético \vec{B} .

Neste contexto, alguns pesquisadores levantaram a hipótese de ocorrer também o fenômeno contrário, ou seja, o campo magnético gerar uma corrente elétrica. Michael Faraday, físico e químico, foi um dos primeiros pesquisadores a estudar o princípio da indução eletromagnética.

O primeiro contato de Faraday com a indução eletromagnética foi através do trabalho de Oersted publicado em 1820. Interessado e curioso a respeito das descobertas de Oersted, no campo da indução eletromagnética, Faraday realizou diversos experimentos na área da indução eletromagnética, conforme relata Dias e Martins (2004).

Em julho de 1831, Faraday realizou um experimento composto de dois enrolamentos denominados de A e B, sendo o enrolamento A conectado a uma bateria. Próximo ao enrolamento B foi colocado uma bússola para que fosse possível a observação de um campo magnético induzido nele. Faraday acreditava que a passagem de corrente elétrica em um dos enrolamentos poderia induzir uma corrente

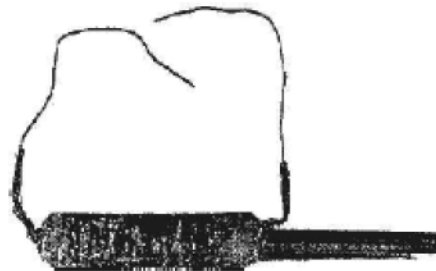
elétrica no outro enrolamento (MARTINS; DIAS, 2004). Ao conectar o enrolamento A na bateria, Faraday observou a deflexão na agulha da bússola.

Imediatamente um efeito sensível apareceu na agulha. Esta oscilou e estabeleceu-se por fim na posição inicial. Quebrando a conexão do lado A com a bateria, novamente houve uma perturbação na agulha (Faraday in Martin, 1932-1936, p. 367).

O efeito era observado somente quando o enrolamento A era imediatamente ligado e desligado da bateria. Enquanto permanecia ligado, com corrente passando em A, o efeito de deflexão na bússola não era observado.

No final de 1831, Faraday realizou o seu mais famoso experimento, composto por um cilindro de papel, oco, coberto por 8 enrolamentos de fio de cobre. As duas extremidades do fio foram conectadas a um galvanômetro por longos fios de cobre, conforme Figura 1.

Figura 1 - Imagem do experimento realizado por Faraday



Fonte: Dias e Martins (2004).

Faraday constatou que o movimento de um ímã no interior do cilindro gera uma corrente elétrica no condutor. O trabalho realizado por Faraday no final de 1831 complementou a descoberta do eletromagnetismo por Oersted, mostrando a existência de um fenômeno inverso (produção de efeitos elétricos pelo magnetismo) e fornecendo a base necessária para o desenvolvimento de uma nova área de pesquisas (MARTINS; DIAS, 2004).

4.2 Lei de Faraday

Para compreender a indução eletromagnética, ou seja, a indução de uma corrente elétrica em um circuito dada pela variação do campo magnético, é necessário inicialmente analisar a ideia de fluxo de campo magnético.

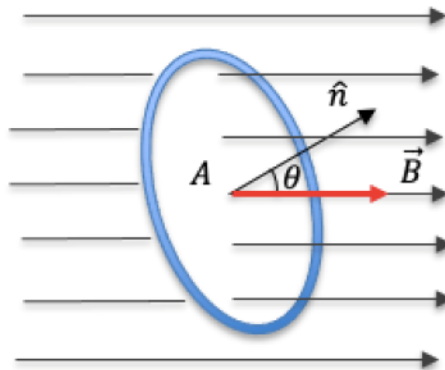
4.2.1 Fluxo do campo magnético

O conceito de fluxo de campo magnético (Φ) está relacionado com a área interna de uma espira (A), com as linhas de campo magnético (B) que atravessam esta área e com o ângulo θ formado entre o vetor normal à área, \hat{n} , e o vetor campo magnético \vec{B} (conforme Figura 2).

De forma geral, fluxo do campo magnético na área interna de uma espira será definido de acordo com a Equação 1, em que $d\vec{A}$ é o vetor de módulo dA com orientação perpendicular a área da espira, podendo ser escrito como $d\vec{A} = dA \hat{n}$.

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B \cos\theta dA \quad (1)$$

Figura 2 - Espira de área A em uma região de campo magnético uniforme



Fonte: Autoria própria (2022).

Assim, quanto maior o número de linhas de campo magnético que atravessam a área interna da espira e/ou maior a área da espira, maior será a intensidade do fluxo do campo magnético. A unidade de Φ no Sistema Internacional de unidades é tesla.metros quadrado ($T \cdot m^2$) denominado de weber (Wb).

Um caso especial, quando o campo magnético é uniforme, ou seja, não depende da posição, $\int dA$ torna-se a área total da espira A e o fluxo pode ser obtido pela Equação 2.

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos\theta \quad (2)$$

Considerando o campo uniforme perpendicular à área de espira, o ângulo θ será nulo, e o fluxo do campo magnético será: $\Phi = BA$.

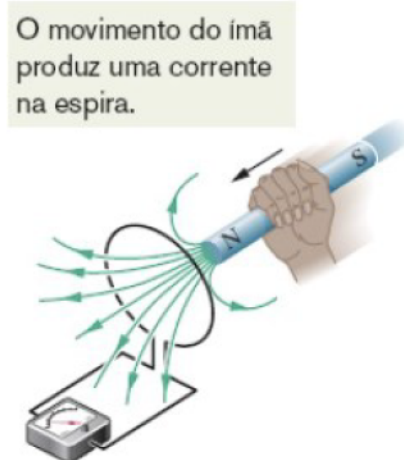
4.2.2 Formulação da Lei de Faraday

Em seus experimentos Faraday descobriu ser possível gerar uma força eletromotriz (fem) induzida variando o fluxo do campo magnético no interior de uma espira ou bobina. Esta variação ocorre quando se altera o número de linhas de campo magnético que atravessam a área da espira e não depende da intensidade do campo magnético e sim da taxa de variação do fluxo do campo magnético.

Para tal constatação pode-se usar para ilustrar duas formas experimentais baseadas nos experimentos realizados por Faraday.

O primeiro experimento é composto por uma bobina, um amperímetro e um ímã. Na Figura 3 pode-se observar uma representação do experimento realizado por Faraday em 1831.

Figura 3 - Representação do experimento realizado por Faraday em 1831



Fonte: Halliday e Resnick (2010).

Faraday constatou que uma corrente era detectada no amperímetro quando ímã era aproximado ou afastado da bobina, ou seja, quando existia um movimento relativo entre o ímã e a bobina. Quando não existia movimento relativo entre a bobina e o ímã a corrente era nula, mesmo com o ímã muito próximo da bobina. Quanto maior era a velocidade de movimento entre o ímã e a bobina maior era a intensidade da corrente que passava pela bobina. O sentido da corrente na bobina era oposto quando se aproximava ou afastava o ímã e tinha sentido influenciado pela polaridade do polo

do ímã. Esta corrente é denominada de corrente induzida (HALLIDAY; RESNICK, 2010).

A corrente induzida é devida ao trabalho realizado sobre os elétrons de condução fazendo com que se movam. Este trabalho por unidade de carga é denominado de força eletromotriz (fem ou \mathcal{E}).

Na Figura 4, pode-se observar a representação de duas espiras próximas, sendo uma delas ligada a uma fonte de alimentação e a outra a um amperímetro, semelhante ao experimento que Faraday fez em 1831 quando usou duas bobinas em volta em um núcleo de ferro doce.

Figura 4- Representação semelhante do experimento realizado por Faraday



Fonte: Halliday e Resnick (2010).

No instante em que a chave S é fechada, pode-se observar uma corrente elétrica induzida na espira da esquerda. Mantendo a chave S fechada ligada a corrente no amperímetro torna-se nula, mas no instante em que a chave é aberta novamente uma corrente induzida é detectada, porém com o sentido oposto ao fechar o circuito. Em resumo, uma corrente elétrica induzida por uma fem induzida surge quando há uma variação da corrente na espira da direita e quando a corrente se mantém constante a fem induzida será nula.

A conclusão dos dois experimentos é que uma fem é induzida em uma espira ou bobina quando há variação de alguma coisa. No primeiro experimento a variação existia ao aproximar e afastar o ímã, ou seja, variação do campo magnético na espira. Já no segundo experimento a variação ocorre na corrente elétrica da espira da direita, mas como corrente elétrica gera campo magnético, pode-se concluir que também é a variação do campo magnético, ou das linhas de campo magnético que atravessam a

área da espira. Este processo de produzir corrente e fem induzida é denominado de indução (HALLIDAY; RESNICK, 2010).

O número de linhas de campo magnético que atravessam uma espira ou bobina é denominado de fluxo de campo magnético Φ , assim o módulo da força eletromotriz \mathcal{E} induzida em uma espira condutora é escrita como sendo a taxa de variação temporal do fluxo do campo magnético no interior da espira, conforme a Equação 3.

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

Considerando um fluxo magnético variável através de uma bobina de N espiras, uma força eletromotriz é induzida em cada espira e a força eletromotriz total é a soma dessas forças eletromotrizes. Se as espiras da bobina estão muito próximas (ou seja, se temos um enrolamento compacto), o mesmo B atravessa todas as espiras, resultando no mesmo Φ e a força eletromotriz total induzida na bobina é dada pela Equação 4 (HALLIDAY; RESNICK, 2010).

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (4)$$

Na sequência, veremos que a fem induzida se opõe a variação do fluxo, sendo indicado um sinal negativo na equação da Lei de Faraday, o qual indica a polaridade da fem induzida depende do aumento ou da diminuição do fluxo do campo magnético.

A fem induzida desempenha um papel primordial na geração e transmissão de energia elétrica para uso comercial. Na estação de energia, um gerador elétrico produz uma fem através do fluxo magnético variável nas bobinas. Com o uso de transformadores esta energia elétrica é transmitida até nossas residências com diferenças de potenciais de 127 e 220 V.

4.3 Lei de Lenz

Heinrich Friedrich Emil Lenz, nasceu na cidade de Tartu, na Estônia. E pouco após Faraday descobrir a lei da indução, Lenz propôs uma regra conhecida hoje por Lei de Lenz, que determina o sentido da corrente induzida em uma espira. Ela afirma que a fem induzida possui o mesmo valor do módulo da derivada temporal do fluxo magnético com o sinal negativo, conforme equação 5.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (5)$$

O sinal negativo da Lei de Faraday indica que o sentido da fem induzida será oposta à variação que a produziu. Assim, se o fluxo do campo magnético que passa por um circuito aumenta, a fem induzida irá produzir correntes num sentido tal que irá diminuir o fluxo. Agora, se o fluxo do campo magnético que passa pelo circuito diminui, a fem induzida irá produzir correntes num sentido tal que irá aumentar o fluxo.

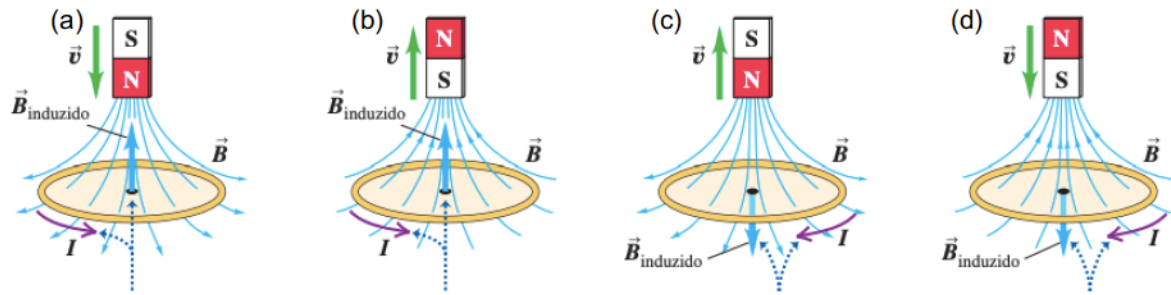
Todos estes fenômenos estão inclusos na Lei de Lenz, que pode ser enunciada como segue: No caso de uma variação em um sistema magnético, sucede algo que tende a se opor à variação (REITZ, 1982).

Por exemplo, ao aproximar um polo de um ímã numa bobina, aumentando assim o fluxo, a corrente produzida pela fem induzida produzirá um campo magnético induzido que tenderá a repelir o polo do ímã. O contrário, ao afastar o polo de um ímã numa bobina, diminuindo assim o fluxo, a corrente produzida pela fem induzida gera um campo magnético induzido que tenderá a atrair o polo do ímã.

Na Figura 5 (a), pode-se observar primeiramente um ímã com o polo norte sendo aproximado da espira. Neste caso a corrente induzida irá produzir um campo magnético induzido – com sentido dado pela regra da mão direita – que irá se opor ao aumento do fluxo, gerando assim um campo magnético com a mesma polaridade do ímã, fazendo com que o ímã seja repelido. Ao aproximar o polo magnético sul (Figura 5 (d)), é observado o mesmo efeito de repulsão, gerando um campo induzido com polaridade sul na parte superior da espira. Já quando o ímã é afastado da espira (Figura 5 (b) e (c)), observa-se que o campo magnético produzido pela corrente induzida tende a atrair o ímã, gerando assim um campo oposto na espira, fazendo com que o ímã seja atraído pela espira.

Assim, se for realizado um movimento de aproximação e afastamento do ímã em relação a espira, é gerada nela uma corrente alternada, ou seja, o sentido da corrente é invertido a cada movimento relativo entre o ímã e a espira.

Figura 5- Fluxos do campo magnético induzido



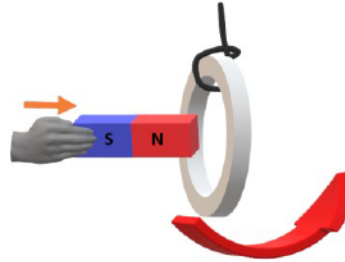
Fonte: Young e Freedman (2015).

Em resumo, quando o fluxo do campo magnético aumenta em função do tempo a fem induzida terá polaridade que irá produzir uma corrente induzida e esta um campo magnético induzido com o sentido oposto ao campo de origem (Figura 5 (a) e (d)). Se o fluxo magnético diminui com o tempo o campo magnético induzido será o mesmo do campo magnético de origem (Figura 5 (b) e (c)).

O conceito da Lei de Lenz está relacionado ao princípio da conservação da energia. Analisando o caso (a) da Figura 5, o polo norte está se aproximando da espira, se a corrente induzida fosse no sentido horário, favorecendo a variação do fluxo magnético que a produziu, o campo magnético do ímã seria atraído no sentido da espira. Neste caso, se o ímã fosse solto, o mesmo seria acelerado e a variação do fluxo magnético induziria uma corrente cada vez maior, conseqüentemente um campo magnético induzido aumentando, provocando uma força de atração do ímã no sentido da espira cada vez maior, fazendo com que a energia cinética aumentasse indefinidamente o que contraria o princípio da conservação da energia.

A Figura 6 ilustra uma situação em que o ímã é aproximado de um anel condutor suspenso por um fio isolante. O anel se afasta do ímã indicando oposição ao aumento do fluxo magnético. A corrente induzida terá sentido que irá produzir um campo magnético com o polo norte na face esquerda do anel, provocando uma força magnética de repulsão entre ambos. Caso o ímã seja afastado do anel, com o fluxo magnético diminuindo, uma corrente induzida circulará de tal forma que produza um campo magnético com o polo sul do lado esquerdo da bobina, fazendo com que a força magnética seja atrativa entre anel e o ímã.

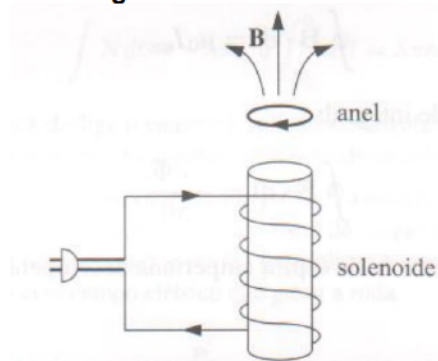
Figura 6- Anel suspenso por um fio isolante



Fonte: Autoria própria (2022).

Este efeito pode ser observado também no experimento do anel saltante de Thomson (SILVEIRA, 2003). Esse experimento é composto por uma bobina solenoide em torno de um núcleo de ferro (o ferro serve para potencializar o campo magnético) e um anel condutor solto em cima do solenoide. Ao ligar o solenoide a uma diferença de potencial alternada o anel irá saltar e uma altura de vários centímetros, conforme pode ser observado na Figura 7. Por que isto acontece?

Figura 7- Anel Saltante



Fonte: Griffiths (2011).

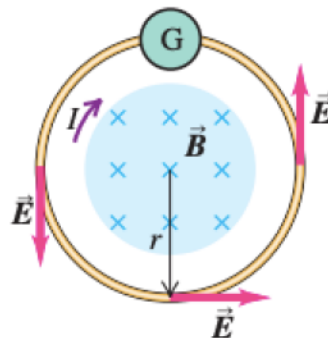
A resposta está na Lei de Faraday e Lei de Lenz. Antes de aplicar uma corrente no solenoide, o fluxo através do anel era nulo. Ao aplicar uma corrente alternada ligando o solenoide na tomada, surge um fluxo magnético variável (para cima) no anel gerando uma fem induzida no anel responsável pela corrente induzida no anel, que de acordo com a Lei de Lenz, terá um sentido tal que o seu campo magnético tende a cancelar esse novo fluxo. O que significa que a corrente no anel é oposta à corrente no solenoide. Como os polos do campo magnético do solenoide (para cima) e o campo magnético induzido no anel (para baixo) a força magnética será repulsiva (GRIFFITHS, 2011).

4.4 Campos Elétricos Induzidos

Na Figura 8, pode-se observar uma fonte de campo magnético, que poderia ser proveniente de um solenoide, por exemplo, e em volta uma espira condutora ligada a um galvanômetro, em repouso. Se o fluxo magnético for variável no tempo, uma corrente elétrica será induzida na espira de acordo com a Lei de Faraday.

Mas qual seria a força que atua sobre as cargas, obrigando-as a se mover ao longo da espira? Não pode ser uma força magnética porque a espira não está em movimento, pode-se concluir que se trata de um campo elétrico induzido no condutor produzido pela variação do fluxo magnético. Os campos elétricos induzidos são muito diferentes dos campos elétricos causados por cargas. Observe que o trabalho realizado pelo campo elétrico sobre a carga q em uma volta completa será o produto de q por \mathcal{E} induzida, ou seja, o campo elétrico não é conservativo (YOUNG e FREEDMAN, 2015).

Figura 8- Fonte de campo magnético



Fonte: Young e Freedman (2015).

Assim a integral de linha, que representa o trabalho realizado pelo campo elétrico induzido por unidade de carga, não é nulo, e fornece a fem induzida dada pela Equação 6.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \mathcal{E} \quad (6)$$

De acordo com a lei de Faraday, a fem induzida é dada pela variação do fluxo magnético, com o sinal negativo, através de uma espira. Ou seja, um campo magnético que varia induz um campo elétrico. Assim, pode-se escrever a Lei de Faraday de acordo com a Equação 7.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (7)$$

Note que a Lei de Faraday é sempre verdadeira na forma $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$; a forma indicada na Equação 7 vale somente quando o percurso usado na integração permanecer estático (YOUNG e FREEDMAN, 2015).

Então o que a descoberta de Faraday diz é que existem dois tipos distintos de campos elétricos: os que são diretamente associados às cargas elétricas e os que estão relacionados a variação nos campos magnéticos (GRIFFITHS, 2011).

4.5 Aplicação da Indução Eletromagnética

O efeito de indução eletromagnética possui inúmeras aplicações práticas das quais pode-se destacar duas principais: geradores de corrente alternada e transformadores. Essa descoberta tornou-se possível a produção de energia em grande escala.

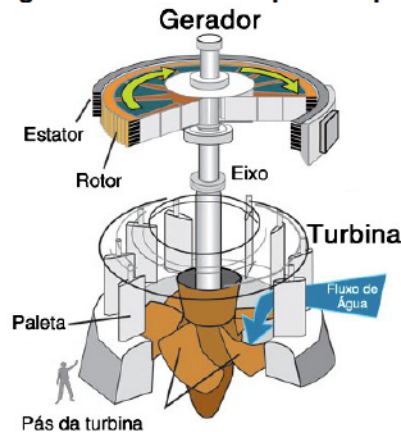
4.5.1 Geradores de corrente alternada

Um gerador de energia converte uma forma de energia em outra diferente. A igualdade entre a taxa de fornecimento de energia mecânica ao gerador e a taxa de dissipação da energia elétrica vale para todos os tipos de gerador, incluindo o alternador e o dínamo.

Na maioria das usinas de energia, o princípio de funcionamento é praticamente o mesmo, a produção de energia elétrica é devida ao princípio da indução eletromagnética. Para geração da corrente elétrica induzida é necessário a variação do fluxo magnético em uma bobina. O movimento rotacional de uma bobina envolta por poderosos ímãs faz com que o fluxo de campo magnético varie com o tempo, com isso, uma grande corrente elétrica fluirá na bobina.

No caso de uma usina hidroelétrica, o movimento rotacional ocorre pela pressão da água nas pás em uma turbina acoplada a um gerador, conforme esquema apresentado na Figura 9. Ou seja, a energia potencial gravitacional d'água é convertida em energia cinética que promove a rotação do eixo da turbina. No gerador, o rotor ligado ao eixo da turbina gira provocando a variação do fluxo magnético gerando assim uma corrente induzida, convertendo a energia mecânica em energia elétrica.

Figura 9- Gerador acoplado a pás.



Fonte: STROSKI (2017).

Nas usinas térmicas (termoelétricas), a rotação do eixo é provocada pelo vapor d'água proveniente de uma caldeira aquecida. O calor é produzido pela queima de óleo ou carvão, assim nessas usinas ocorre a transformação de energia térmica em elétrica. O mesmo princípio ocorre nas usinas nucleares, mas neste caso o calor responsável pelo vapor da água é obtido por meio de reações nucleares que ocorrem em um reator nuclear (ALVARENGA; MÁXIMO, 2018).

Independentemente do tipo de usina de energia, ela é projetada para gerar uma corrente alternada, pois assim é possível reduzir perdas de energia, devido ao efeito Joule, no processo de transmissão da energia elétrica da usina até o seu ponto de utilização.

4.5.2 Transmissão de energia elétrica

A taxa de energia dissipada por efeito Joule nos cabos de transmissão de energia será $P_{fio} = Ri^2$, em que R é a resistência do cabo e i a corrente no fio. Então, para diminuir a perda de energia é necessário diminuir os valores da resistência e/ou a corrente elétrica. O valor da resistência pode ser reduzido aumentando a área A da seção transversal do fio ($R = \rho L/A$), utilizando cabos de diâmetros maiores. Mas existe um limite para o tamanho dos cabos, pois além do custo elevado do material, a rede elétrica pode ficar extremamente pesada. Neste sentido, a redução da corrente elétrica se torna mais adequada.

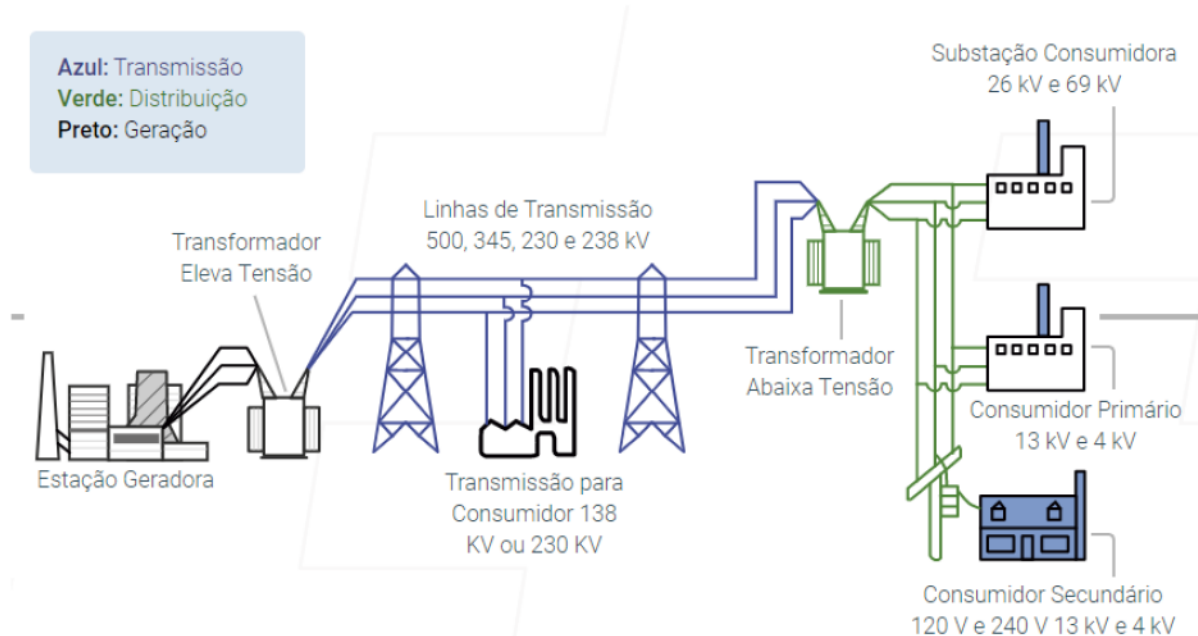
Como a potência de saída do gerador é $P_{gerador} = iV$, para reduzir o valor da corrente de saída no gerador é necessário aumentar a diferença de potencial V para manter a potência constante. Assim, o ideal na transmissão de energia elétrica é baixa corrente e alta voltagem. Claro que o aumento da voltagem ocorre dentro de um limite,

pois acima de determinados valores, o ar em volta de um fio torna-se condutor acarretando perdas de energia (ALVARENGA; MÁXIMO, 2018).

Para reduzir a corrente e aumentar a diferença de potencial, mantendo o produto iV constante, é necessário uso de um transformador. O mesmo só funciona com corrente alternada, por isto da necessidade do gerador produzir corrente alternada.

Na Figura 10, pode-se observar um esquema da transmissão de energia elétrica desde sua geração até a unidade consumidora.

Figura 10- Esquema de transmissão de energia



Fonte: Energes (2021).

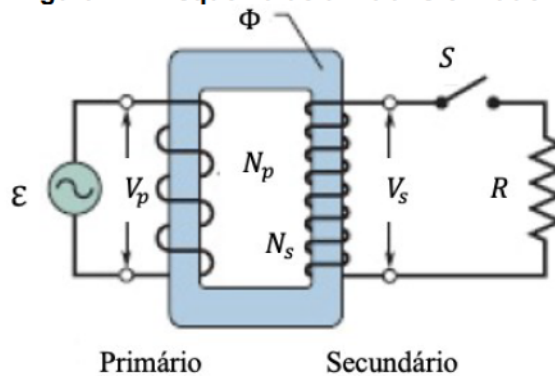
A diferença de potencial na saída do gerador é em torno de 10 a 20 kV , que é elevada com o uso de um transformador para valores que variam entre 138 a 765 kV , reduzindo assim a corrente elétrica minimizando as perdas de energia pelo aquecimento dos fios. A energia elétrica é conduzida por altos potenciais por longos percursos até a chegada nas subestações onde tem seu valor reduzido por transformadores em torno de 13,8 kV . Nas proximidades do seu uso é reduzida novamente por transformadores, no caso de consumidores secundários para valores de 127 e 220 V (ENERGES, 2021).

4.5.3 Transformadores

O princípio de funcionamento de um transformador é baseado no fenômeno de indução eletromagnética, dado pela Lei de Faraday. O transformador ideal é constituído por duas bobinas, independentes, com diferente número de espiras que são enroladas (de forma isolada) em torno do núcleo de ferro, conforme pode ser observado na Figura 11. As resistências das bobinas são consideradas desprezível. O enrolamento primário, com N_p espiras, é ligado a fonte ou gerador, a qual recebe a corrente alternada a ser transformada, com fem dada pela Equação 8, no qual \mathcal{E}_m é a amplitude da fem e ω a frequência angular de oscilação da fem. O segundo enrolamento, com N_s espiras, fornece a corrente transformada.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \text{sen}(\omega t) \quad (8)$$

Figura 11 - Esquema de um transformador



Fonte: Halliday e Resnick (2010).

A corrente que chega na bobina primária é alternada, o que gera um fluxo magnético alternado no núcleo do transformador. A função do núcleo de ferro é reforçar o fluxo e transferi-lo praticamente sem perdas para o enrolamento secundário. A variação do fluxo magnético gera uma corrente induzida também alternada na bobina secundária. Assim, como o fluxo magnético varia no tempo, induz um fem $\mathcal{E}_{\text{espira}} = \left(\frac{d\Phi}{dt}\right)$ em cada espira dos enrolamentos primário e do secundário. No primário, a tensão V_p será o produto da fem pelo número de espiras do primário: $V_p = \mathcal{E}_{\text{espira}} N_p$. Da mesma forma, no secundário a tensão V_s será $V_s = \mathcal{E}_{\text{espira}} N_s$ (HALLIDAY; RESNICK, 2010).

Assim pode-se escrever a relação entre número de espiras e tensão de entrada e saída de acordo com a Equação 9. Ou seja, o aumento ou a diminuição da

tensão induzida, depende da relação entre o número de espiras nos dois enrolamentos.

$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \quad (9)$$

Assim, se o número de espiras no secundário for maior que no primário o transformador irá elevar a tensão (transformador elevador de tensão) e sendo ao contrário, ele irá abaixar a tensão (transformador abaixador de tensão).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho pode ser dividido em três etapas, sendo: (1) construção de experimentos e definição de simuladores virtuais, ambos com caráter investigativo; (2) planejamento de uma série de atividades argumentativas envolvendo os experimentos e simuladores virtuais em forma de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI); por fim, (3) a aplicação e análise qualitativa da SEI. O conteúdo desenvolvido nestas três etapas foi a Indução Eletromagnética.

A etapa (1) que abrange a construção dos experimentos de acrílico não foi desenvolvida pelas autoras, e sim por um aluno da UTFPR, do curso de Engenharia Elétrica, a definição dos demais experimentos e simuladores foi desenvolvido na sequência, com o objetivo de escolha de ser lúdico e ter relação com os experimentos escolhidos até então. Já a etapa (2) foi realizada várias semanas antes da aplicação do projeto em sala de aula, pois as autoras elaboravam as atividades, e analisavam a coerência com cunho investigativo e as perguntas que continham nas atividades. Para finalizar a etapa (3), foi feita na escola onde a autora trabalhava. Na sequência será descrita cada uma das etapas desse trabalho.

5.1 Desenvolvimento dos Experimentos

5.1.1 Experimento de Oersted

O experimento de Oersted consiste na identificação do campo magnético gerado por um fio condutor em que passa uma corrente elétrica. Na Figura 12 pode-se observar o aparato experimental constituído de um suporte de acrílico com o fio de cobre fixo com dois bornes. Para este experimento são utilizados uma fonte de corrente contínua e cabos para conectar a fonte ao fio condutor e uma bússola para leitura do campo magnético.

Figura 12 - Aparato experimental de Oersted



Fonte: Autoria própria (2022).

5.1.2 Experimento da espira

Para a montagem das bobinas utilizou-se uma base de acrílico e as bobinas de fio de cobre que foram fixadas sobre esta base, conforme pode ser observado na Figura 13. Conectada em cada extremidade da bobina foi fixado um pino conector. O experimento é composto por uma fonte de tensão contínua, cabos conectores e uma bússola para observar o campo magnético em volta da bobina.

Figura 13 - Aparato experimental da espira



Fonte: Autoria própria (2022).

5.1.3 Experimento da Lei de Faraday

Para este experimento foi desenvolvida uma bobina contendo aproximadamente 4000 voltas sobre um suporte de artículo, conforme Figura 14. Para a geração da corrente elétrica induzida foi utilizado um conjunto de ímãs de neodímio.

E na detecção da corrente elétrica induzida utilizou-se um multímetro na função amperímetro e cabos conectores.

Figura 14 - Aparato experimental do experimento de Faraday



Fonte: Autoria própria (2022).

5.1.4 Experimento da Lei de Lenz

Este experimento é composto por 3 anéis diferentes: um de alumínio, um de alumínio cortado e um de PVC, linha de costura e um ímã. Os anéis devem ficar suspenso por um suporte para que a aproximação e afastamento de um ímã seja possível, conforme Figura 15. O objetivo desse experimento é demonstrar que há uma força eletromotriz contrária ao movimento que se faz com ímã em um circuito fechado.

Figura 15 - Aparato experimental da lei de Lenz



Fonte: Autoria própria (2022).

5.1.5 Tubo anti-gravidade

Essa atividade consiste em dois tubos, um de alumínio e um de PVC, dois parafusos idênticos e dois ímãs idênticos. Primeiramente testa-se os dois parafusos nos dois tubos, ou seja, joga-se dentro do cano o parafuso em movimento de queda livre, depois testa-se os dois ímãs do mesmo modo. Na Figura de 16 é possível observar um conjunto de ímãs de neodímio em queda no interior de um tubo de alumínio.

Figura 16 - Tubo Anti-Gravidade



Fonte: A autoria própria (2022).

5.1.6 Pêndulo eletromagnético

Esse aparato experimental foi desenvolvido de acrílico em uma impressora 3D na UTFPR, o aparato consiste em um suporte como um pêndulo simples, e na ponta deste pêndulo tem um ímã, abaixo do mesmo, uma bobina conectada em dois LEDs ligados em um circuito em série (Figura 17). O objetivo dessa atividade é demonstrar que ao oscilar o pêndulo provoca o acendimento dos LEDs.

Figura 17 - Aparato experimental do Pêndulo



Fonte: A autoria própria (2022).

5.2 Sequência de Ensino Investigativa

Agora será apresentada uma sequência de atividades que compõe a Sequência de Ensino Investigativa para o estudo da indução eletromagnética. Cada uma das atividades foi desenvolvida contemplando as seguintes etapas do conhecimento científico: elaboração e testes de hipóteses; argumentação; solução do problema; explicação; construção do raciocínio, exposto através de “se, então, portanto”. As autoras encontravam-se semanalmente para elaboração e construção destas perguntas, para analisar a coerência das mesmas, e se elas encaixavam na proposta da SEI. A ideia foi possibilitar que o aluno manipulasse os experimentos e a partir disto respondesse questões objetivas sobre os conceitos envolvidos nos experimentos e simuladores.

Basicamente em cada atividade foram realizadas questões nas quais os alunos são instigados a responder a partir de um experimento, simulador, problemas ou leitura de um texto. Primeiramente são perguntas investigativas seguidas por perguntas exploratórias, as quais tem o objetivo de nortear o aluno a realizar a investigação.

No Quadro 1 pode ser observado a síntese das aulas e o tempo médio para cada atividade proposta, no caso o tempo total foi de 10 aulas. Na sequência será apresentada a descrição de cada uma das atividades.

Quadro 1 - Síntese das aulas

Conteúdo	Atividades	Tempo	Semana
Avaliação dos conhecimentos prévios	Pré Teste – Questionário	110 min	1
Resgate dos conceitos relacionados ao campo magnético produzido por uma corrente elétrica	Atividade 1.1 – Experimento de Oersted Atividade 1.2 - Experimento da espira Tarefa 1		
Compreendendo a Lei de Faraday	Atividade 2.1- Experimento da Indução de Faraday	110 min	2
	Atividade 2.2- Simulador PHET sobre a Lei de Faraday, aba “Solenóide”		
	Atividade 2.3- Equacionando a Lei de Faraday Tarefa 2		
Compreendendo a Lei de Lenz	Atividade 3.1 – Demonstração da Lei de Lenz- Experimento anel	80 min	3
	Atividade 3.2 – Entendendo a Lei de Lenz		
	Atividade 3.3- Tubo Antigravidade		
	Atividade 3.4 – Pêndulo eletromagnético para demonstração da Lei de Faraday		
Sistematização dos conceitos da indução eletromagnética	Atividade 3.5 - Questionário A Tarefa 3	30 min	
Exploração do conceito da indução eletromagnética em transformadores e geradores	Atividade 4.1 – Texto: Geração e transmissão	110 min	4
	Atividade 4.2 - Transformadores		
	Atividade 4.3 - Geradores		
	Atividade 4.4 - Questionário B		
Avaliação qualitativa dos conhecimentos adquiridos	Atividade 5.1 - Questionário Resumo	110 min	5
	Atividade 5.2 - Pós teste		
	Atividade 5.3 - Questionário de Satisfação		
Tempo total		10 aulas	

Fonte: Autoria própria (2022).

Usaram-se experimentos demonstrativos de acrílico, que foram construídos por um acadêmico de Engenharia Elétrica e simulações computacionais do programa PHET para a observação dos conceitos relacionados ao conteúdo de Indução Eletromagnética. Os dois primeiros experimentos têm o objetivo de revisão de conceitos de campo magnético e força magnética, os demais experimentos exploram a Lei de Faraday e Lei de Lenz.

Esses experimentos foram usados em uma SEI com base no artigo de Belluco e Carvalho (2014), ou seja, a SEI tem as seguintes etapas do conhecimento científico: elaboração e testes de hipóteses, argumentação, solução do problema, produzindo

uma explicação, construção do raciocínio, exposto através de “se, então, portanto”. A ideia foi possibilitar que o aluno manipule os experimentos e a partir disto respondesse questões objetivas sobre os conceitos envolvidos nos experimentos (BELLUCO, CARVALHO 2014).

Cada professor pode mudar o número de aulas aplicadas, como também a quantidade de atividades da SEI e o tempo de duração, tudo depende da turma que o docente está trabalhando, principalmente o tamanho da turma e quantidade de grupos formados.

A SEI, foi desenvolvida no terceiro ano do Ensino Médio, para uma turma de 9 alunos do colégio São João La Salle, localizado em Matelândia-PR, onde a autora já lecionava a dois anos. Como estávamos em época de pandemia, boa parte do conteúdo de eletricidade e magnetismo foi visto de forma semi-presencial, por tanto, antes da aplicação da Sequência de Ensino Investigativa, os alunos já tinham uma bagagem dos conceitos de eletricidade, contudo as atividades de cunho investigativo, os discentes não haviam trabalhado ainda.

A descrição das atividades será apresentada por semana, onde cada semana é composta por duas aulas geminadas, totalizando 110 minutos para cada semana, em 5 semanas.

A professora em cada atividade, anotava as respostas dos grupos que debatiam verbalmente em uma folha, além das respostas das atividades que os alunos escreviam para verificar o que os mesmos estavam entendendo de cada pergunta da SEI.

5.2.1 Semana 1

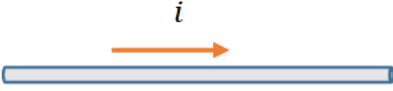
Primeiramente os alunos devem responder o Questionário 1 (Apêndice A), de forma individual, para a avaliação dos conhecimentos prévios. Desta forma, a autora conseguiu levantar preposições e analisar quais conceitos físicos os alunos lembravam sobre eletricidade e magnetismo, além disso serviu como um norte para verificar quais conceitos deveriam ser explicados novamente aos alunos ao iniciar-se a atividade da SEI. Após o pré-teste inicia-se a sequência de atividades para o estudo da indução eletromagnética.

Inicia-se a aplicação de duas atividades experimentais com o objetivo de rever alguns conceitos relacionados com a origem do campo magnético gerado por uma corrente elétrica. A Atividade 1.1 consiste no experimento de Oersted (Figura 12), no

qual o aparato é apresentado aos alunos e eles devem realizar a investigação para responder as perguntas do Quadro 2. Esta atividade proporciona a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, na qual os conhecimentos prévios são usados como hipóteses a serem exploradas durante o manuseio do experimento. Assim, os estudantes podem fazer uso de seus conhecimentos sobre o campo magnético gerado por uma corrente elétrica e sobre como é a sua orientação do campo em um fio retilíneo com corrente elétrica para fornecer suporte as suas explicações.

A partir do levantamento de hipóteses os alunos devem manipular a bússola para observar a orientação do campo magnético em volta do fio, iniciando assim o processo de argumentação. Respondida as perguntas os grupos devem expor suas respostas para os demais grupos, denominado momento de discussão. Os alunos devem responder “como” chegaram à solução em cada questão e “o porquê” do fenômeno relatado.

Quadro 2 - Perguntas da atividade 1.1

<p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) O que pode ser observado na agulha da bússola quando a aproximamos de um fio que passa corrente elétrica?</p>
<p>Perguntas exploratórias:</p> <p>b) Por que a agulha sofre uma deflexão ao aproximá-la do fio que passa corrente elétrica?</p> <p>c) Quando se inverte o sentido da corrente elétrica, no experimento, o que pode ser observado na orientação da agulha da bússola? Por quê?</p> <p>d) Qual a relação que existe entre a intensidade da corrente e o campo magnético. Explique.</p> <p>e) Na figura abaixo faça a representação das linhas de campo magnético em volta do fio com corrente elétrica.</p> <div style="text-align: center;">  <p>O diagrama mostra um fio retilíneo horizontal representado por uma barra azul com bordas arredondadas. Acima do fio, no centro, há uma seta laranja apontando para a direita, com o símbolo matemático i logo acima dela, indicando a direção da corrente elétrica.</p> </div>
<p>Momento discussão</p> <p>Sugere-se que os alunos debatam entre eles, sobre as respostas, argumentem e tentem chegar em um conceito científico correto sobre o fenômeno observado.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Atividade 1.2 são novamente explorados a origem do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em uma espira retangular (Figura 13). O objetivo é rever a orientação do campo magnético gerado em volta do fio ou mais fios, como o caso de uma bobina. Para isto os alunos devem realizar a investigação ligando a

bobina à fonte, sob orientação do professor, e com a bússola realizar a investigação para responder às questões do Quadro 3.

Após as discussões e formulação das respostas, os alunos são orientados a responder novamente às questões, como tarefa (Tarefa 1), corrigindo suas respostas a partir das concepções corretas que adquiriram durante a discussão.

Quadro 3 - Perguntas da atividade 1.2

<p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) Como é a orientação do campo magnético no centro de uma bobina que circula corrente elétrica? Explique e ilustre.</p>
<p>Perguntas exploratórias:</p> <p>b) Qual a forma do campo magnético em volta da bobina? Explique.</p> <p>c) Se inverter o sentido da corrente elétrica, o que pode ser observado com a orientação do campo magnético no centro da bobina?</p> <p>d) Use a regra da mão direita para verificar se o sentido que a bússola aponta para o campo magnético é correto. Explique.</p>
<p>Momento discussão</p> <p>Sugere-se que o professor fique atento as etapas do raciocínio dos alunos, e sempre que necessário interfira do “como” chegaram na resposta.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

5.2.2 Semana 2

As atividades que compõe esta etapa estão relacionadas ao conceito da indução eletromagnética. A partir da Atividade 2.1, que consiste no experimento da indução de Faraday, o aluno deve compreender a relação entre a força eletromotriz induzida em uma espira condutora e a taxa de variação do fluxo magnético através da espira. Para isto, cada grupo recebe um kit composto por uma bobina, ímã e amperímetro, conforme ilustra a (Figura 14). Na sequência os alunos devem fazer o levantamento de hipóteses para a pergunta investigativa (Quadro 4) e testá-las manipulando o experimento. Na sequência são usadas perguntas exploratórias para que os alunos possam verificar melhor as situações em que a corrente elétrica induzida é observada.

Em seguida os grupos devem apresentar suas respostas explicando “como” e “o porquê” dos fenômenos observados. É provável que os alunos cheguem ao conceito de que a variação do campo magnético na espira é o responsável para a geração da corrente elétrica induzida. No entanto, ainda faltam explorar alguns

conceitos relacionados ao fluxo do campo magnético. Para isto é utilizada a próxima atividade.

Quadro 4 - Perguntas da atividade 2.1

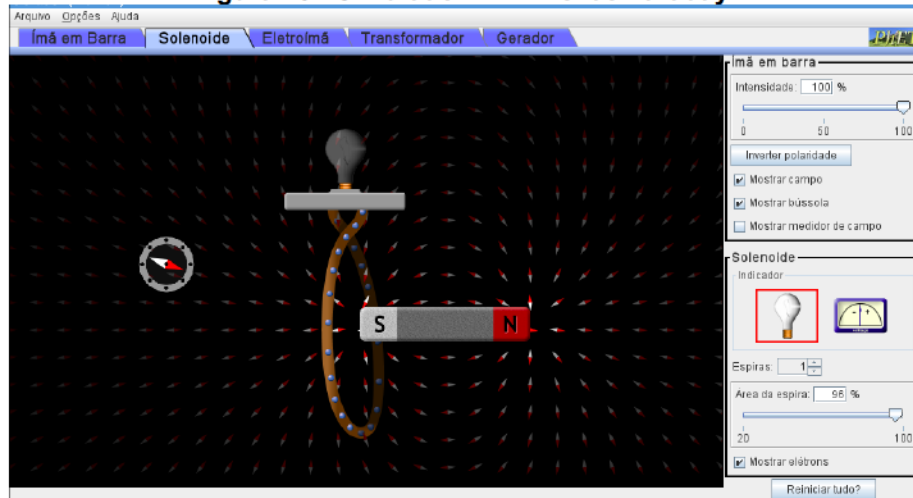
<p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) Como é possível gerar uma corrente elétrica na bobina apenas com o ímã?</p>
<p>Perguntas exploratórias:</p> <p>b) O que ocorre ao movimentar o ímã em relação à bobina?</p> <p>c) O que pode ser observado ao deixar o ímã parado próximo à bobina?</p> <p>d) O que pode ser observado ao mudar a velocidade de movimento do ímã em relação à bobina?</p> <p>e) Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Sul, o que acontece com o sentido da corrente elétrica?</p> <p>f) Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Norte, o que acontece com o sentido da corrente elétrica?</p> <p>g) O que ocorre se mover o ímã para cima e para baixo em relação à bobina?</p> <p>h) O que ocorre se deixar o ímã parado e mover a bobina em relação ao ímã?</p>
<p>Momento discussão</p> <p>Propõe-se que o professor após as discussões e levantamento de hipóteses dos alunos, inicia-se o “porque” tal fenômeno ocorreu, isso contribui no surgimento de características argumentativas como explicação, justificativa, raciocínio lógico.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Atividade 2.2 é utilizado o simulador PHET sobre a Lei de Faraday selecionando a aba “Solenóide” (Figura 18) o qual tem o objetivo de sistematizar o conceito relacionado com a variação do fluxo do campo magnético com a força eletromotriz induzida. Este simulador permite simular o mesmo efeito observado no experimento anterior, porém, possibilita variar o número de espiras, a área das espiras e com isto explorar a relação do fluxo do campo magnético com a corrente induzida.

O simulador permite ainda, que o aluno visualize as linhas de campo magnético que atravessam a área da espira e observe a variação da intensidade da lâmpada relacionada com a intensidade da corrente gerada pela variação do fluxo do campo magnético na espira. A partir do simulador, os alunos devem investigar e responder às perguntas do Quadro 5.

Figura 18 - Simulador PHET lei de Faraday¹



Fonte: PHET (2022).

Quadro 5 - Perguntas da atividade 2.2

Pergunta investigativa:

- a) O que pode ser feito para acender a lâmpada?

Perguntas exploratórias:

- b) E o que pode ser feito para a lâmpada brilhar mais?
 c) Como a velocidade do ímã afeta o brilho da lâmpada?
 d) Como o número de voltas da bobina afeta o brilho da lâmpada?
 e) Como a área da bobina afeta o brilho da lâmpada?

Solicitou-se que os alunos trocassem a lâmpada pelo medidor de tensão.

- f) Ao aproximar o polo sul da bobina qual será a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo sul da bobina?
 g) Ao aproximar o polo norte da bobina, qual a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo norte da bobina?
 h) O que de fato está gerando uma tensão que é detectada pelo medidor de tensão?

Momento discussão

Sugere-se que os alunos levantem hipóteses e testem ao manipular o experimento, situação em que se inicia o processo de argumentação.

Fonte: Autoria própria (2022).

Observe que os alunos tiveram a oportunidade de explorar o conceito de indução eletromagnética de duas formas diferentes. Este procedimento é importante,

¹ Link de acesso ao simulador PHET, altere a sessão superior para a aba "solenoide" disponível em:
https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale=pt_BR

pois permite a sistematização do conhecimento a respeito do conteúdo de indução eletromagnética.

Durante a realização da atividade e do momento da discussão em grupo é esperado o aparecimento de parte das características campo-dependentes da argumentação científica, como: levantamento e teste de hipóteses, abdução, seriação, classificação e organização de informação e raciocínio lógico e proporcional.

A Atividade 2.3 consiste no equacionamento da Lei de Faraday construída a partir de questionamentos contextualizados realizado pelo professor. As respostas aos questionamentos foram obtidas a partir da manipulação do experimento e do simulador de indução eletromagnética. Em vários momentos são usados exemplos contextualizados para melhor compreensão e equacionamento do fluxo campo magnético, da variação do fluxo do campo magnético e sua relação com a força eletromotriz induzida. Uma descrição completa desta atividade está disponível no Apêndice B.

Ao finalizar a aula os alunos recebem a Tarefa 2 (Apêndice C) que consiste em uma lista de exercícios sobre fluxo do campo magnético e cálculo da fem induzida.

É importante neste processo de matematização dos fenômenos, ficar atento às ideias intuitivas usadas pelos alunos, que costumam misturar os conceitos de campo magnético com fluxo magnético.

5.2.3 Semana 3

Nesta semana será apresentada uma série de atividades para a compreensão da Lei de Lenz, que consiste em determinar o sentido da corrente induzida em uma espira.

A Atividade 3.1 consiste em um experimento para verificar o sentido da corrente induzida em um anel, conforme a variação do fluxo magnético através de uma espira condutora. A corrente induzida na espira cria um campo magnético que se opõe à variação. É disponibilizado aos alunos três anéis suspensos por um fio isolante, sendo dois de alumínio (um deles com corte), conforme Figura 15 e 19, um anel de PVC e um ímã.

Figura 19 - Experimento anel de Lenz



Fonte: Autoria Própria (2022).

Os grupos são orientados a responder às perguntas do Quadro 6 a partir do levantamento de hipóteses e suas investigações manuseando o experimento. Durante a realização da atividade os alunos já compreendem que a variação do fluxo do campo magnético no anel fechado irá induzir uma corrente no anel. Irão observar manuseando o experimento, que o sentido da corrente é tal que se opõe ao movimento do ímã.

Novamente os alunos são orientados a responder às perguntas com “como” o efeito ocorreu e “o porquê” de tal acontecimento, para que assim seja contemplado a formação do raciocínio lógico.

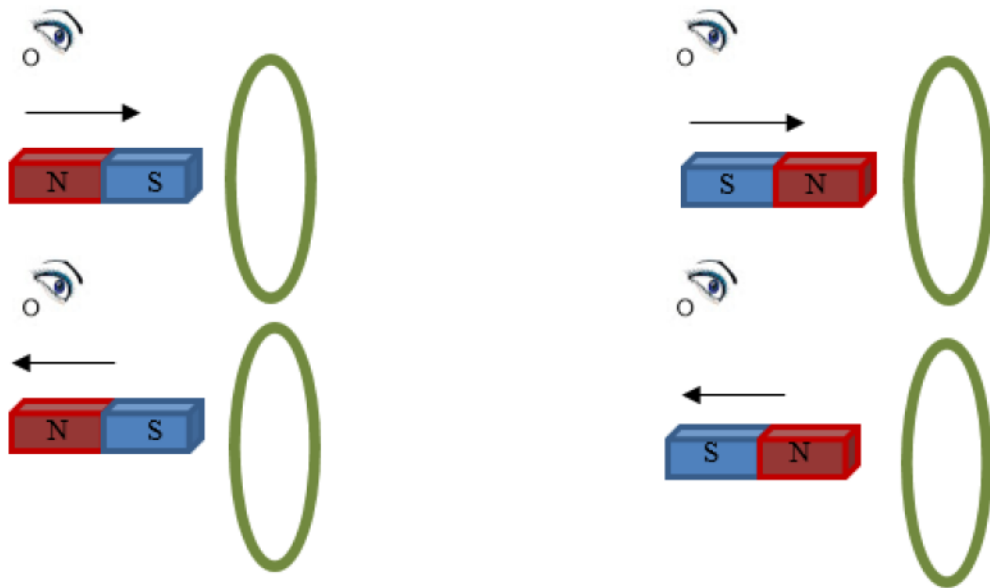
Quadro 6 - Perguntas da atividade 3.1

<p>Pergunta investigativa: a) Como movimentar o anel de alumínio suspenso sem tocá-lo com a utilização de um ímã?</p>
<p>Perguntas norteadoras: b) O que pode ser observado no anel ao aproximar o ímã do anel? E ao afastá-lo? c) O que causa a aproximação e o afastamento entre o anel e o ímã? Explique qual a grandeza física associada e essa observação. d) É possível movimentar o anel com corte utilizando um ímã sem tocá-lo? Por quê? e) Responda à pergunta d) para o anel de PVC.</p>
<p>Momento discussão Propõe-se que o professor fique atento as etapas de raciocínio dos alunos e sempre que necessário interfira para chegar ao conhecimento científico correto.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Na sequência é realizada a Atividade 3.2 que consiste na sistematização do conceito da Lei de Lenz a partir de imagens e questionamentos. Na Figura 20 pode-se observar um ímã se movimentando em relação a uma espira conforme o sentido indicado. Para cada situação o aluno deve identificar o sentido da corrente induzida na espira, ou seja, sentido horário ou anti-horário, de acordo com o observador O. No centro da espira indicar com a letra N para polo norte ou S para polo sul do campo magnético induzido no anel.

Figura 20 - Sentido da corrente induzida na espira segundo o observador



Fonte: Autoria própria (2022).

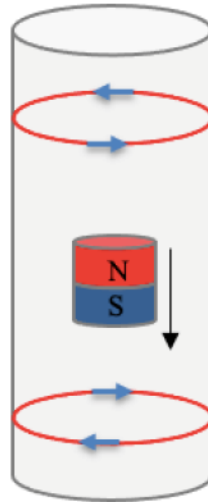
Após os grupos responderem às questões o professor fez suas considerações e inicia-se a explicação da Lei de Lenz a partir de imagens e o experimento para mostrar a ocorrência do efeito de oposição ao que está provocando a força eletromotriz induzida, por isto do sinal de menos da equação da Lei de Faraday (Equação 10).

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (10)$$

Talvez seja necessário refazer os desenhos indicando corretamente o sentido da corrente induzida na espira e o campo induzido que esta corrente gera na espira, indicando as polaridades no ímã da direita. Escrever e desenhar, realçando a construção pessoal do conhecimento, é um ponto importante que as características campo-dependentes da argumentação se façam presente.

A Atividade 3.3 é mais um experimento que desperta muito a curiosidade dos alunos, que consiste no tubo antigravidade (Figura 16 e 21). Mais uma oportunidade de sistematizar o conhecimento adquirido nas duas atividades anteriores.

Figura 21 - Tubo antigravidade



Fonte: Autoria própria, (2022).

Mostra-se aos alunos dois tubos, sendo um de alumínio e outro de PVC, dois parafusos e dois ímãs de neodímio idênticos. Os alunos devem realizar a investigação para responder às perguntas do Quadro 7.

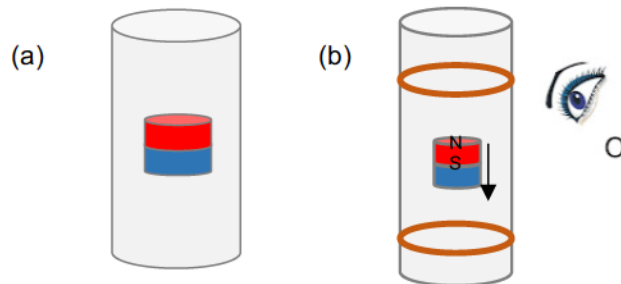
Quadro 7 - Perguntas da atividade 3.3

Pergunta investigativa:

- Ao soltar os parafusos ao mesmo instante de tempo da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a mesma altura, qual chegará primeiro? Por quê?
- Ao soltar os ímãs, ao mesmo instante, da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a altura, qual chegará primeiro? Por quê?

Perguntas exploratórias:

- Represente na imagem (a) as linhas de campo magnético.



- Agora imagine como se o tubo fosse feito por vários anéis. Podemos considerar cada anel como se fosse uma espira. Na figura (b) temos a representação de duas espiras uma superior e outra inferior ao ímã. Considerando que o ímã está caindo, determine o campo magnético induzido em cada espira de acordo com o observador.
- Determine o sentido da corrente elétrica induzida provocada pela passagem do ímã nas duas espiras
- O que podemos concluir com relação a força resultante que irá atuar sobre o ímã?

Momento discussão

Sugere-se que os alunos levantem hipóteses e elaboração.

Fonte: Autoria própria (2022).

Após os grupos responderem as questões o professor faz suas considerações e inicia-se a explicação da Lei de Lenz a partir de imagens fazendo relação com os dois experimentos acima (professor solicita que desenham o campo magnético do ímã atravessando o tubo indicando o fenômeno de indução eletromagnética e a formação de campos de mesma polaridade acima e abaixo do ímã).

Para verificar se os alunos entenderam os conceitos relacionados a Lei de Faraday e Lei de Lenz é aplicada a Atividade 3.4. Essa atividade é composta por um pêndulo formado por ímã que oscila sobre uma bobina na qual estão conectados dois led de forma opostas (conforme Figura 17). Cada grupo recebe um kit e deve responder as perguntas do Quadro 8.

Quadro 8 - Perguntas da atividade 3.4

Questão investigativa: a) O que provoca o acendimento dos led?
Questões exploratórias: b) Se soltar o ímã em diferentes alturas, o que pode ser observado no brilho dos led? Explique. c) Ao ligar os terminais da bobina em curto-circuito, o que pode ser observado no movimento do ímã? Por que isto acontece? d) Se os terminais da bobina estiverem abertos, o que pode ser observado no movimento do ímã? Explique. e) Por que os led ficam piscando de forma aleatória?
Momento discussão Sugere-se que o professor fique atento às etapas do raciocínio dos alunos, e sempre que necessário interfira do “como” chegaram na resposta.

Fonte: Autoria própria (2022).

Após a formulação de hipóteses o professor faz sua contribuição explicando a relação dos efeitos observados com os princípios da indução eletromagnética e a conservação da energia e qual a forma com que o circuito com os led foi montado.

Para finalizar o conjunto de atividades desta semana é proposta a Atividade 3.5, que consiste no Questionário A (Apêndice D) que tem o objetivo de avaliar o nível de compreensão do conceito adquirido, e ainda possibilitar a recuperação dos alunos que não acompanharam o processo de ensino-aprendizagem.

Em grupo os alunos responderam as questões e após a finalização apresentaram para os demais grupos suas respostas. Nesse momento os estudantes

relatam “como” chegaram às respostas e a explicação do “porquê” das respostas marcadas.

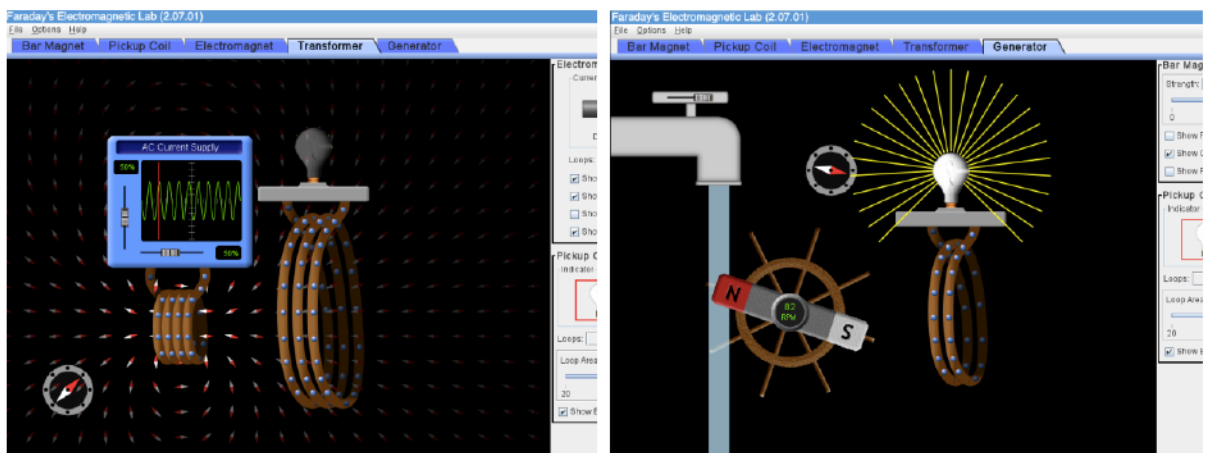
Como tarefa os alunos devem fazer a leitura de um texto sobre geração e transmissão de energia elétrica (Anexo 1), com perguntas a serem entregues.

5.2.4 Semana 4

O conteúdo desta semana é dividido em duas partes: a primeira consiste em aplicar os conhecimentos sobre indução eletromagnética no entendimento do funcionamento de transformadores e geradores de energia elétrica; e a segunda parte de caráter avaliativo.

Para a Atividade 4.1 é usado o simulador PHET – Lei de Faraday na aba “Transformador” e “Gerador” (Figura 22). Os alunos são orientados a responderem as perguntas dos Quadros 9 e 10.

Figura 22 – Simulador PHET Lei de Faraday para transformador e gerador.



Fonte: PHET (2022)

Quadro 9 - Perguntas da atividade 4.1 "transformador"

Pergunta investigativa:

a) De quantas formas diferentes podemos acender a lâmpada? Cite cada uma delas.
(Deve-se aparecer 3 formas que são mover a bobina primária em relação a secundária, mover a bobina secundária em relação a primária ou mudar a pilha para uma fonte AC)

Perguntas exploratórias:

- Observe e escreva o que acontece quando você aumenta a área das espiras.
- Se você aumentar o número de espiras o que acontece?
- Relacione o brilho da lâmpada com as possíveis variáveis.
- Identifique as diferenças entre usar uma pilha e uma corrente alternada AC.

Fonte: Autoria própria (2022).

Pergunta-se para cada grupo o que é um gerador, modelos de gerador existentes, e como funciona um gerador de energia elétrica. Após as explicações os alunos abriram o simulador Faraday selecionando a aba gerador.

Quadro 10 - Perguntas da atividade 4.1 “Gerador”

<p>Pergunta investigativa: a) O que você pode fazer para acender a lâmpada?</p>
<p>Perguntas exploratórias: b) O que pode ser observado na lâmpada ao aumentar a vazão da torneira? Explique. (Nota: Observe como o fluxo da água varia a frequência da corrente. É assim que é controlado em barragens hidrelétricas. O fluxo de água na turbina é controlado por palhetas-guia.) c) Aumente a área das espiras observe e justifique o que você observou. d) Aumente o número de espiras observe e justifique o que você observou. Faça uma relação entre o número de espiras da bobina e a energia gerada. e) Qual a relação entre a simulação do gerador com as características da corrente elétrica que temos em nossa residência?</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Na sequência os alunos então responderam um Questionário B (Apêndice E) que apresenta questões relacionadas com o conteúdo de transformadores e geradores.

5.2.5 Semana 5

Em um primeiro momento os alunos irão revisar todo o conceito visualizado durante as atividades a partir do Questionário C (Apêndice F). Este questionário é respondido individualmente em casa, pois foi aplicado como tarefa ao final da aula, para depois em sala na próxima aula os alunos debateram suas respostas entre grupos para que possa haver a socialização e integração. O professor deve observar as respostas dos alunos e realizar as correções que forem necessários.

Em um segundo momento é realizada a avaliação qualitativa da SEI. Para isto aplica-se novamente o teste inicial (Apêndice A) como forma de pós teste. O mesmo é aplicado de forma individual para que possa ser observado indícios de aprendizagem de cada participante.

Ainda para finalizar a análise de aplicação da SEI, os alunos respondem um questionário de satisfação, para que o professor possa analisar a opinião dos alunos com relação a metodologia de ensino proposta.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes a aplicação da Sequência de Ensino Investigativa, proposta sobre o conteúdo de indução eletromagnética.

Em cada atividade desenvolvida considera-se o que foi exposto anteriormente: elaboração e testes de hipóteses, argumentação, solução do problema, produzindo uma explicação, construção do raciocínio, exposto através de “se, então, portanto”, conforme Carvalho (2011) traz em seu estudo.

Inicialmente serão apresentados os resultados dos conhecimentos prévios, seguido das atividades que compõe a SEI, pós-teste e por fim, um questionário de satisfação do aluno.

Durante a escrita do texto será adotada uma formatação padrão para diferenciar as perguntas e respostas dos estudantes: forma itálica para perguntas das atividades e entre aspa fala dos alunos.

6.1 Semana 1

6.1.1 Conhecimentos prévios

Por se tratar de um tema de difícil conhecimento pelos alunos e ainda mais por já ser um conteúdo do final do terceiro ano do Ensino médio, optou-se por verificar os possíveis conhecimentos prévios que os alunos têm a respeito do conteúdo de indução eletromagnética a partir de um questionário. Relembrando que a SEI foi aplicada para 9 alunos do terceiro ano do ensino médio.

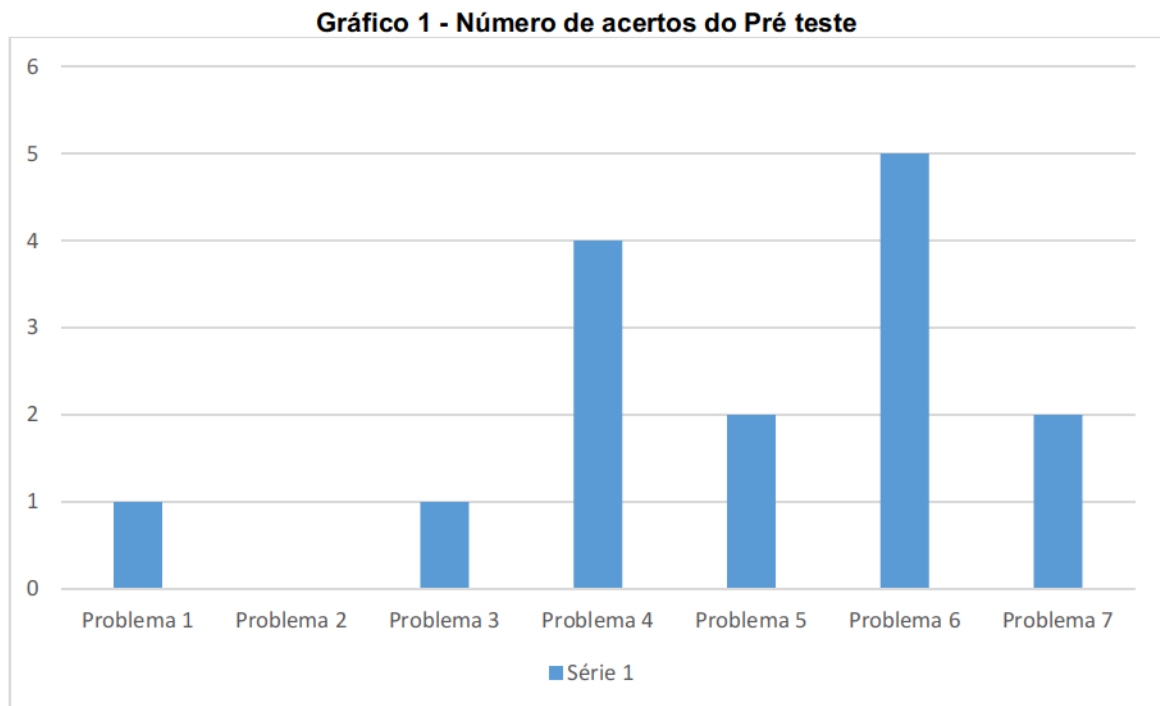
Foi iniciado a SEI aplicando o Pré-teste (Apêndice A) o mesmo tinha por objetivo, verificar quais conhecimentos prévios os alunos tinham em sua estrutura cognitiva, pois de acordo com Ausubel (1999), o conhecimento prévio é uma das condições extremamente importante para o indivíduo aprender, pois pensa-se na estrutura cognitiva do indivíduo é aquilo que está na constituição do mesmo sendo significativo.

No Gráfico 1 pode-se observar o número de alunos que acertaram cada uma das perguntas do pré-teste. Os resultados mostram que os alunos fazem apenas associação do campo magnético com o ímã e não associam a produção de campo magnético gerado por um fio com corrente elétrica. Apenas um aluno acertou a questão 3 que tratava da orientação do campo magnético produzido por um fio

retilíneo com corrente elétrica. Sobre a orientação da bússola e sobre o campo magnético gerado por espiras, apenas 4 dos alunos acertaram a questão, o que indica que menos da metade dos alunos sabem usar uma bússola e conhecem a forma das linhas de campo magnético gerado por espiras.

A questão 5 era sobre um experimento de indução eletromagnética, já era esperado um número de acertos baixo, no caso apenas dois alunos acertaram a questão, por conta da complexidade do assunto.

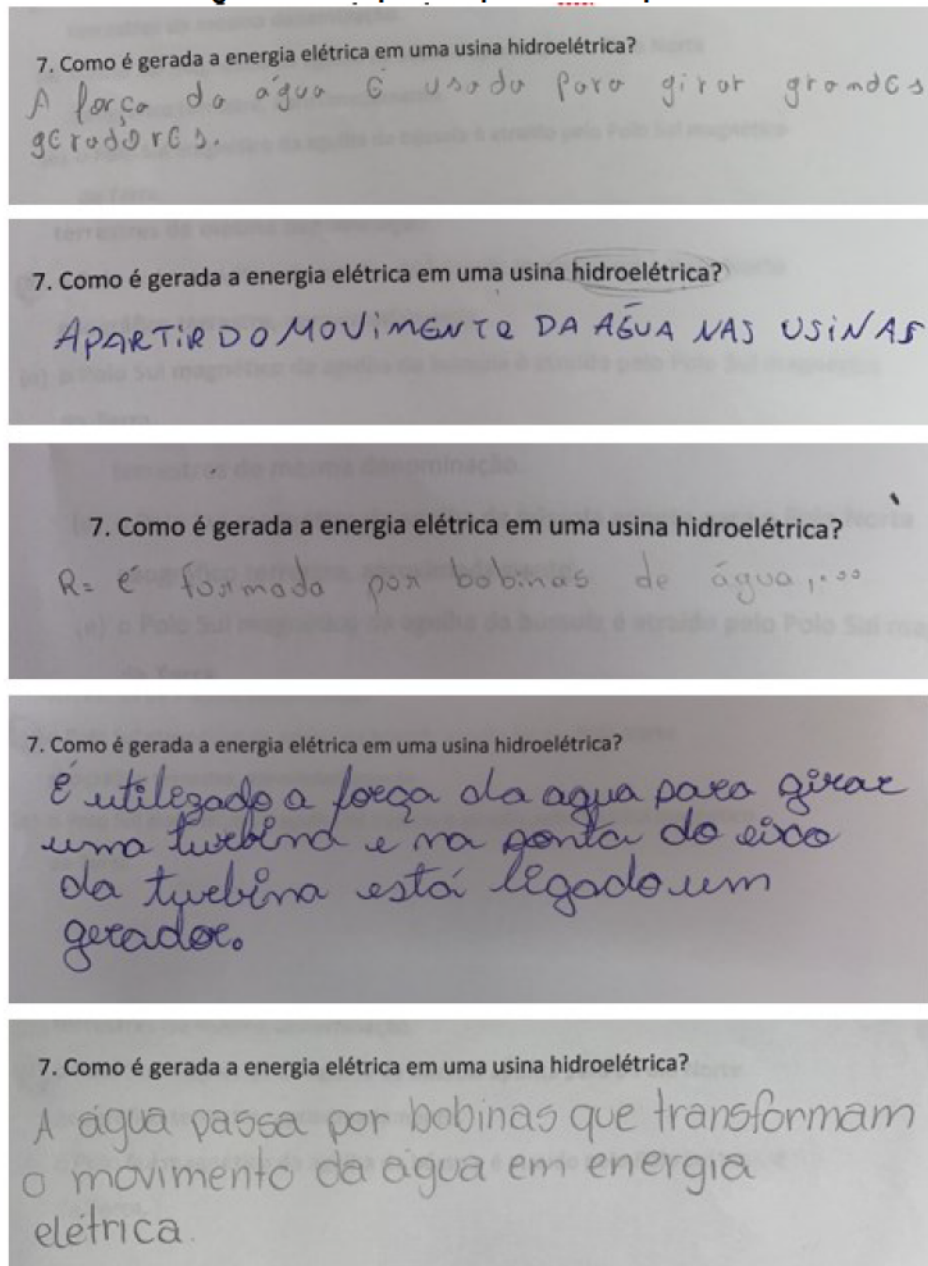
Já a questão 6, que falava da função do transformador, está mais relacionada ao contexto do aluno, pois o mesmo já deve ter ouvido falar na mídia algo sobre transformadores e sua função. Sendo que 5 alunos acertaram esta questão.



Fonte: Autoria própria (2022).

E por fim, com relação aos resultados da questão número 7, a qual falava sobre o funcionamento de uma hidroelétrica, a maioria dos alunos associou a produção de energia elétrica à força da água sem explicar como esta força é utilizada. Dois alunos citaram o gerador elétrico envolvido no processo de produção de energia, conforme pode ser observado nas respostas de alguns alunos (Figura 22).

Figura 22 - Respostas questão 7 do pré-teste



Fonte: Autoria própria (2022).

Observou-se nos resultados, que os alunos tiveram um baixo índice de acertos nas questões que falavam sobre campo magnético, verificava-se uma grande dificuldade no entendimento, uma das justificativas para tal acontecimento, pode ter se dado pelo fato das aulas de campo magnético e força magnética, terem ocorrido em modo semipresencial, por conta da pandemia causada pela COVID-19, onde os alunos realizavam rodízio de comparecimento na escola.

Ou seja, uma semana eles estavam presentes fisicamente na escola, e nas outras duas que sucediam eles permaneciam em casa, acompanhando a matéria remotamente por computadores ou celulares, contudo, conteúdos de física mostram-

se como um dos conteúdos de maior dificuldade e difícil entendimento entre os alunos (JELICIC, 2017), ainda mais pela proposta do online, onde na maioria das vezes os alunos por comodidade não tiram suas dúvidas.

Em resumo, pode-se concluir ser extremamente importante a revisão de conceitos associados ao campo magnético na fase inicial, antes de prosseguir com o conteúdo de indução eletromagnética. Assim esta primeira etapa da SEI consiste na sistematização de conceitos relacionados ao campo magnético, que consiste nas Atividades 1.1 e 1.2.

6.1.2 Atividade 1.1 - Experimento de Oersted

A atividade tem o objetivo de demonstrar que uma corrente elétrica em um fio condutor produz em sua volta um campo magnético, assimilando assim a relação entre eletricidade e magnetismo.

Com os grupos formados, cada um recebe um kit contendo uma bússola, fio condutor, uma fonte de tensão e um suporte de acrílico que contém um fio de cobre. Os alunos são orientados a responder à pergunta investigativa, primeiramente realizando o levantamento de hipóteses e para posterior verificação experimental. Pergunta investigativa: *O que pode ser observado na agulha da bússola quando a aproximamos de um fio que passa corrente elétrica?*

A realização deste experimento permite ao aluno passar da ação manipulativa para a ação intelectual, fazendo com que os conhecimentos prévios sejam utilizados como hipóteses a serem observadas durante a realização no experimento.

Neste primeiro momento todos os alunos rapidamente observam que uma corrente elétrica em um fio condutor provoca uma deflexão na agulha da bússola se movimenta ao aproximar do fio. Sendo assim, a professora questiona os alunos: mas, por que isso ocorre? Um dos alunos respondeu pelo fato de ter corrente elétrica passando no fio, têm cargas em movimento, portanto é gerado um campo magnético. Na sequência os alunos são questionados: E se fosse um fio em formato circular, não geraria campo magnético? Os alunos responderam que sim, haveria, portanto, a professora os questionou novamente: Por quê? Ambos os grupos ficaram com dificuldade em explicar o porquê de a resposta ser sim, sendo necessário a ajuda da professora, que os entrevistou com as seguintes perguntas: tem corrente elétrica se o fio for circular? É um circuito fechado? Quando há campo magnético em um fio? Um grupo expôs então, que como o fio ainda continua conectado a fonte de tensão,

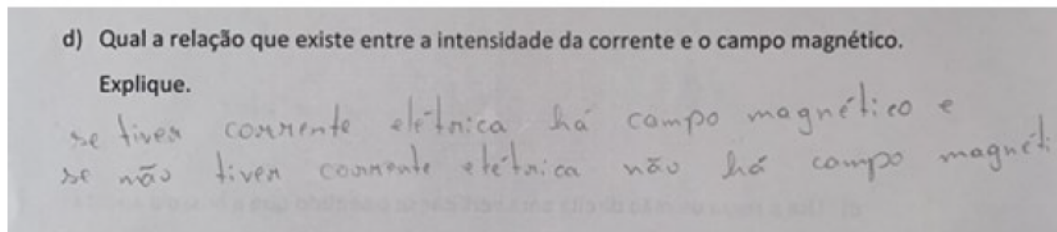
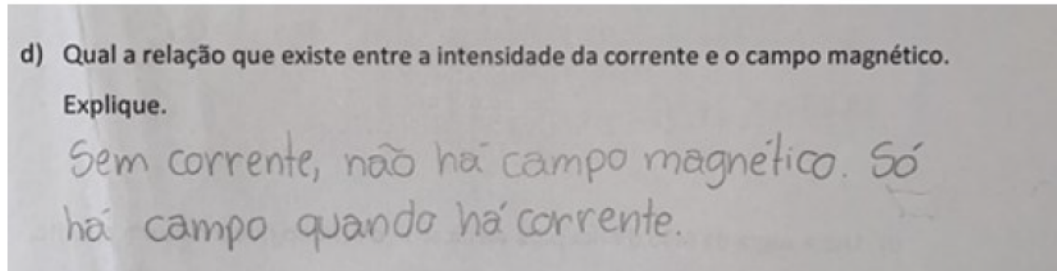
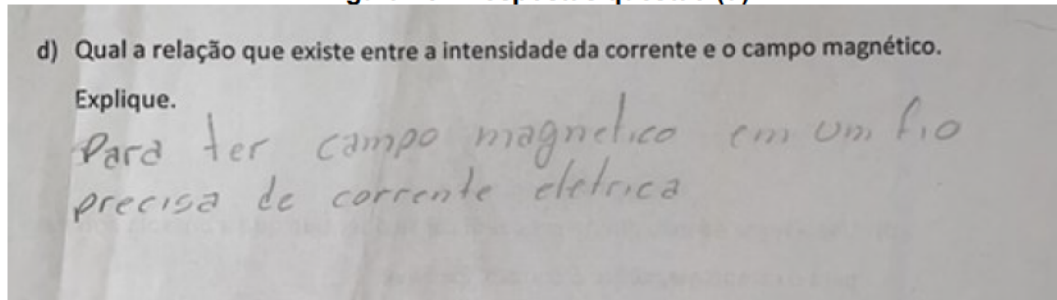
haveria ainda corrente elétrica, sendo assim, geraria da mesma forma campo magnético. Outro grupo respondeu que pelo circuito ser fechado, mesmo com formato circular, ainda teria campo magnético.

A fim de explorar um pouco mais os conceitos associados ao experimento, são propostas as perguntas exploratórias. É importante o professor permitir que os alunos testem suas hipóteses, sempre supervisionando a manipulação da fonte de tensão e as ligações elétricas.

Quando os alunos são questionados sobre o que pode ser observado ao inverter o sentido da corrente elétrica e o porquê, apenas um terço dos alunos respondeu corretamente. Neste sentido, pode-se dizer que apenas estes alunos conseguiram a solução completa do problema produzindo uma explicação, conforme CARVALHO (2011). Sendo assim necessária a orientação da professora no momento de explicação para que todos os alunos pudessem compreender os conceitos relacionados com o sentido da corrente elétrica e o sentido do campo magnético.

Outro fato importante foi a relação entre a intensidade da corrente elétrica e a intensidade do campo magnético. Os alunos deveriam responder à pergunta: *Qual a relação que existe entre a intensidade da corrente e o campo magnético. Explique.* Era esperado que os alunos construíssem o raciocínio, exposto por “se, então, portanto” (CARVALHO, 2011), o que não ocorreu, como pode ser observado nas respostas dos alunos (Figura 23). Neste caso também foi necessária a intervenção da professora, pois os grupos só fizeram associação entre corrente e campo magnético, sem considerar as variações de intensidade da corrente elétrica. Assim, a professora foi aumentando a corrente elétrica para que os grupos pudessem verificar uma maior deflexão da agulha da bússola e conseqüentemente associar a intensidade da corrente com a intensidade do campo magnético gerado.

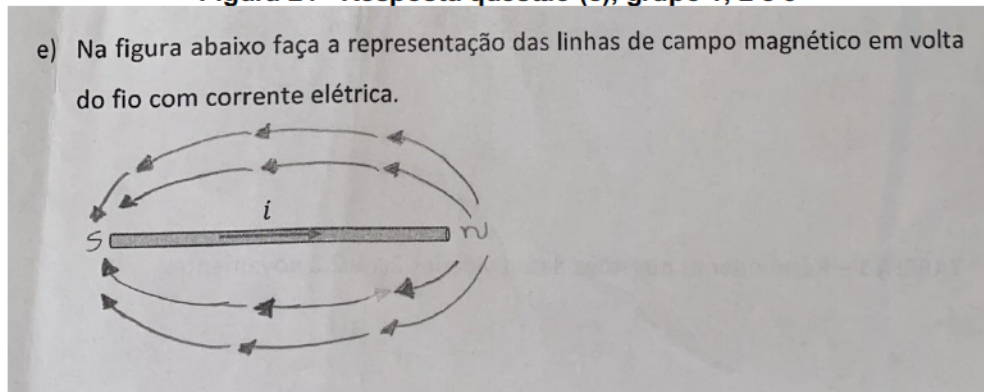
Figura 23 - Respostas questão (d)



Fonte: Autoria própria (2022).

Foi solicitado ainda para os alunos fazerem a representação esquemática da forma das linhas de campo em volta de um fio retilíneo. Observou que os alunos não compreenderam que a forma da linha de campo em volta do fio era circular, como pode ser observado na Figura 24. Este conceito foi novamente explorado na Atividade 2.

Figura 24 - Resposta questão (e), grupo 1, 2 e 3

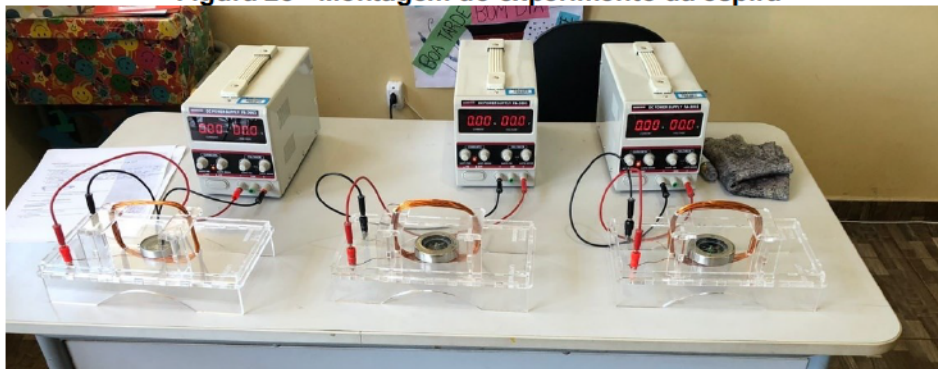


Fonte: Autoria própria (2022).

6.1.3 Atividade 1.2 - Experimento da espira

O objetivo desta atividade era demonstrar aos alunos qual a orientação das linhas de campo magnético geradas por uma espira com corrente elétrica. Para começar, foi apresentado aos alunos os materiais: espira, bússola e a fonte, seguida da pergunta investigativa: *(a) Como é a orientação do campo magnético no centro de uma bobina que circula corrente elétrica? Explique e ilustre.* No início os alunos tiveram um pouco de dificuldade em saber qual posição deveriam colocar a bússola, sendo orientados a realizar as observações em todos os pontos em volta da espira. Na Figura 25 pode-se observar a montagem dos três grupos.

Figura 25 - Montagem do experimento da espira



Fonte: Autoria própria (2022).

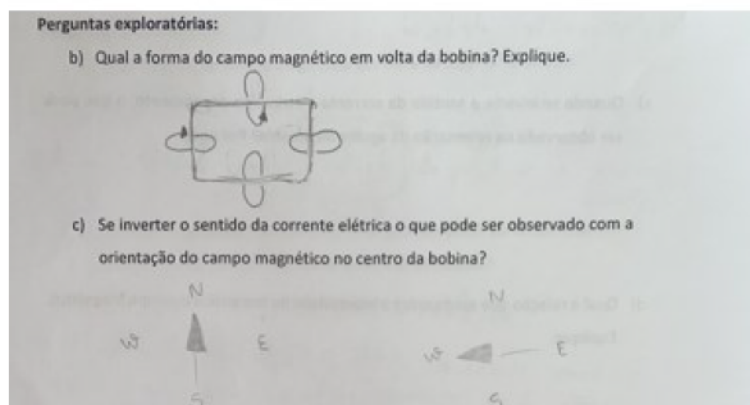
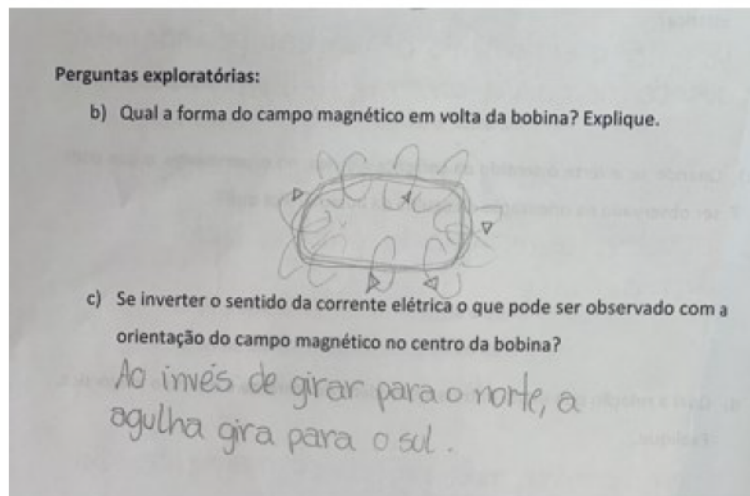
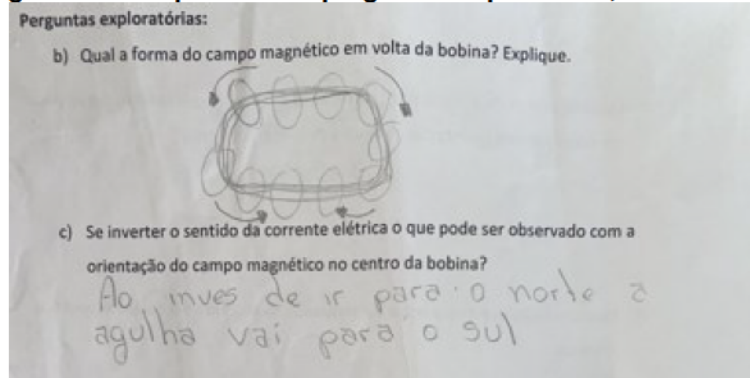
Pode-se observar nas respostas dos alunos que eles fazem uma simples associação entre a deflexão da agulha da bússola resultado do campo magnético no interior da espira sem explicar o “porquê” da orientação observada. Sendo que a professora perguntou aos grupos *por que a agulha da bússola sofre esta deflexão?* A maioria dos alunos cita apenas como resposta o campo magnético gerado pela corrente, mas sem dizer a forma das linhas de campo. Apenas um aluno respondeu que a orientação do campo é dada pela regra da mão direita.

A próxima etapa, a qual consiste em realizar a exploração do experimento, tem o objetivo da construção do raciocínio científico a respeito do conceito da orientação do campo magnético. A primeira pergunta exploratória foi: *(b) Qual a forma do campo magnético em volta da bobina? Explique.*

Observou-se que dois grupos desenharam a forma de campo magnético ao redor da bobina, por meio de flechas, indicando o sentido do campo magnético, já o terceiro grupo desenhou ao redor da bobina, mas indicou por fora um sentido provavelmente da corrente elétrica. Outro fato observado nessa pergunta é que

nenhum grupo explicou a forma de campo magnético ao redor da bobina, apenas ilustraram no desenho, que são circulares ao redor do fio, como podemos observar na Figura 26, mas não chegaram a citar a regra da mão direita, sendo que tinham acabado de cita-lá anteriormente, portanto nota-se que os alunos necessitavam novamente de um momento de retomada sobre a forma das linhas de campo magnético e explorar novamente a regra da mão direita.

Figura 26 - Respostas das perguntas exploratória, atividade 1.2



Fonte: Autoria própria (2022).

Com relação a próxima pergunta: *(c) Se inverter o sentido da corrente elétrica, o que pode ser observado com a orientação do campo magnético no centro da bobina?* Os grupos puderam observar que o sentido da agulha da bússola girava para o lado oposto. Com relação a última exploração: *(d) Use a regra da mão direita para verificar se o sentido que a bússola aponta para o campo magnético é correto. Explique.* Esta questão tem o objetivo de os alunos usarem os conhecimentos prévios a respeito da regra da mão direita e aplicar em um experimento real para sua verificação. Os grupos responderam nessa pergunta que ‘a regra da mão direita estava associada ao polegar, que seria a simulação da corrente elétrica, e o restante dos dedos seriam a indicação da direção do campo magnético’, todos os grupos responderam a mesma coerência na resposta. A professora ainda pediu para os alunos *por que eles chegaram a esta conclusão?* E um dos alunos explicou: “Seguindo da fonte de tensão no terminal positivo visualizei qual seria o sentido da corrente na bobina e após verificar, usando a regra da “mão” com o polegar, observei se os outros dedos estavam na direção do campo, e verificando na bússola, vi que para o mesmo sentido que os dedos estavam apontando a orientação da agulha da bússola também apontava.”

Segundo Bellucco e Carvalho (2014), é importante em cada atividade que o professor observe as etapas do raciocínio científico. É necessário que o aluno diga “como” chegou nas respostas e depois “por que” da resposta dada.

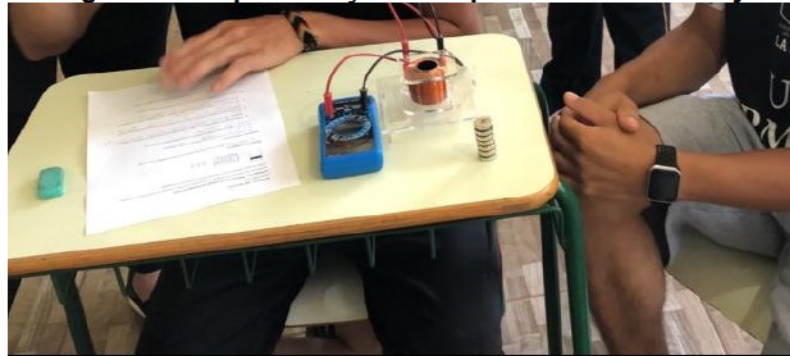
6.2 Semana 2

6.2.1 Atividade 2.1 - Experimento da indução de Faraday

A segunda semana de atividades teve início com o experimento da indução da Lei de Faraday, a qual tem o objetivo de observar uma corrente induzida em uma bobina gerada pela variação de um ímã em relação a uma bobina.

Primeiramente foi apresentado aos alunos os materiais que iriam utilizar: bobina, amperímetro e um ímã de neodímio. Como podemos observar na Figura 27.

Figura 27 - Representação do Experimento de Faraday



Fonte: Autoria própria (2022).

Em seguida foi introduzido a pergunta investigativa aos alunos: *(a) Como é possível gerar uma corrente elétrica na bobina apenas com o ímã?* Seguindo a mesma etapa anterior, os alunos devem primeiramente levantar hipóteses para posterior realização e manipulação do experimento visando chegar na solução da pergunta.

Observou-se que os 3 grupos responderam que ao movimentar o ímã gerava corrente elétrica no amperímetro. E relataram que o sentido da corrente mudava conforme aproximava ou afastava o ímã. Neste momento os alunos só fazem associação do movimento do ímã com a corrente elétrica, sem conseguir explicar como este movimento está provocando a corrente na bobina.

Neste momento a professora explicou sobre o conceito de fluxo de campo magnético e sobre sua variação que ocorre ao movimentar o ímã. Novamente os alunos partem para a investigação experimental.

Inicialmente os grupos foram questionados sobre: *(a) O que ocorre ao movimentar o ímã em relação à bobina? E como isto ocorre?* Os grupos repetem o experimento e respondem que a corrente elétrica surge devido ao fluxo magnético, mas ainda não citaram a variação temporal do fluxo ser o responsável pela corrente induzida. A segunda pergunta tem justamente o objetivo de os alunos constatarem que só haverá corrente induzida se o fluxo magnético variar no tempo. Segunda pergunta: *(b) O que pode ser observado ao deixar o ímã parado próximo à bobina?* Pode-se verificar que os 3 grupos viram que não havia corrente elétrica se não havia movimento no ímã. A professora questionou-os *por que isso ocorre?* Ambos os grupos responderam 'porque não teria variação do fluxo magnético, visto que o ímã estava parado'.

O próximo passo é verificar como esta variação de fluxo interfere na intensidade da corrente elétrica: *(c) O que pode ser observado ao mudar a velocidade*

de movimento do ímã em relação à bobina? Os alunos observaram que quanto mais rápido movimentavam o ímã maior era a corrente que aparecia no amperímetro. A professora neste momento ainda questionou: *e se fosse movimentado o ímã mais devagar o que ocorreria?* Uma aluna respondeu que diminuiria a corrente elétrica, porque ela estava movimentando bem rápido e aumentava o valor no amperímetro, portanto se ela diminui a velocidade do ímã, diminuiria também a corrente.

As duas próximas perguntas são para os alunos observarem o sentido da corrente induzida de acordo com a polaridade e a aproximação/afastamento do ímã. Na pergunta (d): *Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Sul, o que acontece com o sentido da corrente elétrica?* Todos os grupos observaram uma oposição no sentido da corrente. A professora novamente os questiona *'mas porque ocorre essa oposição?'* ambos os grupos responderam que devido o ímã estar com o polo sul o fluxo magnético deve se opor a corrente elétrica. (e) *Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Norte o que acontece com o sentido da corrente elétrica?* Novamente uma oposição no sentido da corrente, porém contrária ao observado com o polo sul. Os alunos observam a oposição no sentido da corrente, mas ainda sem compreender *'porque'* e *'como'* isto ocorre.

E para finalizar essa atividade os alunos foram perguntados: (g) *O que ocorre se deixar o ímã parado e mover a bobina em relação ao ímã?* Os 3 grupos observaram que mesmo que movam a bobina e não o ímã é gerado corrente elétrica da mesma forma.

Ao realizar est atividade, os alunos levantaram hipóteses, desenvolveram algumas características campo-dependentes da argumentação durante a realização da investigação, tais como seriação, classificação e organização dos dados qualitativos observados durante o experimento e o raciocínio lógico e proporcional (BELLUCCO, 2014).

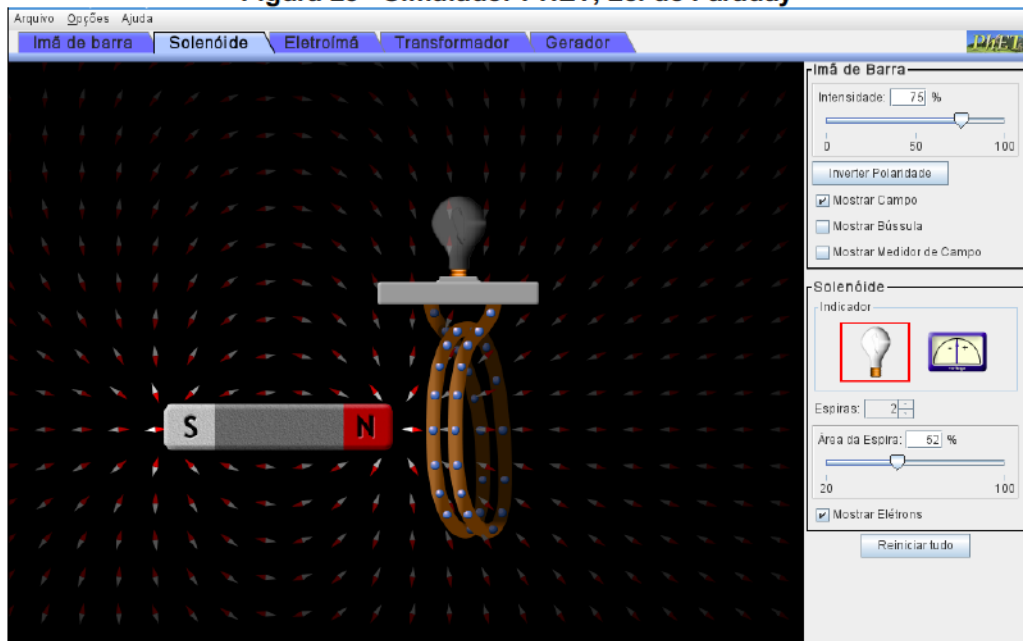
Visando alcançar uma explicação científica do fenômeno de indução eletromagnética, aplicou-se a Atividade 4 que consiste em explorar novamente o efeito de indução usando agora um simulador virtual.

6.2.2 Atividade 2.2 - Lei de Faraday no simulador PHET

Para esta atividade foi usado o simulador PHET sobre a Lei de Faraday, aba "Solenoide" (Figura 28). Este simulador é bem visual e permite que os alunos observem as linhas de campo magnético do ímã, o movimento dos elétrons nas

espiras do solenoide, que seria a corrente induzida, a variação do brilho da lâmpada, a intensidade da fem induzida no voltímetro. Como a área e o número de espiras do solenoide podem variar, permitindo que seja explorado o conceito de fluxo de campo magnético.

Figura 28 - Simulador PHET, Lei de Faraday



Fonte: PHET (2022).

Inicialmente foi solicitado aos alunos para utilizarem a lâmpada ligada ao solenoide. A pergunta investigativa que os alunos responderam usando o simulador foi: *(a) O que pode ser feito para acender a lâmpada?* Os alunos já tinham o conhecimento da atividade anterior que para gerar uma corrente elétrica no circuito é necessário que haja o movimento do ímã em relação à espira, portanto todos os discentes falaram 'movimentando o ímã acenderíamos a lâmpada'.

Na sequência, o objetivo foi fazer a exploração do simulador usando uma série de perguntas para que os alunos pudessem relacionar o conceito de corrente elétrica induzida com a variação do fluxo do campo magnético e observar as variáveis relacionadas ao fluxo do campo magnético.

Os alunos fizeram o levantamento de hipóteses e exploração no simulador das seguintes questões: *(a) O que pode ser feito para a lâmpada brilhar mais?* *(b) Como a velocidade do ímã afeta o brilho da lâmpada?* *(c) Como o número de voltas da bobina afeta o brilho da lâmpada?* *(d) Como a área da bobina afeta o brilho da lâmpada?* Durante a investigação no simulador todos os grupos chegaram à

conclusão de que uma maior variação do ímã aumentava a intensidade da lâmpada. Ao serem questionados “como” isto acontecia os alunos fizeram associação ao conceito de fluxo magnético, conforme respostas do tipo: ‘porque a variação do fluxo é maior quando a velocidade era maior’. E ainda em relação ao conceito de fluxo, os alunos observaram que o número de voltas do solenoide é proporcional a intensidade do brilho da lâmpada e por isto o fluxo magnético também aumenta quando aumenta o número de voltas, conforme pode-se observar em uma das respostas de um grupo: ‘quanto mais voltas tem a bobina mais intenso fica o campo magnético, porque a luz brilha mais’.

O passo seguinte foi construir a relação entre o brilho da lâmpada com a corrente induzida e a fem induzida, permitindo que os alunos possam associar o efeito da variação do fluxo do campo magnético com a força eletromotriz induzida.

Neste instante os alunos fizeram a ligação do solenoide com o voltímetro para realizar a verificação da fem induzida e observarem que o sinal da fem varia de acordo com a polaridade do ímã e de acordo com o aumento ou diminuição do fluxo do campo magnético.

As duas primeiras perguntas: *(e) Ao aproximar o polo sul da bobina qual será a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo sul da bobina? (f) Ao aproximar o polo norte da bobina, qual a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo norte da bobina?* Os grupos observaram e relataram haver uma oposição do sinal relacionado a polaridade do ímã e ao manter uma polaridade o fato de afastar ou aproximar o ímã do solenoide também afeta no sinal da fem. Estas são observações importantes que serão usadas posteriormente no conceito da Lei de Lenz.

Na última questão: *(g) O que de fato está gerando uma tensão que é detectada pelo medidor de tensão?* Pode-se observar uma resposta simples como: ‘o movimento do ímã’. Nenhum grupo chegou a falar sobre conceito de variação do campo magnético, fluxo de campo magnético, variação do fluxo do campo magnético, conforme tinham relatado no mesmo experimento, mas usando a lâmpada. Este foi o momento de usar o questionamento para que os alunos pudessem fazer a associação entre o fluxo magnético e a ddp observada no voltímetro. Para isto, os grupos foram questionados *como está sendo gerada essa tensão?* Uma aluna pensou e respondeu ‘não é como na atividade anterior professora? Se for, a variação do fluxo magnético que está gerando a tensão que observamos’. Pode-se observar que a aluna faz

associação com a atividade anterior, que era esperado que ocorresse, mas ainda não está segura de sua resposta.

Segundo Jelcic (2017), a causa da fem induzida, a diferença entre a fem induzida e a corrente induzida, e as formas de determinar a direção da corrente induzida, geralmente não ficam claro para os alunos. Por isto da necessidade de explorar de diferentes formas estes conceitos.

O próximo passo então é usar os conceitos e as observações que os alunos obtiveram na realização do experimento e manipulação do simulador para a construção do raciocínio científico do conceito de indução eletromagnética.

6.2.3 Equacionando a Lei de Faraday

O objetivo desta atividade é usar os conhecimentos prévios adquiridos para formar a relação entre fem induzida gerada pela variação do fluxo do campo magnético, construindo um raciocínio científico.

A atividade começa com duas perguntas que os alunos, em grupo, devem responder baseado nas atividades que acabaram de desenvolver:

1. *De quantas maneiras diferentes você pode gerar uma força eletromotriz induzida?*
2. *Como podemos denominar esta grandeza que gera a força eletromotriz induzida?*

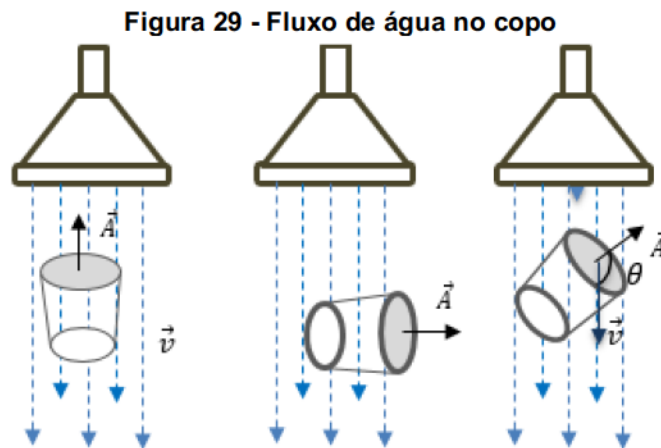
Ao finalizar as respostas os grupos são organizados em círculo, para que cada grupo exponha a sua resposta. No quadro foram anotados os principais pontos de cada resposta para que assim juntos, fosse feito a realização e a discussão das mesmas.

O(A) professor(a) precisa observar as etapas do raciocínio científico. Assim, primeiramente a discussão deve focar no “como” chegou na resposta, por exemplo, movimentando o ímã em relação a bobina, mantendo o ímã fixo e variando a área da espira, movimentando ímã para cima e para baixo.

Durante esta discussão, algumas características campo-dependentes da argumentação que podem ter iniciado durante as atividades anteriores, podem reaparecer, tal como seriação, classificação e organização dos dados qualitativos obtido no experimento e no simulador, assim como o raciocínio lógico e proporcional (BELLUCCO, 2014).

Na sequência a professora questiona o “porque” tal fenômeno ocorreu, por exemplo, *por que ao movimentar o ímã em relação ao solenoide ou bobina aparece uma corrente elétrica induzida?* Segundo Bellucco (2014), neste momento devem aparecer características argumentativas como explicação, justificativa, raciocínio lógico e proporcional e possivelmente a abduções. Os alunos passam a observar que a movimentação do ímã está relacionada com a variação do campo magnético no interior da bobina.

Com relação a questão 2, os alunos relataram o termo fluxo de campo magnético, em suas respostas. A professora aproveita o momento para explorar o conceito de fluxo no quadro, fazendo analogia com o fluxo de água de um chuveiro em um copo, conforme Figura 29.

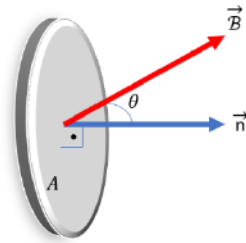


Fonte: Autoria própria (2022).

Foi explicado aos alunos que o fluxo de água no copo depende do vetor velocidade da água, da área da boca do copo e do ângulo formado entre o vetor de área e o vetor velocidade. Foi visível neste momento, o entendimento dos alunos, para a analogia, pois os mesmos falaram durante a explicação, que então quanto mais água entra no copo do chuveiro, seria o fluxo, portanto, mais linhas de campo magnético passariam no copo, após essa analogia obteve-se equação de fluxo de um fluido ou vazão, dada por: $\phi = vA\cos\theta$.

Na sequência foi introduzido o conceito de fluxo de campo magnético fazendo relação ao que foi observado no conceito de fluxo de um fluido com o que foi visto no experimento e no simulador. Assim pode-se escrever o fluxo magnético, no quadro, como sendo: $\phi = BA\cos\theta$. É importante o uso de desenhos e imagens para a compreensão dos alunos, conforme Figura 30.

Figura 30 - Representação do fluxo do campo magnético

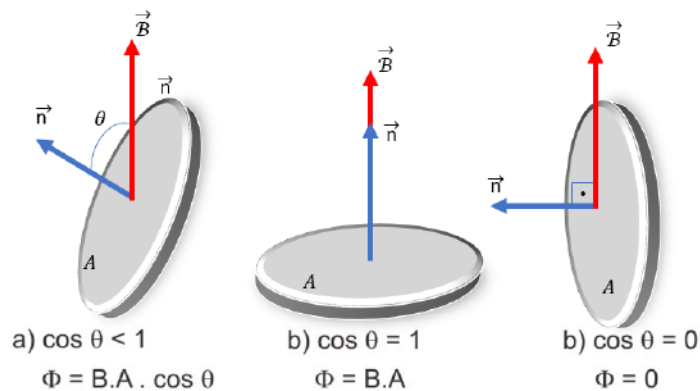


Fonte: Autoria própria (2022).

É importante lembrar aos alunos que o campo magnético é grandeza vetorial e que o vetor área é uma definição que consiste na área da espira e possui direção normal a área e θ é o ângulo entre os vetores \vec{B} e \vec{A} .

E para os alunos explorarem um pouco mais a relação do fluxo do campo magnético com o ângulo, foi proposto a imagem da Figura 31 para os alunos obterem o fluxo de forma algébrica.

Figura 31 - Representação do fluxo do campo magnético em diferentes ângulos



Fonte: Autoria própria (2022).

Para finalizar o conceito de fluxo de campo magnético os alunos calcularam alguns exemplos contendo valores numéricos para que pudessem também explorar um pouco a aplicação da equação e análise das unidades das grandezas envolvidas.

Explorado o conceito de fluxo de campo magnético a professora repete a primeira pergunta da aula: *Quais as maneiras de variar o fluxo do campo magnético?*

Nesse momento o(a) professor(a) tem o papel fundamental de mapear o que o aluno sabe, para a partir de então organizar um material que seja significativo para o indivíduo (MOREIRA, 1999).

Os alunos relataram quais as maneiras de variar o fluxo do campo magnético, um grupo respondeu 'variando o ângulo, variando o campo magnético e variando a

área'. Na sequência a professora questionou verbalmente os alunos: *mas como se varia o ângulo nesse caso?* 'girando a espirra professora, podemos associar o outro exemplo que fizemos que cada hora era um ângulo' respondeu um dos alunos, relacionando ao problema da Figura 31. A professora então, perguntou sobre como variar a área e o campo magnético, os grupos responderam 'a área nós podemos amassar a espira e o campo magnético é só ficar movendo-a para cima e para baixo ou para frente e para traz em relação ao imã'.

Para concluir o raciocínio os alunos foram questionados: *então só se mover a espira próxima de um imã tem variação do fluxo do campo magnético?* Uma aluna respondeu 'não, professora, se você mover o imã em relação a espira também terá variação do fluxo do campo magnético', o que estava correto, nota-se então, que aos poucos os alunos vão formando o conhecimento científica e fazendo as relações entre os conceitos já observados.

Na sequência era importante que os alunos entendessem que para gerar uma força eletromotriz induzida é necessária a variação do fluxo do campo magnético, $\Delta\Phi$, no tempo. Foi solicitado que os alunos lembrassem como eles realizaram a variação temporal no experimento e no simulador da lei de Faraday. Foi mostrado que a fem induzida é então representada matematicamente como sendo: $\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$. Neste momento foi recordado com os alunos o termo variação Δ , para que assim fosse possível o seu entendimento na variação do fluxo magnético e tempo.

Os alunos tinham observado no simulador da Lei de Faraday que ao aumentar o número de espiras do solenoide, aumentava também o brilho da lâmpada. *O que significa aumentar o brilho da lâmpada?* Os alunos respondem "aumentar a força eletromotriz". Neste momento eles já associam o número de voltas com o aumento da fem induzida e a equação da Lei de Faraday é apresentada multiplicando-se a equação anterior pelo número de voltas N : $\varepsilon = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$. A corrente induzida então no experimento da bobina e no solenoide é devida a fem induzida e pode ser obtida a partir da equação $i = \frac{\varepsilon}{R}$.

Na sequência os alunos realizaram a aplicação da equação de fluxo magnético e da fem induzida em um exemplo realizado em sala e posteriormente em uma atividade realizada como tarefa (Anexo 1). O objetivo desta atividade é sistematizar o conceito de fluxo magnético e fem induzida. Pode-se observar que os alunos apresentaram 89 % de acertos.

Formulada a Lei de Faraday e sistematizada com a aplicação e cálculo de problemas, foi o momento de explorar o sinal negativo que aparece na formulação completa da Lei de Faraday. O foco da próxima semana foi o estudo da Lei de Lenz.

6.3 Semana 3

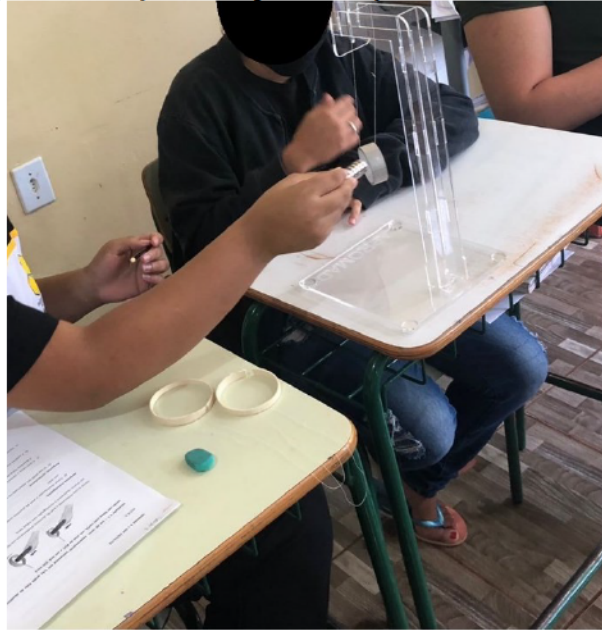
6.3.1 Atividade 3.1 - Lei de Lenz

O objetivo desta semana é a compreensão da Lei de Lenz. Para isto os alunos realizaram três atividades nas quais serão apresentados os resultados.

A primeira consiste em uma atividade experimental composta por três anéis sendo um alumínio, um de alumínio com corte, um anel de PVC, um ímã, fio isolante e suporte.

Iniciou-se a aula mostrando o anel de alumínio suspenso em uma linha isolante e o ímã. Solicitou-se que os alunos realizassem as investigações para solucionar o seguinte problema: *Como movimentar o anel de alumínio suspenso sem tocá-lo com a utilização de um ímã?* Os grupos realizaram suas hipóteses e fizeram os testes chegando todos a conclusão de que 'movimentado o ímã o anel se mexe'. Os alunos ficaram empolgados nessa atividade, foi visível a satisfação deles em realmente ver/sentir a indução eletromagnética acontecendo e não somente acreditando no que é dito pelo(a) professor(a). Na Figura 32, pode-se observar um dos grupos realizando a investigação.

Figura 32 - Representação do experimento Lei de Lenz



Fonte: Autoria própria (2022).

No momento da exploração do experimento, os alunos foram questionados a observar qual seria o efeito sobre o anel ao aproximar e ao afastar o ímã dele. Os 3 grupos notaram que ao aproximar o ímã do anel o anel tende a se afastar, já quando eles afastavam o ímã do anel, o anel tendia na mesma direção que o ímã estava indo.

Uma observação bem interessante é que alguns alunos relataram que 'os polos do ímã e do anel deviam ser contrários ou iguais para tal fenômeno estar acontecendo'. Observe que estes alunos usam o conhecimento prévio de atração e repulsão entre polo de um ímã e aplica de forma correta no fenômeno observado.

A próxima pergunta é para os alunos dizerem a causa destes movimentos observados. *O que causa a aproximação e o afastamento entre o anel e o ímã? Explique qual a grandeza física associada a essa observação.* Os 3 grupos responderam que o afastamento ocorre porque os polos são iguais e a aproximação ocorre porque os polos são diferentes. Novamente fazem uso de conhecimento prévios fazendo analogia correta. Com relação a grandeza física associada ao fenômeno, dois grupos escreveram que seria 'a força eletromotriz' um grupo escreveu 'a eletromotriz'.

Continuando a exploração com o anel de alumínio partido, os alunos investigaram: *É possível movimentar o anel com corte utilizando um ímã sem tocá-lo? Por quê?* Todos os grupos observaram que não é possível e explicaram que o motivo

seria por se tratar de um circuito aberto. Dois grupos acrescentaram ainda não haver força eletromotriz num circuito aberto, o que está incorreto.

No uso do anel de PVC, é possível movimentar o anel de PVC utilizando um ímã sem tocá-lo? Por quê? As respostas foram: 'Não é possível movimentar porque o PVC é isolante não possui campo magnético', 'Não, pois o PVC é um plástico (isolante) e não há força eletromotriz?' e 'Não. Pois é um plástico é isolante não tem força eletromotriz'. Observa-se uma confusão no entendimento de todos os grupos. Ambos dizem por ser um isolante, o que está superficialmente coerente, pois no isolante não conduz corrente elétrica mesmo se aplicando uma *fem*. Na primeira resposta o grupo diz que não terá campo magnético e está correto, mas não explica por quê. E nas duas últimas resposta diz que não haverá uma força eletromotriz o que está incorreto, não haverá uma corrente induzida por se tratar de um material isolante e por isto não terá um campo magnético induzido para se opor ao movimento do ímã.

Este foi um momento bem importante para esclarecer algumas dúvidas que os alunos ainda tinham com relação a *fem* induzida, relembrar conceitos de circuito aberto e fechado, conceito de condutores e isolantes e ainda explorar o conceito da Lei de Lenz.

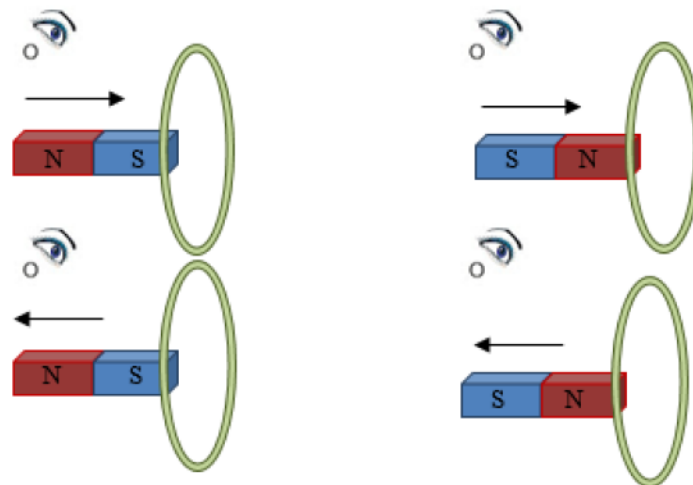
Ao final dessa atividade, notou-se como os alunos ficaram satisfeitos em realizar a atividade, visto que era visível a indução eletromagnética, como foi pedido para eles amarrarem a linha na sua mão eles puderam sentir o ímã movimentando o anel.

Durante a aplicação as falas dos alunos foram: 'que massa, professora' e 'professora, dá pra sentir'. O sentimento foi de satisfação ao final dessa atividade, por receber tantos elogios das atividades por meio dos alunos.

6.3.2 Atividade 3.2- Entendendo a Lei de Lenz

Esta atividade é composta por quatro ilustrações (Figura 33) de um ímã e um espira. Os alunos deveriam indicar o sentido da corrente induzida na espira, ou seja, sentido horário ou anti-horário, de acordo com o observador O. E no centro da espira indicar com a letra N para polo norte ou S para polo sul do campo magnético induzido no anel. O objetivo é sistematizar o conceito de oposição envolvido na Lei de Lenz.

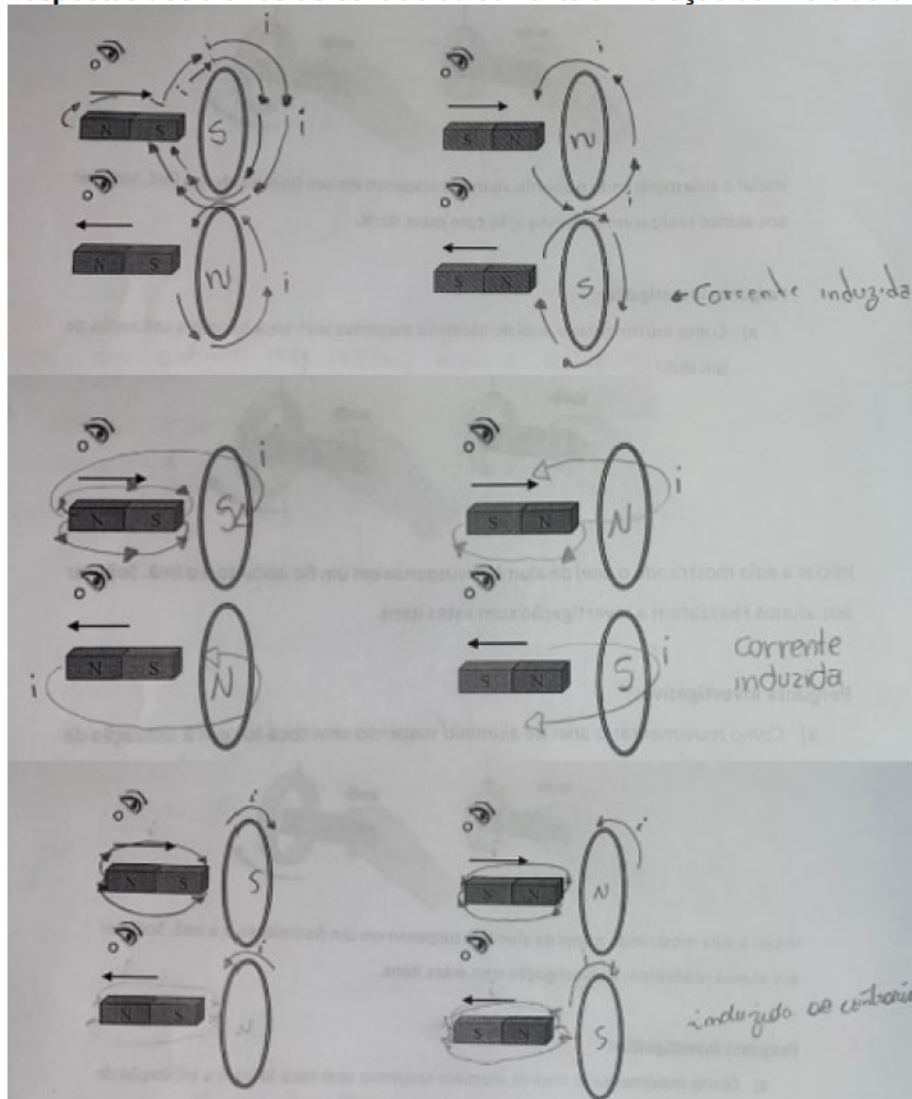
Figura 33 - Atividade sobre a Lei de Lenz



Fonte: Autoria própria (2022).

Os alunos devem fazer analogia com o experimento que acabaram de executar com o anel de alumínio. Na Figura 34, pode-se observar as atividades dos três grupos. Observa-se que os alunos indicam a polaridade correta no centro da espira, mas tem dificuldade em indicar o sentido correto da corrente induzida que provoca este campo magnético induzido. A partir da indicação do polo do campo magnético induzido os alunos deveriam usar a regra da mão direita para obtenção do sentido da corrente induzida. Então os alunos entendem que existe a oposição, mas ainda não compreende “como” e “porque” ela ocorre.

Figura 34 - Respostas dos alunos do sentido da corrente em relação ao ímã e ao observador O



Fonte: Autoria própria (2022).

Fez-se necessário um momento de discussão para a compreensão do sentido da corrente induzida. O desenho foi feito no quadro, oportunizando um novo momento para elaboração de hipóteses e testá-las usando a regra da mão direita. Assim, com a ajuda da professora a atividade foi refeita indicando o sentido correto da corrente elétrica em cada caso.

Iniciou-se então a explicação da Lei de Lenz a partir das imagens e utilizando o experimento para mostrar a ocorrência do efeito de oposição ao que está provocando a força eletromotriz induzida, por isto do sinal de menos da equação da Lei de Faraday: $\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$.

A próxima atividade tem o objetivo de sistematizar o conceito da Lei de Lenz e permitir que seja formado um raciocínio científico sobre ele.

6.3.3 Atividade 5.3 – Tubo antigravidade

Para esta atividade cada um dos grupos recebeu dois tubos, um de alumínio e um de PVC, dois parafusos e dois ímãs idênticos. Novamente os alunos precisam responder as perguntas investigavas a partir do levantamento e teste de hipóteses. É muito importante que o aluno primeiro formule uma hipótese para depois testá-la. Na Figura 35 pode-se observar a realização do experimento.

Figura 35 - Representação do Experimento Tubo Antigravidade



Fonte: Autoria própria (2022).

Na primeira pergunta: *a) Ao soltar os parafusos ao mesmo instante de tempo da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a altura, qual chegará primeiro? Por quê?* Os 3 grupos responderam que os dois chegam juntos, em razão da gravidade. Ao realizarem o experimento observam que a resposta estava correta.

Na segunda pergunta: *b) Ao soltar os ímãs, ao mesmo instante, da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a altura, qual chegará primeiro? Por quê?* No levantamento de hipóteses, antes mesmo da realização do experimento a resposta de alguns alunos já foi: Que o do tubo de plástico chegará primeiro na superfície pois não há intervenção do campo magnético e da força eletromotriz.

Após o experimento, os grupos responderam:

Grupo 1: 'o ímã que está no cano de plástico, porque o ímã no cano de alumínio tem a força eletromotriz'.

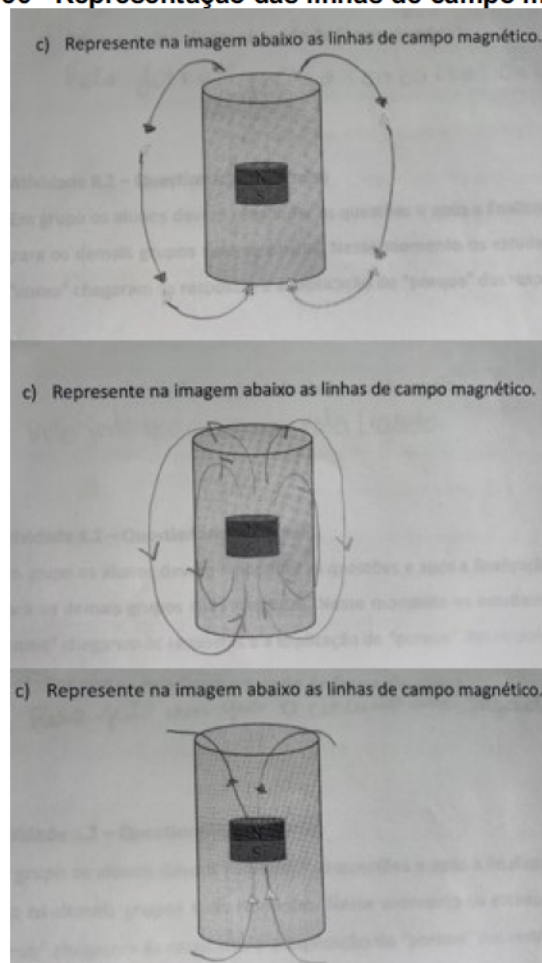
Grupo 2: 'o do tubo de plástico, pois não há intervenção do campo magnético, e da força eletromotriz'.

Grupo 3: 'o de plástico pois no de alumínio tem a existência da força eletromotriz'.

Observa-se que o Grupo 1 afirma que sobre o ímã tem uma força eletromotriz, mostrando que o grupo está confundido os conceitos vistos. O Grupo 3 afirma que a existência da *fem* no tubo de alumínio. O Grupo 2 está inconclusivo, não ficou muito clara a resposta. Pode-se observar que ainda existem lacunas no entendimento da indução eletromagnética.

Na sequência realizou-se a parte exploratória da atividade com perguntas envolvendo desenhos para que os alunos pudessem mostrar como o efeito ocorre. Inicialmente os alunos deveriam indicar as linhas de campo magnético do ímã caindo dentro do tubo condutor. Pode-se observar na Figura 36, que os alunos lembram fazendo o desenho corretamente com as linhas de campo magnético saindo do polo norte do ímã e entrando no polo sul.

Figura 36 - Representação das linhas de campo magnético



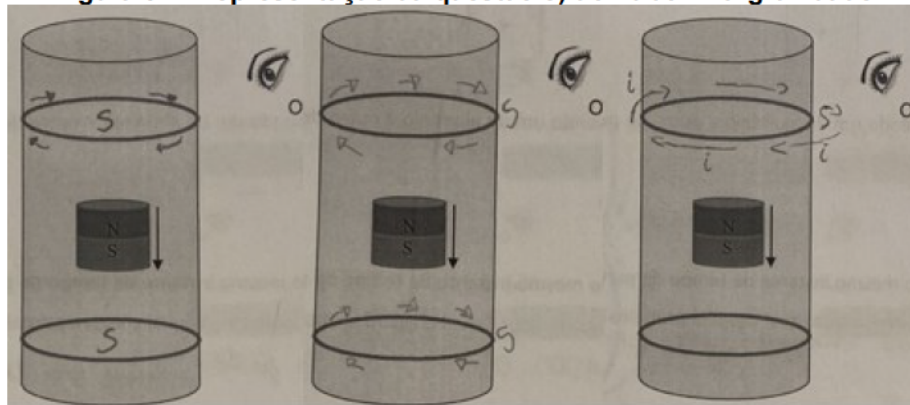
Fonte: Autoria própria (2022).

Na sequência os alunos são questionados: “Agora imagine que o tubo fosse feito por vários anéis. Podemos considerar cada anel como se fosse uma espira. Na

Figura 37 temos a representação de duas espiras uma superior e outra inferior ao ímã. Respondam à pergunta: “Considerando que o ímã está caindo, determine o campo magnético induzido em cada espira de acordo com o observador indicando o sentido da corrente induzida.”

Na Figura 37 pode-se observar a representação realizada pelos grupos. O que se pode perceber é que eles compreenderam qual será a polaridade de campo magnético induzido, mas ainda possuem dificuldade em a partir do campo magnético determinar o sentido da corrente induzida.

Figura 37 - Representação da questão e) do Tubo Anti-gravidade



Fonte: Autoria própria (2022).

Nota-se o quão importante é explorar a orientação do campo magnético gerado por correntes elétricas, pois são conceitos de difícil compreensão pelos alunos. Os alunos costumam confundir muito a orientação de vetores relacionadas aos campos elétrico e magnético. No campo magnético existem várias regras denominadas de regras da mão direita, as quais os alunos trocam a sua aplicação. São dúvidas que vão acumulando e quando chega nos conteúdos, como indução eletromagnética, o aluno vem com muitas lacunas de definições importantes. Então pode-se perceber que é frequente o processo de retomada de conceitos que os alunos já viram, mas que se faz necessário para a compreensão correta, no caso, do conceito da indução eletromagnética.

Neste sentido, novamente os grupos foram orientados a utilizar a regra da mão direita, primeiramente em exemplos ilustrados no quadro e, posteriormente, na atividade do tubo.

Quando questionados sobre: *O que podemos concluir com relação as forças resultantes que irão atuar sobre o ímã?* Os 3 grupos responderam a mesma coisa:

‘força eletromotriz e gravidade’. Erro bem comum, todos estão associando *fem* com força, este fato deve-se principalmente ao nome, já que *fem* tem o termo “força” em seu nome. Neste momento é importante o professor rever e esclarecer esta diferença entre os dois termos e explicar que as forças que vão atuar são a gravitacional e a força magnética. E assim concluir que existe um freiamento do ímã devido a força magnética que é vertical para cima. A questão do freiamento magnético também pode ser retomada na próxima atividade.

6.3.4 Atividade 3.4 – Experimento do pêndulo eletromagnético

O objetivo desta atividade foi aplicar os conhecimentos adquiridos até o momento para compreensão do funcionamento de um pêndulo eletromagnético. Cada grupo recebeu um pêndulo, conforme Figura 38. Inicialmente os alunos foram informados que os *leds* estão ligados de forma invertida no circuito para posterior manipulação do experimento a fim de responder à pergunta investigava: *O que provoca o acendimento dos leds?* Os três grupos apresentaram respostas superficiais dizendo ser o movimento do ímã.

Figura 38 - Representação do Experimento Pêndulo eletromagnético



Fonte: Autoria própria (2022).

Na fase próxima etapa, foram realizadas perguntas para explorar o experimento. Primeiramente os alunos tiveram que responder a seguinte pergunta: *(a) Se soltar o ímã em diferentes alturas, o que pode ser observado no brilho dos leds? Explique.* Todos os grupos disseram que ‘quanto maior a altura do ímã mais forte é a

luz dos *leds*, e menor altura do ímã mais fraca é a luz do led', portanto, sem explicar o porquê da observação.

Na segunda pergunta: *(b) Ao ligar os terminais da bobina em curto-circuito, o que pode ser observado no movimento do ímã? Por que isto acontece?* Os 3 grupos responderam que continua igual no levantamento de hipótese. Mas após a realização do experimento puderam observar que o ímã era freado mais fortemente. Neste momento é importante o papel do professor para que o aluno possa compreender o que realmente está sendo observado, "como" está ocorrendo o fenômeno explorado o "porque" ele ocorre desta forma.

Neste experimento específico o que pode ser observado é uma corrente maior na bobina, pois praticamente não há resistência, apenas a do fio condutor. Esta corrente gera um campo magnético induzido na bobina que se opõe ao movimento do ímã, fazendo com que o ímã seja mais fortemente freado.

Na terceira pergunta: *(c) Se os terminais da bobina estiverem abertos, o que pode ser observado no movimento do ímã? Explique.* Os 3 grupos responderam que não é gerado corrente, mas não explicaram o porquê. Novamente o professor deve entrar em ação e solicitar uma explicação do "porque" não é gerada uma corrente.

Pode-se associar ao experimento do anel condutor partido. Lá existia variação do fluxo do campo magnético, porém como o anel estava aberto não circulava corrente e conseqüentemente não forma um campo magnético induzido. Dessa forma na bobina o ímã oscilando sobre ela, provoca uma variação do fluxo do campo magnético, mas como o circuito está aberto a corrente induzida é nula. Não havendo corrente circulando na bobina, não haverá um campo magnético na bobina que irá frear o ímã. Assim o ímã oscila sem a ação de uma força magnética.

Para finalizar a exploração, usou-se a seguinte pergunta: *(d) Por que os led ficam piscando de forma aleatória?* Os 3 grupos responderam que pelo jeito que o circuito está ligado. Inicialmente os alunos foram informados que os *led* estavam ligados de forma oposta.

Ao final da exploração foi realizada uma explicação relacionando os efeitos observados, em cada fase do experimento, com os princípios da indução eletromagnética e a conservação da energia e como era a forma com que o circuito com os *leds* foi montado.

6.3.5 Atividade 3.5 – Síntese do conceito de indução eletromagnética

Esta atividade consiste em um questionário (Apêndice D) usado para sistematizar os conhecimentos construídos e observar lacunas que ainda existem em relação aos conceitos da indução eletromagnética. Cada grupo deveria responder as questões e após a finalização apresentarem para os demais grupos suas respostas.

Na primeira questão, *qual o verdadeiro significado físico do sinal de menos na lei de Faraday?* Todos os grupos responderam: ‘a força eletromotriz é contrária ao sentido da corrente’. Observe que os alunos cometem uma confusão de conceitos. Eles têm em mente a palavra “contrária”, mas usada de forma equivocada.

Deve-se fazer associação com os experimentos usados e ser bastante cauteloso na hora de explicar, “traduzindo” aos alunos quais são as variáveis que estão envolvidas no fenômeno (VIACELLI, 2020).

Pode-se observar que os alunos ainda não têm o conhecimento científico sobre a Lei de Lenz. Pois na hora de realizar a representação do sentido da corrente induzida e indicar a polaridade do campo magnético induzido ainda há equívocos.

Aproveitou-se o momento da aula para discutir os resultados equivocados e se chegar em uma solução com explicação científica. Para isto usou-se analogia com os experimentos realizados até o momento.

Já na parte da aplicação das equações matemáticas de fluxo do campo magnético e da Lei de Faraday os alunos desenvolveram os exercícios 5 e 6 de forma totalmente correta, cometendo um erro no exercício 4, que foi corrigido pela professora.

6.4 Semana 4

6.4.1 Atividade 4.1 – Geração e transmissão de energia elétrica

Inicialmente ao final da última os alunos tiveram como tarefa realizar a leitura do texto do livro, Curso de Física Vol 3. (ALVARENGA, B.; MÁXIMO A., 2018,p. 318-322) que fala sobre geração e transmissão de energia elétrica, que são tecnologias que fazem uso do fenômeno de indução eletromagnética.

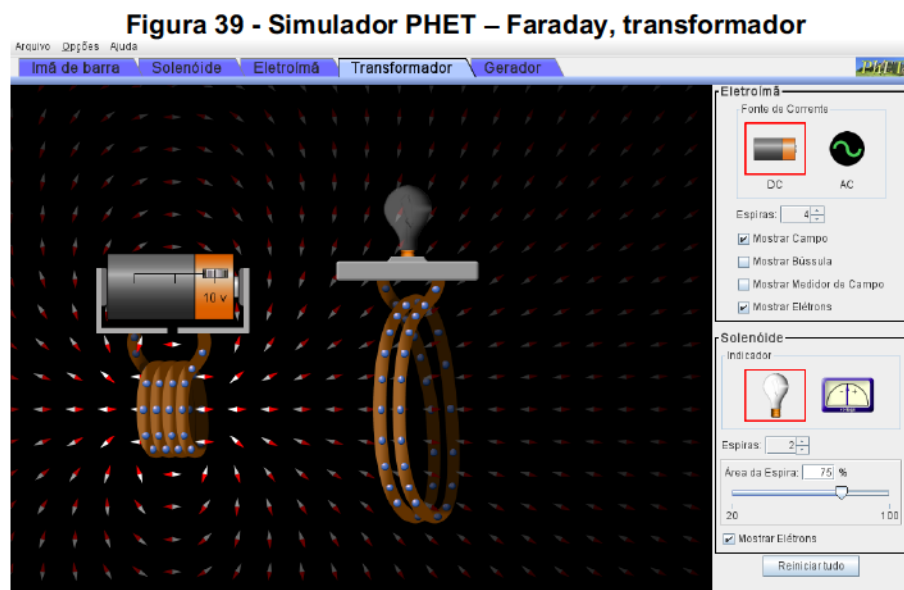
Segundo Carvalho (2011), ao se ensinar ciências por meio da investigação oferecemos aos alunos oportunidades de olharem o mundo a sua volta, com estratégias para desenvolverem planos e ações.

Ao final do texto os alunos responderam as questões como: *Quais os tipos de energia que podem ser transformadas em energia elétrica a partir de geradores nas usinas? A transmissões de energia são em alta tensão, explique o porquê disso e justifique este processo e por que a corrente que utilizamos em nossas residências é alternada e não contínua?*

Pode-se observar que com esta pesquisa os estudantes já tiveram o primeiro contato com o conteúdo de geradores de energia elétrica, transformadores e um pouco sobre seu funcionamento e como eles são usados em nosso cotidiano.

6.4.2 Atividade 4.2 – Simulador PHET Faraday transformador

Iniciou-se a semana 4 no dia 30/11/2021, com uma pergunta relacionada ao texto da tarefa: *o que é um transformador, o que ele faz e como ele faz*. Os alunos elaboraram e criaram hipóteses que foram expostas aos demais grupos. Na sequência, no laboratório de informática, foi solicitado que abrissem o simulador PHET- Faraday selecionando aba “Transformador” (Figura 39).



Fonte: PHET (2022).

Na sequência cada grupo teve que realizar o levantamento de hipóteses e testá-las no simulador com o objetivo de responder à pergunta investigativa: *De quantas formas diferentes é possível acender a lâmpada, cite cada uma delas?* Inicialmente os grupos responderam que movimentando a bobina que está com a lâmpada em relação a outra e outra maneira que seria possível acender a lâmpada seria movimentar a outra bobina que na Figura 39 está com a fonte de corrente. Ainda

os alunos comentaram que poderia ser como no experimento que já haviam feito da SEI, que movimentando a bobina em relação ao ímã e a lâmpada acendia. Nota-se que os alunos criam um levantamento de hipóteses, mas sem certeza se a resposta estaria correta ou não, fazem assimilação do experimento já desenvolvido para criarem hipóteses e uma resposta concreta. Em seguida, foram manusear o simulador e verificar se está correto o que responderam na pergunta investigativa. Primeira observação que agora não tinha um ímã e sim duas bobinas. Manipulando o simulador as respostas relatadas foram: ‘movendo a bobina primária em relação a secundária’, ‘movendo a bobina secundária em relação a primária’, ‘alternando a fonte’ e ‘fonte de corrente alternada’.

Este simulador permite explorar o funcionamento de um transformador, observar o fenômeno de indução eletromagnética entre dois circuitos, sendo possível alterar a área e número de espiras do solenoide. Então a segunda etapa das questões tem o objetivo de realizar a exploração desta ferramenta de ensino.

Uma das perguntas era para verificar o brilho da lâmpada variando o número de espiras. Neste caso a resposta foi a mesma para todos: ‘quanto mais espiras, mais forte fica a luz’, ‘a luz da lâmpada fica mais forte’ e ‘quanto mais espira mais voltagem’. Por enquanto sem explicar “como” e “porque” este efeito observado acontece.

Na sequência os grupos precisam relacionar o brilho da lâmpada com as possíveis variáveis. Todos os grupos usam o termo “voltagem” e não força eletromotriz induzida, como responsável pelo brilho da lâmpada. O termo “voltagem” é incorreto e frequentemente usado por pessoas leigas. Este termo é derivado da unidade Volt e da palavra em inglês “voltage”. O termo popular ‘voltagem’ ainda está no vocabulário dos alunos. Neste momento é muito importante o professor enfatizar o uso correto dos termos físicos, e explicar de forma clara o significado de cada palavra.

Foi solicitado aos grupos realizarem a troca da pilha pela fonte de corrente alternada para observar o seu efeito na lâmpada e no voltímetro e compararem suas respostas com o uso da pilha. Durante a discussão e exposição das respostas foi necessária uma explicação por parte da professora sobre o que foi observado, por exemplo, o porquê da lâmpada piscar e da variação do sinal da *fem* induzida.

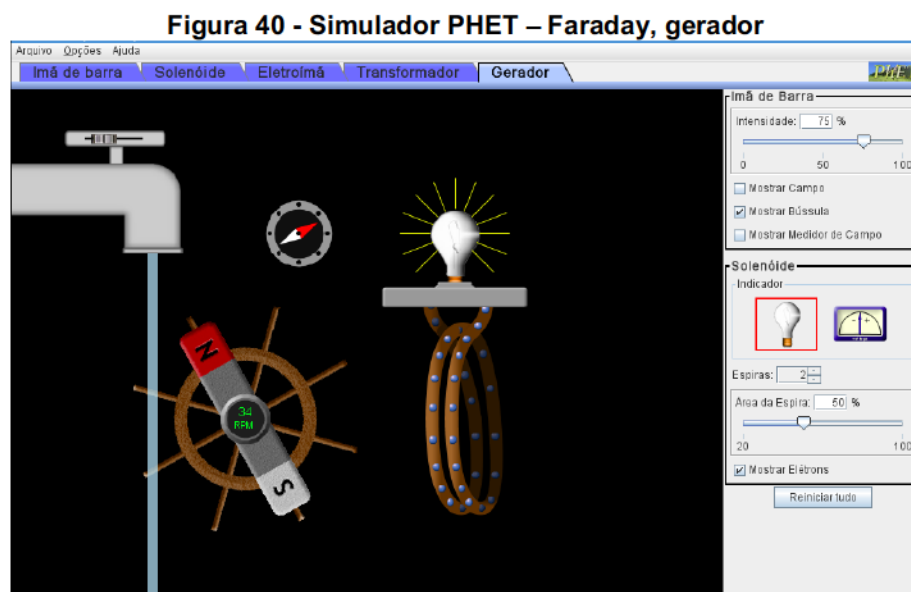
6.4.3 Atividade 4.3 - Simulador PHET Faraday, gerador

Assim que os alunos terminaram a atividade de transformadores, foi aplicado a atividade de geradores. Este simulador consiste em uma torneira na qual pode-se

regular o fluxo de água, uma roda d'água com um ímã preso, e um solenoide que pode ser conectado com uma lâmpada ou um voltímetro. Esta atividade tem o objetivo de compreender como funciona a geração de energia elétrica com a indução eletromagnética.

Inicialmente os alunos foram questionados sobre o que seria um gerador de energia elétrica, como que ele funciona e quais modelos que existem. Pode-se observar que os estudantes já tinham conhecimento baseado no texto que haviam lido.

Na sequência, foi solicitado que os grupos selecionassem a aba “Gerador” (Figura 31), para fazerem o levantamento de hipóteses e iniciar a manipulação do simulador com o objetivo de responderem a questão investigativa: *O que pode ser feito para ascender a lâmpada?* Todos os grupos trouxeram como hipótese ‘abrir a torneira’, e assim puderam constatar este fato no simulador. Observa-se a necessidade de sempre questionar os alunos com relação ao “como” e ao “porque”, pois as respostas tendem a ser diretas e sem explicação.



Fonte: PHET (2022).

Existem uma série de conceitos e fenômenos que podem ser explorados neste simulador, como: a *fem* alternada, relação do fluxo de água/área da espira/número de espira/intensidade do ímã com a intensidade da *fem* induzida, relação da energia mecânica com a energia elétrica, entre outros.

Com relação a fase exploratória do simulador, pode-se observar que os estudantes fazem relação entre o brilho da lâmpada com o movimento dos elétrons e

a relação entre vazão d'água e número de espiras com a energia gerada. Respostas dos grupos na exploração: 'há mais brilho na lâmpada quando os elétrons se movimentam mais rápido', 'quanto maior o número de espiras maior a energia', 'menos água menos energia', 'quanto menos corrente menos energia'.

Outra coisa que chamou a atenção dos alunos foi trocar a lâmpada pelo voltímetro, e constatar que estava sendo gerada uma diferença de potencial alternada, fato que não foi realizado por experimentos.

Segundo Bellucco (2014) essencial contextualização dos conteúdos, na qual os estudantes podem exercitar os conceitos e modelos apreendidos no seu dia a dia, o que pode criar uma relação positiva frente à Física.

Na sequência para sistematizar os conhecimentos dos alunos a respeito da aplicação do conceito da indução eletromagnética, foi proposto um questionário com cinco questões (Questionário B).

6.4.4 Atividade 4.4 - Sistematização do conceito de transformador e gerador elétrico

O objetivo do questionário é sistematizar os conhecimentos construídos sobre transformadores e geradores de energia elétrica. O questionário (Apêndice E) com cinco perguntas foi aplicado individualmente. As três primeiras questões exploram o conceito de transformador, cálculo usando a relação $\frac{N_1}{V_1} = \frac{N_2}{V_2}$. As duas últimas questões são cálculos sobre geração e transmissão de energia elétrica, referentes ao texto do livro Alvarenga e Máximo, 2018.

Na primeira pergunta os alunos observaram que o potencial de uma espira e a corrente elétrica está relacionada com o número de enrolamento que a espira possui, portanto quanto mais voltas um transformador possui maior será seu potencial e sua corrente elétrica.

Nas questões 2 e 3, as quais os alunos tinham que realizar o cálculo usando a relação entre o número de espiras e a ddp de um transformador, os alunos conseguiram executar sem dúvidas aparentes.

No exercício 4 os alunos tiveram dificuldade em entender as perguntas b) e c), uma perguntava da potência dissipada e outra sobre a porcentagem de energia gerada que é dissipada em uma transmissão. Nesse caso os alunos não lembravam sobre o conceito de potência dissipada sendo este um momento para resgate dessa informação. A professora explicou para eles o fenômeno físico e assim que foi

terminado a explicação juntamente com a manipulação da equação no quadro, os alunos conseguiram fazer o exercício. Já na pergunta c) os alunos não faziam a mínima ideia de como realizar, portanto, a professora explicou no quadro também, a analogia da potência gerada na usina elétrica e a potência dissipada, depois dessa explicação os alunos conseguiram resolver fazendo analogia com as duas potências e a porcentagem.

Já no exercício 5, não tinha nenhuma manipulação de equação apenas interpretação da figura apresentada no texto, nesse exercício foi interessante pois os alunos levantaram hipóteses em cada pergunta do exercício fazendo uso do conhecimento científico correto, pois chegaram na conclusão correta de cada pergunta apresentada.

Ainda na questão 5 foi possível observar que os alunos debatiam entre eles algumas etapas para chegar no conhecimento científico correto, isso significa que os alunos, conseguiram construir as etapas do conhecimento científico, sendo assim, uma aula baseada em uma sequência de ensino investigativa proporciona uma aula mais atraente aos alunos, com a participação de todos (MACEDO, 2016).

Finalizada as atividades da semana, os estudantes tiveram como tarefa a atividade resumo (Apêndice E), a qual deveriam responder para discutir as respostas na próxima semana.

6.5 Semana 5

6.5.1 Atividade resumo

Conforme Belluco e Carvalho (2014, p.46): “O questionário resumo tem o objetivo de avaliar o nível de compreensão do conteúdo alcançado, além de possibilitar a recuperação dos estudantes que não acompanharam o processo de ensino-aprendizagem”.

Para isto as questões fazem relação com experimentos e simuladores usados durante as atividades. Neste processo os alunos responderam ao questionário individualmente em casa.

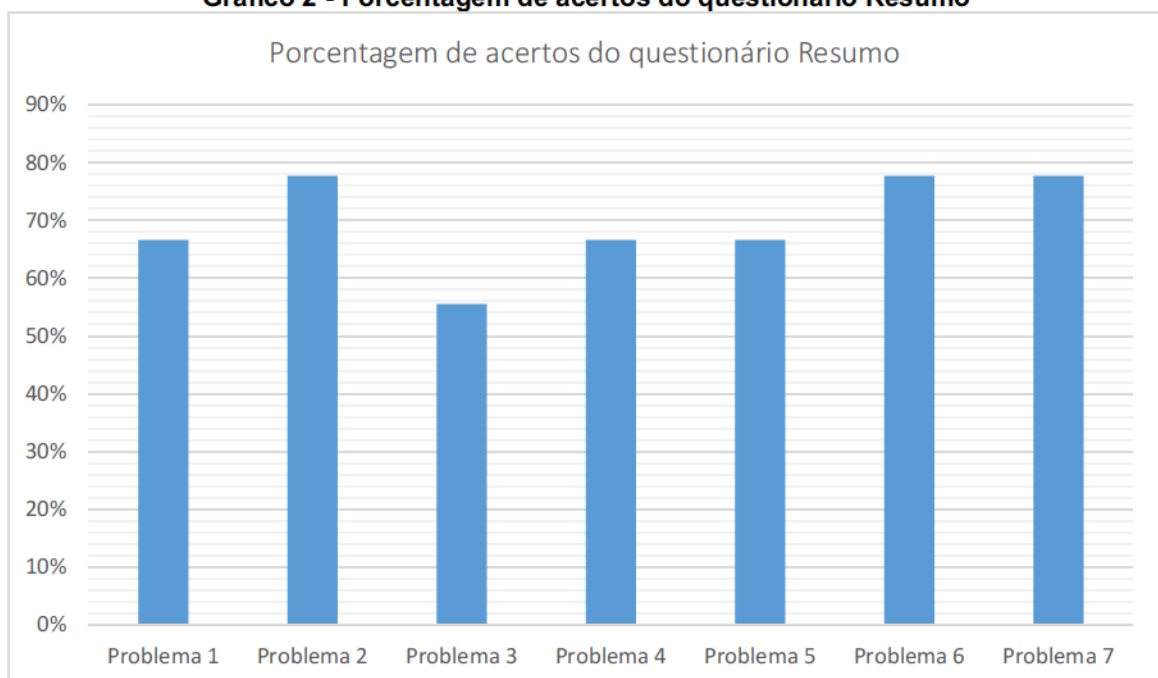
No início da aula, os estudantes tiveram que dizer “como” chegaram à resposta e “porque” tal resposta encontrada. Durante a explicação do porque a professora faz a correção de eventuais erros observados. Este procedimento foi adotado para cada uma das questões.

Iniciou-se perguntando aos alunos se tiveram alguma dificuldade ao realizar as perguntas da tarefa, os mesmos falaram que não. Então, a professora começou a correção da tarefa, e sempre questionando os alunos antes de dar a resposta correta a eles, baseando sempre nas etapas da SEI de Bellucco e Carvalho (2014).

O resultado do questionário de revisão pode ser observado no Gráfico 2, o qual mostra a porcentagem de acertos em cada questão. Alguns estudantes ainda têm dificuldade no entendimento da aplicação da Lei de Lenz, principalmente quando precisam ilustrar o sentido da corrente induzida. Isto pode ser observado nas questões 3, 4 e 5, que são questões de aplicação da Lei de Lenz. Parecem compreender o conceito, conforme pode ser observado no resultado da questão 2, que trata da definição da Lei de Lenz, mas alguns estudantes confundem na hora de aplicar.

Esta foi uma oportunidade importante para o docente em conjunto com os alunos discutirem estas dúvidas e se necessário explorar novamente no experimento e/ou simulador utilizado.

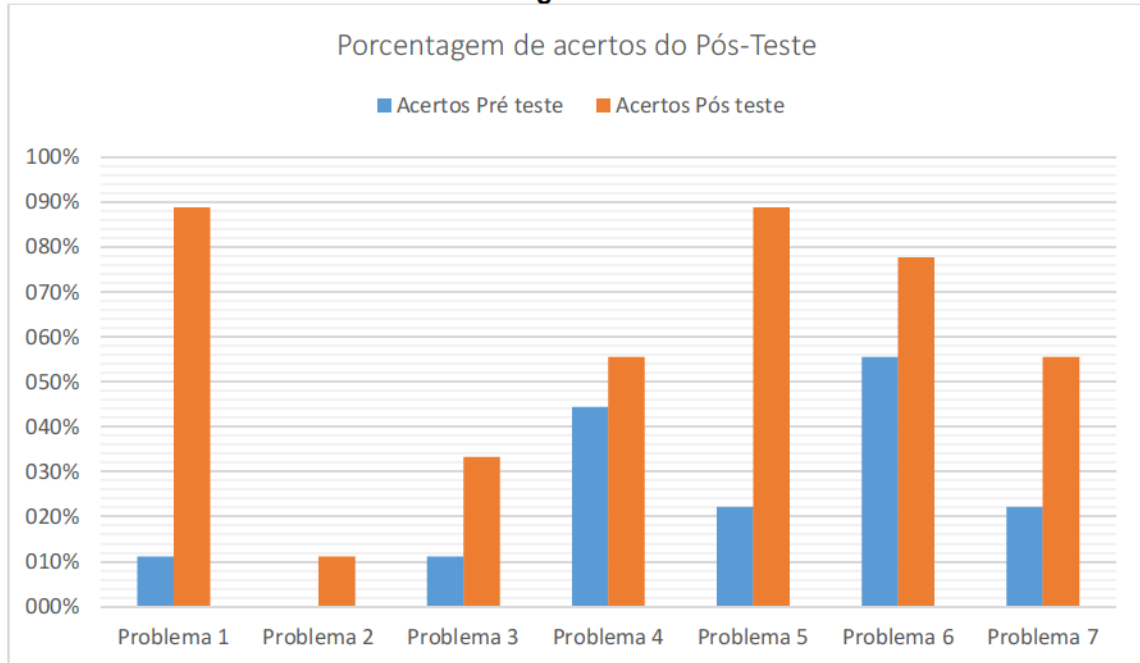
Gráfico 2 - Porcentagem de acertos do questionário Resumo



Fonte: Autoria própria (2022).

6.5.2 Pós teste

O objetivo do pós-teste era avaliar o nível de compreensão que os estudantes obtiveram após a aplicação da SEI. Desta forma foi realizado de maneira individual. No Gráfico 3 pode-se observar a porcentagem de acertos do pré e pós-teste.

Gráfico 3 - Porcentagem de Acertos Pós-Teste

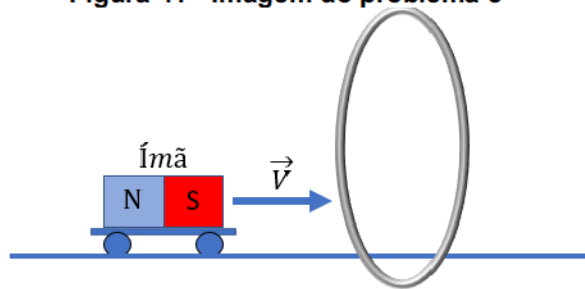
Fonte: Autoria própria (2022).

As questões 1 e 2 falavam exclusivamente sobre geração de campo magnético, bússola e campo magnético da terra, que foram conceitos que tiveram bastante erros no pré-teste. Por este motivo foram incorporados na SEI nas duas primeiras atividades experimentais. Pode-se observar uma grande melhora, porém em relação ao funcionamento da bússola e do campo magnético a dúvida permaneceu. Este resultado sugere uma atividade específica sobre o uso da bússola em ímãs e no campo magnético terrestre para que fique claro o seu entendimento. Isto poderia ser feito no início do conteúdo de campos magnéticos.

As questões 3 e 4 estavam relacionadas com o campo magnético, conceitos que envolvem a corrente elétrica em um fio condutor e em uma espira. Observa-se que houve um aumento no número de acertos, mas que ainda existem dúvidas com relação a este conceito.

A questão 5 é sobre a Lei de Faraday, composta por uma imagem (Figura 41) na qual perguntava em que situação haveria uma corrente induzida no anel. Este problema é muito semelhante as situações observadas em vários experimentos realizados e no simulador. Foi o tema central da SEI, mostrando que um dos objetivos principais de aplicação da SEI foi alcançado, pois 8 de 9 alunos acertaram a questão.

Figura 41 - Imagem do problema 5



Fonte: Autoria própria (2022).

A questões 6 e 7 eram sobre transformadores e geradores de energia elétrica, respectivamente. Os resultados mostram um aumento significativo de acertos, principalmente relacionados a geradores de energia elétrica. Estes temas foram abordados a partir da leitura de um texto e com o uso do simulador PHET-Faraday.

Notou-se que os discentes presentes na SEI eram alunos que traziam consigo pouco conhecimento prévio, por isso, acredita-se que as respostas tenham sido tão diretas nas atividades, porém mesmo não tendo muito conhecimento prévio em suas bagagens os alunos tinham uma pré-disposição para aprender.

Como Ausubel (1999) cita a aprendizagem do indivíduo se dá a partir de duas condições extremamente importantes, sendo elas: o conhecimento prévio e a predisposição para aprender, a pré-disposição os alunos mostravam que tinham, porque quando a docente os questionava do “porque, se e como” os mesmos obtinham uma resposta, não com conhecimento científico, mas de maneira coerente com o que se estava estudando.

Ainda pode-se citar que os alunos adquiriram um conhecimento sobre campo magnético, fem e indução eletromagnética, pois pode-se notar que no pré teste eles não faziam ideia do que se tratava, mas com as atividades aplicadas todos conseguiram criar etapas de raciocínio científico correto, além de conseguirem interagir entre eles e as atividades em grupos são importantes nas escolas pois assim o aluno se conecta já na escola e o ajuda na interação na sociedade em que vive, pela interação entre professor-aluno e aluno-aluno (VIACELLI, 2020), pois desenvolve uma ligação social entre os alunos, visto que muitos não conseguem se conectar entre eles, tendo dificuldades então para se comunicar.

Ao final desta atividade pode se notar então que os alunos levantaram hipóteses inicialmente na atividade, desenvolveram a argumentação durante a aplicação, solucionaram o problema e construíram o raciocínio, através do “se, então, portanto” (CARVALHO, 2011).

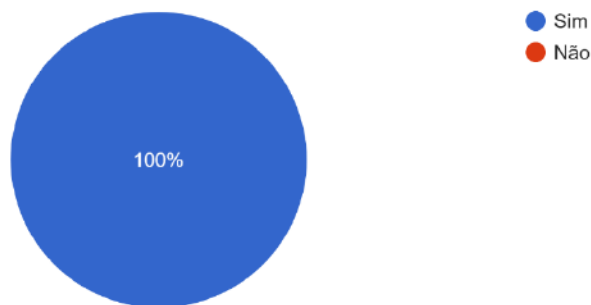
6.5.3 Questionário de satisfação

Ainda, nos últimos 10 minutos de aula, foi solicitado aos alunos para acessarem um questionário de satisfação com relação à aplicação da SEI. O resultado pode ser observado na Figura 33.

Figura 42 - Questionário de satisfação

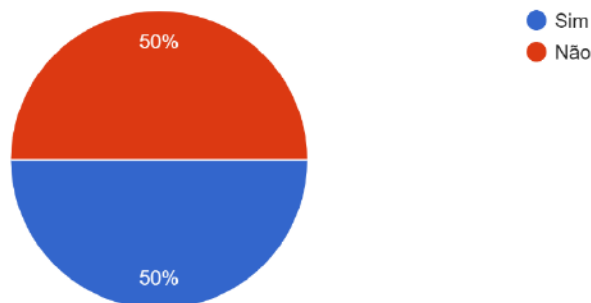
1- Você acha que as atividades desenvolvidas no projeto por meio dos experimentos e simulações ajudaram no seu entendimento?

8 respostas



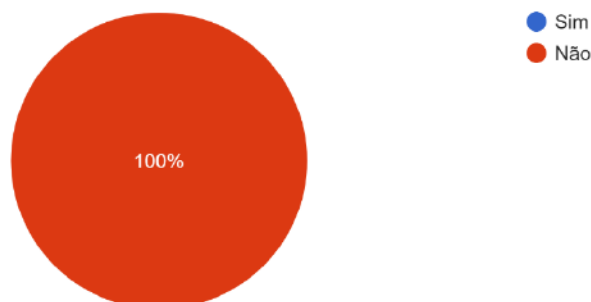
2- Na sua opinião o número de aulas desenvolvidas foi suficiente?

8 respostas



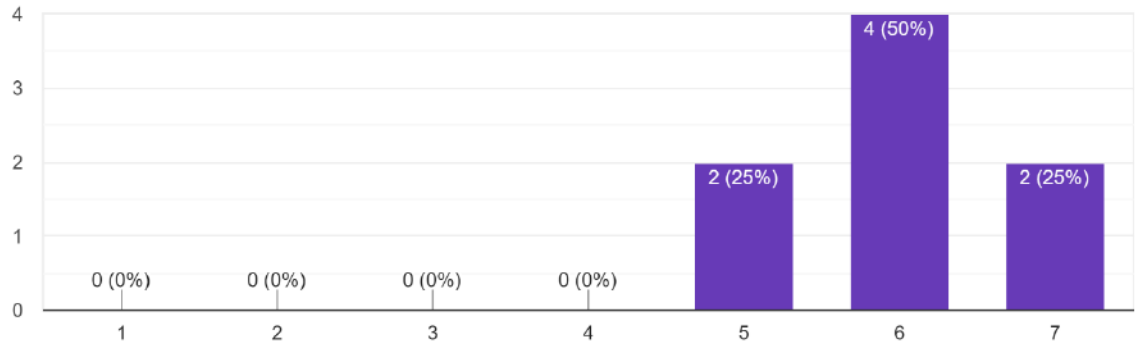
3- Na sua opinião se fosse usado o método tradicional de ensino seria mais facil estudar indução eletromagnética?

8 respostas



4- Numa escala de 1 a 7, qual seu grau de entendimento da matéria indução eletromagnética, após as aulas aplicadas? (Onde 1 pouco domínio do conteúdo, e 7 é domínio completo do assunto)

8 respostas



5- O que mais despertou o seu interesse no conteúdo ?

8 respostas



Fonte: Autoria própria (2022).

Observa-se que o que realmente despertou o interesse das atividades foram os experimentos desenvolvidos durante a SEI, além de que podemos notar que todos os alunos adquiriram algum grau de conhecimento, visto que nenhum assinalou domínio menor que 5 do conteúdo de indução eletromagnética.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi proposto uma SEI envolvendo experimentos, simuladores e problemas em situações argumentativas sobre indução eletromagnética. A argumentação é uma das fases essenciais para o processo de ensino-aprendizagem. A ideia da sequência elaborada era propiciar uma aprendizagem Significativa e trazer aulas mais motivadoras e atrativas não só para os estudantes, mas também para os professores.

Pode-se destacar alguns aspectos importantes durante a aplicação da SEI que serão destacados na sequência. Primeiramente foi observado a curiosidade e a pré-disposição dos estudantes em querer realizar a investigação em resposta a uma pergunta inicial que era proposta. Nesse sentido, os melhores resultados obtidos na SEI foram em momentos que os estudantes podiam manipular os materiais ou mexer com os simuladores. Foi perceptível nas atividades em que os alunos observaram a corrente elétrica induzida e não apenas imaginavam por meio de resolução de questionários.

Os alunos aos poucos foram adquirindo habilidades argumentativas durante a discussão dos problemas. Mas para isto foi importante que em todo o momento o aluno fosse estimulado a pensar “como” e “porque” tal fenômeno era observado, caso contrário os alunos tendem a responder sem argumentação.

Além da manipulação de experimentos e simuladores, uma etapa importante da SEI foi a matematização e sua aplicação com questões que envolvessem a aplicação das equações em problemas que estavam relacionados com o contexto que tinham visto e/ou com o dia a dia do estudante.

Dentro das principais dificuldades observadas, pode-se destacar o não entendimento do conceito de campo magnético e força eletromotriz, que são conceitos essenciais para o processo de aprendizagem do conteúdo de indução eletromagnética. Estes conceitos são vistos antes do conteúdo de indução, no caso específico do grupo de estudantes analisados, tinham sido abordados de forma tradicional.

Ao comparar os resultados do pré e pós teste pode-se observar uma melhora significativa na aprendizagem dos alunos principalmente nos conceitos relacionados ao conteúdo de indução eletromagnética, que era o objetivo principal desse trabalho.

Isto evidencia a importância de usar experimentos, simuladores, e situação contextualizadas aliados a uma metodologia de ensino investigativa. Permitir que o aluno possa realizar o levantamento de hipóteses e testá-la para conseguir visualizar o fenômeno em questão e assim, contribuir na formação do conhecimento científico.

Para finalizar pode-se citar a possibilidade da realização de trabalhos futuros, como uma pesquisa envolvendo a SEI em outras matérias e conteúdos da Física, como movimento e termodinâmica.

Ainda podemos expor algumas das dificuldades enfrentadas durante o percurso e realização do trabalho, como a dificuldade para se chegar na escola com todos equipamentos dos experimentos da semana, visto que tratava-se de uma escola do campo, e a estrada não encontrava-se em boas condições, outra dificuldade encontrada foi em relação aos conhecimentos prévios dos alunos, pois como estávamos em período de pandemia e com aulas semipresenciais os mesmos iniciaram a matéria de eletricidade desta forma, ou seja, muitas perguntas e argumentos que poderiam ser utilizados no presencial no online acabavam deixando a desejar.

REFERÊNCIAS

- AGASSI, A. R.; **Uma sequência didática para o ensino de indução eletromagnética**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3091/1/sequenciadidaticaensinoinduc ao.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.
- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A.; **Curso de física**, terceira série, 3, primeiro grau: livro do professor. São Paulo: Scipione, 2018. 416 p.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S.; Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- AUSUBEL, D.; Teoria da aprendizagem de Ausubel. *In*: MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda, 1999. p. 151-165.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P.; Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 31, n. 1, p. 30- 59, nov. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n1p30/26466>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- BRASIL.; Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências e suas tecnologias**. 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- CARVALHO, A. M. P.; Ensino e Aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - (SEI). *In*: LONGHINI, M. D. (org.). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia: Edufu, 2011. Cap. 18. p. 252-266. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/91675/mod_resource/content/1/TEXT05_SEI.pdf. Acesso em: 26 abr. 2020.
- CARVALHO, A. M. P.; O ensino de ciências e proposição de sequência de ensino investigativas. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 1. p. 1-19. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2940926/mod_resource/content/1/CARVALHO%20C%20Ana%20M.%20ENSINO%20DE%20CIENCIAS%20POR%20INVESTIGAC%CC%A7A%CC%83O%20-cap%201%20pg%20.pdf. Acesso em: 26 abr. 2020.
- DIAS, V.S.; MARTINS, R.A.; Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 517-530,

jan. 2004. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/QcVb9BJk6C4RycyjBbLLy3d/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 29 set. 2021.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J.; Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science education**, [S.L.], v. 84, n.3, p. 287-312, maio 2000. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/xvxvcne>. Acesso em: 31 jan. 2022.

DUARTE, I. S. R.; **Geração e detecção de campos eletromagnéticos por meio da bobina de tesla**: uma proposta de ensino a partir de organizadores avançados ausubelianos. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/37448/1/2019_IngriddeSousaRodriguesDuarte.pdf. Acesso em: 11 fev. 2021.

GRANDY, R.; DUSCHL, R. A.; Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: analysis of a conference. **Science & Education**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 141-166, fev. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-005-2865-z>. Acesso em: 11 fev. 2021.

GRIFFITHS, D. J.; **Eletrodinâmica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2011.

GUEDES, L. D. S.; **Experimentos com materiais alternativos**: sugestão para dinamizar a aprendizagem no eletromagnetismo. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2017. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6940/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20-%20Luciano%20Dias%20Dos%20Santos%20Guedes%20-%202017.pdf>. Acesso em: 05 out. 2020.

GUISASOLA, J.; ZUZA, K.; ALMUDI, J. M.; An analysis of how electromagnetic induction and Faraday's law are presented in general physics textbooks, focusing on learning difficulties. **European Journal Of Physics**, [S.L.], v. 34, n. 4, p. 1015-1024, mai. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1088/0143-0807/34/4/1015>. Acesso em: 05 out. 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.; **Fundamentos de Física: eletromagnetismo**. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2010. 812 p.

JELICIC, K.; PLANINIC, M.; PLANINSIC, G.; Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. **Physical Review Physics Education Research**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 0101121-01011218, 27 fev. 2017. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010112>. Acesso em: 11 fev. 2021.

MACEDO, R. A.; **Uso de materiais de baixo custo para o ensino de eletromagnetismo no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2016. Disponível em:

https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/6077/1%20Diss_Comp_Capa_FINAL;jsessionid=ED0ECFAD4A7E2C5A7BE6403C57269380?sequence=1. Acesso em: 05 out. 2020.

MACHADO, J.; BRAGA, M.; A Conceitualização De Modelos Em Física: aproximações e distanciamentos entre as visões de Mario Bunge e Gérard Vergnaud. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 22, p. 1-21, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/WnySVGCTHPjhZChzR6qwwLc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 set. 2020.

MEDEIROS, E. A.; SANTOS, L. F.; Motor elétrico de Faraday – um marco no desenvolvimento da Física e um experimento para remontar em sala de aula. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 1-8, abr. 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7082/5732>. Acesso em: 27 set. 2020.

MOREIRA, M. A.; Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a13.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.

PAZ, A. M.; **Atividades Experimentais e Informatizadas**: contribuições para o ensino de eletromagnetismo. 2007. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/teses/ativ_exper_infor_magnetism.pdf. Acesso em: 27 set. 2020.

REITZ, J.; MILFORD, F; CHRISTY, R.; **Fundamentos da teoria eletromagnética**. Rio de Janeiro: Campus, 1982. 516 p.

RIBEIRO, D. T.; ALMEIDA, A. M. E.; CARVALHO, P. S.; Indução eletromagnética em laboratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto, v. 34, n. 4, p. 4317-1 – 4317-15, dez. 2012. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbef/a/bWQx7cGswNfZRgVW5Yqy3w/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SANTOS, A. A. M.; **Uma proposta de ensino da indução eletromagnética para o ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20161220152011.pdf. Acesso em: 05 out. 2020.

SASSERON, L. H.; Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49–67, nov. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMq/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A. M.P.; Construindo argumentação em sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica

e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, São Paulo, v.17, n.1, p. 97-114, jan. 2011. Disponível em <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/CyDQN97T7XBKkMtNfrXMwbC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jan. 2022.

SCARPA, D. L.; O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Ensaio Pesquisa e Educação em Ciências**, Minas Gerais, v. 17, n. especial, p. 15-30, nov. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1295/129543057002.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2022.

SILVA, R. T.; CARVALHO, H.B.; A indução eletromagnética: análise conceitual e fenomenológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Alfenas, v. 34, n. 4, p. 4314, dez. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/WLCr3FKdGGxpHgC3L6WLPdQ/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 01 out. 2021.

SILVEIRA, F.L.; Explicação qualitativa do “anel de Thomson”. Como ocorre a “Levitação Magnética”? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Ijuí, vol. 25, n.1, p.81-85, mar. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/5dN9sfsq574xsVmpYnVtQmQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 out. 2021.

SOUZA, I. M. R.; **Proposta de Ensino Investigativo usando a indução eletromagnética e piezoelectricidade aplicados aos sensores de guitarras e violões**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em <https://mnpes.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Israel%20Maxson.pdf>. Acesso em: 05 out. 2020.

STORI, A.; **Uma proposta de abordagem do tema eletromagnetismo: Lei de Faraday**. 2009. Material Pedagógico (Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE- Diretoria de Políticas e Programas Educacionais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1424-6.pdf>. Acesso em: 05 out. 2021.

STROSKI, P. N.; **Como funciona uma usina hidrelétrica?**. [S.L], 2017. Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2017/12/04/como-funciona-uma-usina-hidreletrica/>. Acesso em: 02 jun. 2022.

TOULMIN, S.; **The Uses of Argument**: updated edition. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2003. 262 p. Disponível em: http://johnnywalters.weebly.com/uploads/1/3/3/5/13358288/toulmin-the-uses-of-argument_1.pdf. Acesso em: 31 jan. 2022.

VIACELLI, K. A. G.; **Uma proposta de sequência didática para o ensino de eletricidade com o uso de atividades experimentais e simuladores computacionais**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020. Disponível em

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25078/2/propostaensinoeletricidade.pdf>. Acesso em: 05 out. 2021.

VILLALBA, J. M., FERREIRA, L., ARRIBAS, A. N., BELLÉNDEZ, A.; Estudio experimental de la inducción electromagnética entre dos bobinas: Dependencia con la corriente eléctrica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Espanã, v.37, n.1, p. 1313-1 - 1313-7, mai. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4rTkGcTXMgdfNM8r8bjd6br/?format=pdf&lang=es>. Acesso em: 07 nov. 2021.

YOUNG, H; FREEDMAN, R. **Física III**, Eletromagnetismo. São Paulo: Pearson Universidade, 2015. 488 p.

APÊNDICE A: PRÉ TESTE

PRÉ TESTE

Professora: Luana de Lara	Disciplina:
Aluno(a):	Data:

Este questionário tem o objetivo de verificar os conhecimentos prévios sobre o conteúdo de “Indução eletromagnética”. Não se preocupe e nem se sinta inseguro(a) com as questões, pois parte do conteúdo será vista na sequência.

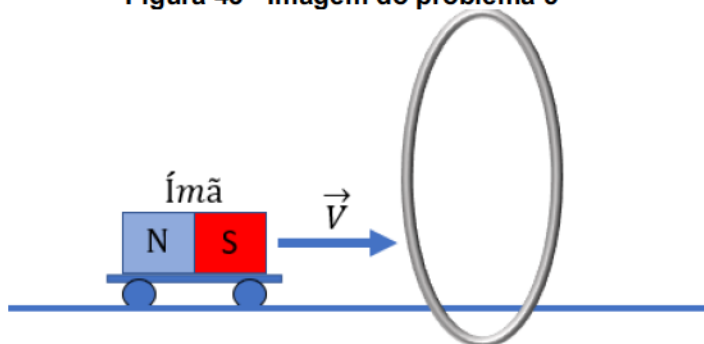
1. Cite a(s) forma(s) de se obter um campo magnético.

2. Podemos dizer que a Terra e a agulha de uma bússola se comportam como barras de ímãs, que possuem polos magnéticos Norte e Sul. Sabe-se que a bússola é usada para a orientação geográfica. Assim, podemos concluir que:
 - (a) o Polo Sul magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Sul geográfico terrestre, aproximadamente.
 - (b) o Polo Norte magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Sul geográfico terrestre, aproximadamente.
 - (c) os Polos magnéticos da agulha são atraídos pelos Polos magnéticos terrestres de mesma denominação.
 - (d) o Polo Sul magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Norte geográfico terrestre, aproximadamente.
 - (e) o Polo Sul magnético da agulha da bússola é atraído pelo Polo Sul magnético da Terra.

3. Um fio condutor retilíneo e muito longo é percorrido por uma corrente elétrica constante, que cria um campo magnético em torno do fio. Podemos afirmar que esse campo magnético:
 - (a) tem o mesmo sentido da corrente elétrica.
 - (b) é uniforme.
 - (c) é paralelo ao fio.
 - (d) aponta para o fio.
 - (e) diminui à medida que a distância em relação ao condutor aumenta.

4. Com relação ao conceito de campo magnético produzido por espiras com corrente elétrica assinale a alternativa incorreta:
- (a) O campo magnético gerado em espiras circulares é diretamente proporcional à corrente elétrica e sua orientação é obtida pela regra da mão direita.
 - (b) A intensidade do campo magnético gerado por uma espira é inversamente proporcional ao raio da espira e diretamente proporcional ao valor da corrente.
 - (c) Somente espiras circulares geram campo magnético, pois fios em formato de quadrado ou outra forma não expressam essa propriedade.
 - (d) A junção de várias espiras forma uma bobina no qual a intensidade do campo magnético é diretamente proporcional ao número de voltas que compõe a bobina.
 - (e) Quando espiras circulares são unidas uniformemente em hélice, recebem o nome de solenoide.
5. Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Pode-se afirmar que, na espira, a corrente elétrica:

Figura 43 - Imagem do problema 5



Fonte: Autoria Própria (2022).

- a) é sempre nula.
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira.

- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.
 - e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.
6. Podemos encontrar transformadores na rua, fixados em postes, e também dentro das residências, onde é inserido no circuito entre um aparelho e uma tomada. Qual a função de um transformador num circuito elétrico?
- a) Modificar a tensão elétrica (ddp) e a intensidade da corrente elétrica que atravessa um circuito.
 - b) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como a intensidade da corrente elétrica que o atravessa.
 - c) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como sua tensão elétrica (ddp).
 - d) Apenas converter uma corrente alternada em corrente contínua, e vice-versa.
 - e) Transformar energia elétrica em energia térmica.
7. Como é gerada a energia elétrica em uma usina hidroelétrica?

APÊNDICE B: EQUACIONAMENTO DA LEI DE FARADAY

O professor deve iniciar questionando os alunos com as seguintes perguntas:

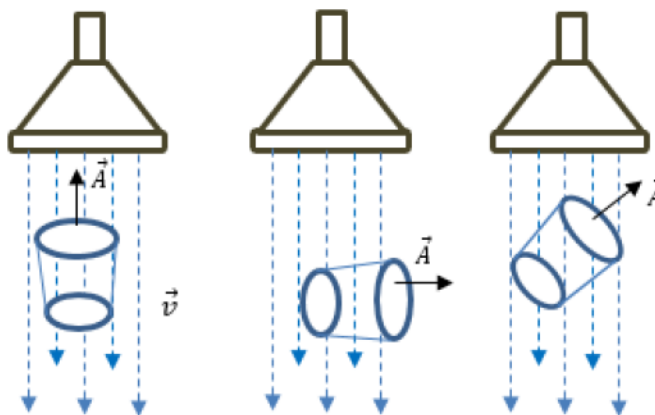
1. De quantas maneiras diferentes você pode gerar uma força eletromotriz induzida?
2. Como podemos denominar esta grandeza que gera a força eletromotriz induzida?

Após responderem as questões cada grupo irá expor as suas respostas e o professor irá organizando as respostas corretas no quadro.

Pode-se observar que irá surgir o termo **fluxo de campo magnético**. Antes de explicar este conceito o professor retoma o conceito de **fluxo** de forma geral fazendo analogias como do copo e do chuveiro, conforme a (figura 43) abaixo. O docente deve explicar que o fluxo de água no copo depende do vetor velocidade da água, da área da boca do copo e do ângulo formado entre o vetor de área e o vetor velocidade, conforme a equação abaixo. Esta forma de fluxo pode ser usada para determinar o fluxo sobre uma área de qualquer vetor.

$$\phi = vA\cos\theta \text{ (vazão ou fluxo do fluido)}$$

Figura 44 - Fluxo sobre uma área



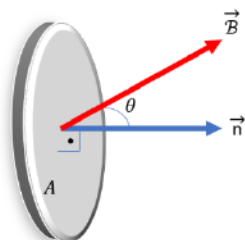
Fonte: Autoria própria 2022.

Agora que foi lembrado o conceito de fluxo, será introduzido o conceito de **fluxo de campo magnético** fazendo relação ao que foi observado no experimento e no simulador. Assim pode-se escrever o fluxo magnético como sendo (1) :

$$\phi = BA\cos\theta \tag{1}$$

B (tesla) é o número de linhas de campo magnético atravessam a área A (m^2) da bobina e θ o ângulo entre a normal da área da espira com o vetor \vec{B} .

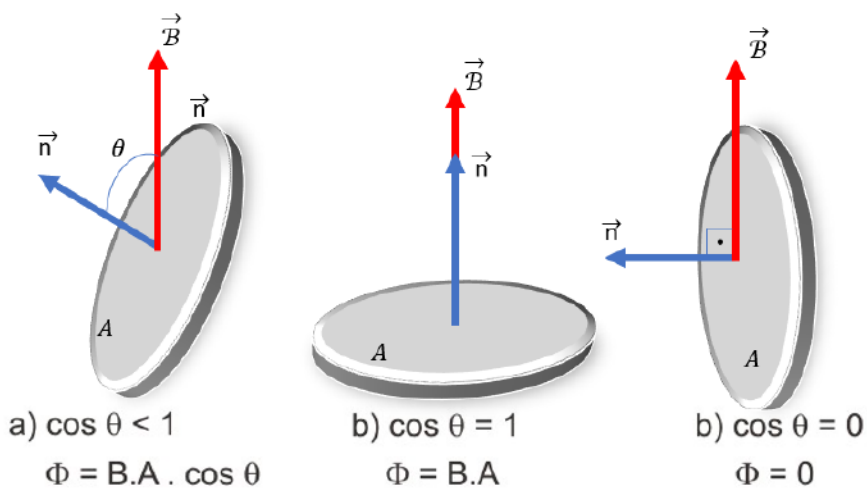
Figura 45 - Ângulo formado do Fluxo sobre uma área.



Fonte: Autoria própria 2022.

Assim, explorou-se a equação a seguir:

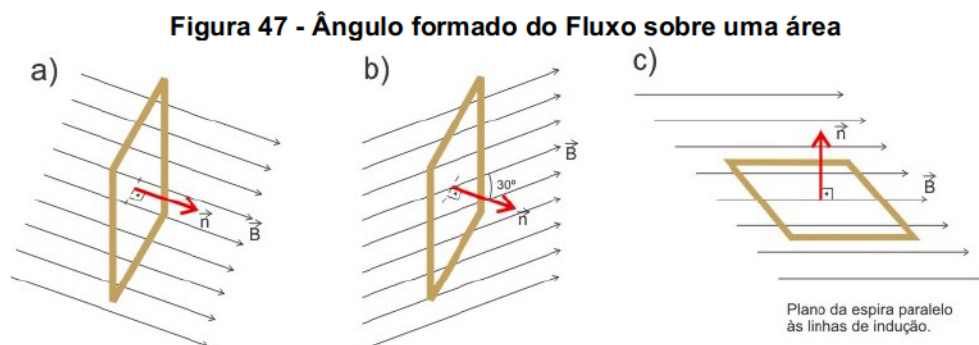
Figura 46 - Ângulo formado do Fluxo sobre diferentes áreas.



Fonte: Autoria própria 2022.

Unidade de fluxo no sistema internacional: 1 tesla. $1\text{m}^2 = 1 \text{ webber} = 1 \text{ wb}$

Exemplo 1. Uma espira quadrada de lado $a = 10 \text{ cm}$ está submersa em uma região de campo magnético uniforme de intensidade $2 \times 10^{-3} \text{ T}$. Calcule o fluxo magnético através da espira, para os seguintes casos:



Fonte: HALLIDAY (2010, p. 202-267).

No experimento e no simulador da indução de Faraday foi observado que quando há variação do fluxo do campo magnético na superfície de uma espira ou bobina surge uma corrente elétrica na espira denominada de corrente elétrica induzida em consequência da força eletromotriz induzida.

Sendo assim, foi perguntado aos alunos.

a) Quais as maneiras de variar o fluxo do campo magnético? (e foi organizado no quadro as 3 possibilidades).

1. Variando-se o campo magnético. Por exemplo, aproximando-se ou afastando-se relativamente o ímã e a espira.
2. Variando-se a área da espira. Por exemplo, deformando a espira.
3. Variando-se o ângulo θ . Por exemplo, girando-se a espira.

Na sequência é importante que os alunos entendessem que para gerar uma força eletromotriz induzida seria necessário que houvesse uma variação do fluxo do campo magnético na bobina, novamente fazendo associação ao que foi observado nos experimentos. Assim a professora em conjunto com os alunos apresentou a equação (2) e (3) da força eletromotriz induzida em uma espira.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{fem em uma espira}) \quad (2)$$

$$\varepsilon = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{fem em uma bobina com N voltas}) \quad (3)$$

Em que:

ε é a força eletromotriz induzida em volts (V);

N é o número de voltas da bobina;

$\Delta\phi = \phi_f - \phi_i$ é a fluxo final menos fluxo inicial (wb);

$\Delta t = t_f - t_i$ é a variação do tempo (s).

A corrente induzida, i , em uma espira de resistência R será (4):

$$i = \frac{\varepsilon}{R} \quad (4)$$

Exemplo 2. Para os dois casos a seguir considere um campo magnético de intensidade $B = 8 \times 10^{-5}$ T que é reduzido a zero em um intervalo de tempo de 4 s. Uma espira e uma bobina são inseridas perpendicularmente ao campo magnético. Determine a fem induzida nesse intervalo de tempo para:

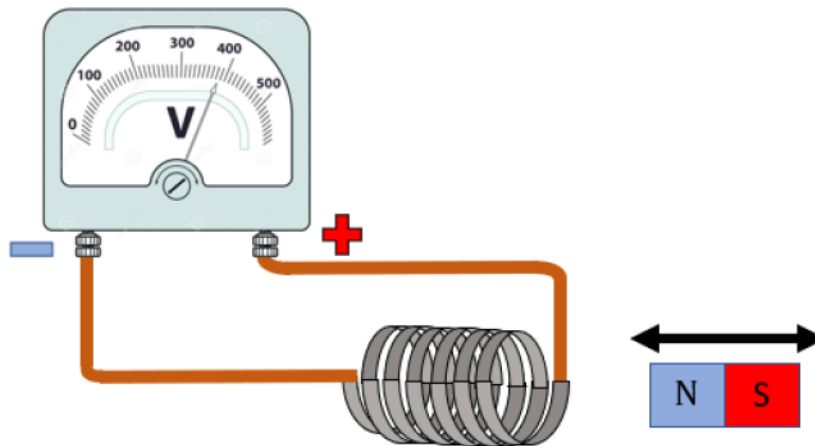
(a) Um fio condutor, de forma quadrada, de lado 10 cm.

(b) Uma bobina circular de área $A = 1,0 \times 10^{-2}$ cm² composta por 50 voltas.

APÊNDICE C: TAREFA 2

1. Considere um campo magnético tenha o valor $B = 3,5 \cdot 10^{-2} T$ e que sua superfície mostrada tenha uma área $A = 60 \text{ cm}^2$. Calcule o valor do fluxo magnético Φ .
2. Determine o módulo do campo magnético necessário para produzir um fluxo de 10^{-4} Wb sobre uma espira de área 10^{-4} m^2 , sabendo que o ângulo entre o vetor campo magnético e o plano normal da espira vale $\theta = 60^\circ$.
3. Um ímã está a uma certa distância de uma bobina de 6 voltas, e está estabelecendo através dela um fluxo $\Phi_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$. Aproximando rapidamente o ímã da bobina, o fluxo passa a valer $\Phi_2 = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$. Se essa variação ocorrer em um intervalo de tempo $\Delta t = 0,10 \text{ s}$:

Figura 48 – Figura exercício nº3

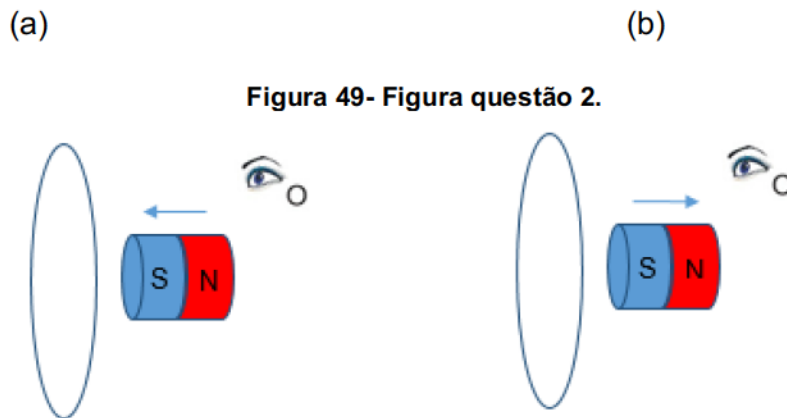


Fonte: Autoria Própria (2022).

- a) Determine o valor da fem induzida da bobina.
 - b) Sabendo que a resistência da espira vale $2,0 \text{ ohm}$, calcule a intensidade da corrente induzida na bobina.
4. Num campo magnético uniforme $B = 6 \cdot 10^{-2} T$ está inserida uma espira de área $0,003 \text{ m}^2$. Inicialmente a espira está colocada perpendicularmente as linhas de indução. A espira sofre um giro e, após $0,4 \text{ s}$, o plano da espira está posicionado paralelamente as linhas de indução. Determine, nesse intervalo de tempo, o valor absoluto médio da fem induzida na espira.

APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO A

- 1- Qual é o verdadeiro significado físico do sinal de menos presente na lei de Faraday?
- 2- A figura abaixo ilustra um ímã (a) se aproximando de uma espira e um ímã (b) se afastando de uma espira. Determine o campo magnético induzido de acordo com o observador e o sentido da corrente induzida para cada um dos casos.



Fonte: Autoria Própria (2022).

- 3- Considere a mesma imagem da questão três, e marque V para verdadeira e F para as falsas.
- () O sentido da corrente induzida dependerá do movimento de aproximação e afastamento entre a espira e o ímã.
- () Se houver movimento relativo entre a espira e o ímã, ocorrerá variação do fluxo do magnético através da espira e surgirá uma corrente induzida.
- () Se não houver movimento relativo entre a espira e o ímã, ocorrerá fluxo magnético através da espira, contudo não ocorrerá corrente induzida.
- () O sentido da corrente induzida independe do movimento de aproximação e afastamento do anel e o ímã.
- () A intensidade da corrente elétrica induzida não depende da velocidade de movimento do ímã em relação a espira.

- 4- Uma espira circular de 40 cm^2 de área é colocado perpendicularmente a um campo magnético de intensidade $4 \cdot 10^{-6} \text{ T}$, a intensidade do campo magnético é reduzida $2 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ em 4s. Determine a *fem* induzida neste intervalo de tempo.
- 5- Uma espira circular de lado 3 cm^2 esta imersa em um campo magnético uniforme, cuja intensidade é $4 \cdot 10^{-3} \text{ T}$. Determine o fluxo magnético através da espira, sabendo que o ângulo formado entre o campo magnético e o vetor normal a área é 60 graus.
- 6- Uma espirra, inserida em um campo magnético, está submetida a seguinte variação do fluxo magnético: no instante $t_1 = 4 \text{ s}$, o fluxo é 12 Wb ; no instante $t_2 = 12 \text{ s}$, o fluxo é 55 Wb . Qual é o valor absoluto da força eletromotriz média induzida nesse intervalo de tempo?

APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO B

1. Quando um enrolamento primário de um transformador que é alimentado por uma corrente elétrica, possui mais espiras que o secundário, se compararmos o enrolamento secundário com o primário, como é o seu potencial e sua corrente elétrica?
2. No simulador de transformador, disponibilizado pelo site Vascak, percebe-se que o gerador possui uma voltagem de 57V que é recebida pelo enrolamento primário, qual a voltagem medida pelo voltímetro quando temos no primeiro enrolamento 300 espiras e no segundo 1.200? realize os cálculos utilizados para se chegar a este resultado e os explique.
3. Um transformador possui em seu interior um enrolamento primário com 750 espiras e possui uma corrente elétrica de $i_p = 10A$, sabendo disso calcule a corrente do enrolamento secundário do transformador, que possui 200 aspiras.
4. Na fig. 24-34, suponha que a pequena usina elétrica esteja gerando uma potência $P_1 = 2400W$, com uma voltagem $V_{ab} = 120V$, sem $r = 3,0\Omega$ a resistência total dos cabos AC e BD usados para transportar a energia até a residência.
 - a) Qual a corrente que está sendo conduzida nos cabos de transmissão?
 - b) Qual a potência que está sendo dissipada, por efeito Joule, nos cabos?
 - c) Qual é a porcentagem de energia gerada que é dissipada na transmissão?
 - d) Qual seria a solução para diminuir a perda de energia dissipada, por efeito Joule, na transmissão da energia elétrica?
5. Observe a fig. 24-35, que mostra diversas fases de produção, transmissão e distribuição da energia elétrica, e responda:
 - a) Quantas vezes o valor da **tensão** foi alterado por meio de transformadores?
 - b) Diga onde estão localizados esses transformadores, informando, em cada caso se ele é usado para reduzir ou aumentar a **tensão**.
 - c) Em cada caso do item (b) diga se o valor da corrente na transmissão aumenta, diminui ou não se altera.

APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO C

Professora:	Disciplina:
Aluno(a):	Data:

Este questionário tem o objetivo de reforçar e fazer um resumo dos conceitos relacionados ao conteúdo de "Indução eletromagnética".

1. De acordo com a Lei de Faraday, a fem induzida é proporcional

Escolha uma opção:

- a) à taxa de variação do fluxo elétrico.
- b) à taxa de variação do fluxo magnético.
- c) Nenhuma das respostas.
- d) à taxa de variação do campo magnético.
- e) à taxa de variação do campo elétrico.

2. Assinale a alternativa correta a respeito da lei de Lenz:

- a) Por meio da lei de Lenz, determinamos a intensidade da força eletromotriz induzida em um condutor.
- b) A lei de Lenz relaciona a variação temporal do fluxo do campo magnético com a intensidade da força eletromotriz induzida em um condutor.
- c) A lei de Lenz afirma que o sentido da corrente elétrica induzida em um circuito ou condutor é tal que o campo magnético por ela produzido sempre irá opor-se às variações de campos magnéticos externos.
- d) A lei de Lenz afirma que o sentido da corrente elétrica induzida sobre um circuito ou condutor é tal que o campo magnético por ela produzido será favorável às variações de campos magnéticos externos.
- e) Por meio da lei de Lenz, podemos calcular o módulo da corrente elétrica induzida em um circuito ou condutor.

3. Julgue os itens a seguir como verdadeiros (V) ou falsos (F):

I – Se um ímã aproxima de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão repelir-se.

II – Se um ímã aproxima de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão atrair-se.

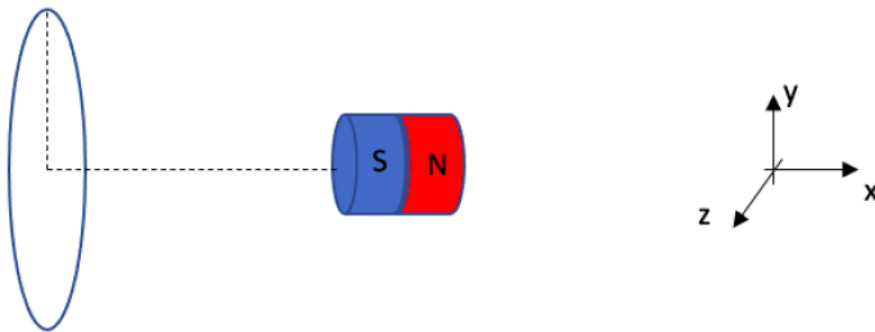
III – Se um ímã afasta de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão atrair-se.

É(são) verdadeiro(s):

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

4. A figura mostra um ímã no eixo x e uma espira no plano yz. Observe e analise cada um dos casos abaixo e marque com x aquele produzirá uma corrente elétrica induzida na espira.

Figura 50 – Figura Questão 4.

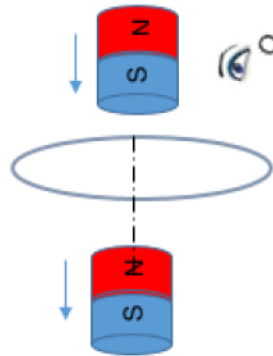


Fonte: Autoria Própria (2022).

- a) Ímã e espira em repouso.
- b) Ímã em movimento e espira em repouso.
- c) Ímã em repouso e espira em movimento.
- d) Ímã girando em torno do seu eixo x na posição fixa e espira em repouso.
- e) Ímã e espira se movimentando para a direita com a mesma velocidade.

- f) Ímã em repouso e espira girando em torno do seu eixo x.
- g) Ímã em repouso e espira girando em torno do seu eixo y.
5. Um ímã em queda aproxima-se de uma espira, a atravessa e depois afasta-se. Determine o sentido da corrente elétrica induzida para o observador O, durante a aproximação e durante o afastamento.

Figura 51 – Figura Questão 6



Fonte: Autoria Própria (2022).

6. Uma espira, inserida em um campo magnético, está submetida a seguinte variação do fluxo magnético: no instante $t_1 = 8 \text{ s}$, o fluxo é 18 Wb ; no instante $t_2 = 18 \text{ s}$, o fluxo é 110 Wb . Qual é o valor absoluto da força eletromotriz média induzida nesse intervalo de tempo?
7. Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.

Figura 52 – Figura Questão 8.



Fonte: IF USP (2010)

O princípio de funcionamento desse equipamento é:

- a) Corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- b) Bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- c) Bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- d) Corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- e) Corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

APÊNDICE G: TRANSMISSÃO E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Com base nas páginas 318 à 322 do livro **Curso de Física Vol 3. (ALVARENGA, B.; MÁXIMO A. 2018).**

Responda as seguintes perguntas:

1. Quais os tipos de energia que podem ser transformadas em energia elétrica a partir de geradores das usinas?
2. As transmissões de energia são de alta tensão, explique o porquê disso, e justifique este processo.
3. Por que a corrente que utilizamos em nossas residências é alternada e não contínua?

APÊNDICE H: PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUANA DE LARA

**PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O
ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

MEDIANEIRA

2022

LUANA DE LARA

**PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O
ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

**Proposal of an Investigative Teaching Sequence for the Study Of
Electromagnetic Induction**

Produto Educacional vinculado à Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Profa. Dra. Elizandra Sehn

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz.

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aparato experimental de Oersted	13
Figura 2 - Aparato experimental da espira	14
Figura 3 - Aparato experimental do experimento de Faraday	16
Figura 4 - Simulador PHET lei de Faraday	17
Figura 5 - Fluxo de água no copo	20
Figura 6 - Representação do fluxo do campo magnético	20
Figura 7 - Representação do fluxo do campo magnético em diferentes ângulos	21
Figura 8 - Ângulo formado do Fluxo sobre uma área	21
Figura 9 - Figura exercício nº3	24
Figura 10 - Aparato experimental da Lei de Lenz	25
Figura 11 - Sentido da corrente induzida na espira segundo o observador	26
Figura 12 - Tubo antigravidade	27
Figura 13 - Representação do Experimento Pêndulo eletromagnético	29
Figura 14 - Simulador PHET Transformador	32
Figura 15 - Simulador PHET Gerador	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese das aulas	9
Quadro 2 - Pré Teste	10
Quadro 3 - Perguntas da atividade 1.1	13
Quadro 4 - Perguntas da atividade 1.2	15
Quadro 5 - Perguntas da atividade 2.1	16
Quadro 6 - Perguntas da atividade 2.2	18
Quadro 7 - Perguntas da atividade 3.1	26
Quadro 8 - Perguntas da atividade 3.3	28
Quadro 9 - Perguntas da atividade 3.4	29
Quadro 10 – Questionário A	30
Quadro 11 - Perguntas da atividade 4.1 - Transformador.....	32
Quadro 12 - Perguntas da atividade 4.2 - Gerador	33
Quadro 13 - Questionário B.....	34
Quadro 14 - Questionário Resumo	35

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	5
2	SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA	6
3	SÍNTESE DAS AULAS	8
4	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	10
4.1	SEMANA 1	10
4.1.1	Pré-teste.....	10
4.1.2	Atividade 1.1 – Experimento de Oerted.....	12
4.1.3	Atividade 1.2 – Campo Magnético Da Bobina	14
4.2	SEMANA 2	15
4.2.1	Atividade 2.1 – Experimento da Indução de Faraday	15
4.2.2	Atividade 2.2 – Lei De Faraday No Simulador.....	17
4.2.3	Atividade 2.3 – Equacionando a Lei de Faraday	19
4.3	SEMANA 3	25
4.3.1	Atividade 3.1- Experimento da Lei de Lenz	25
4.3.2	Atividade 3.2 – Sistematização da Lei de Lenz	26
4.3.3	Atividade 3.3 – Tubo Anti-Gravidade.....	27
4.3.4	Atividade 3.4 – Pêndulo eletromagnético	28
4.3.5	Atividade 3.5 – Questionário	29
4.4	SEMANA 4	31
4.4.1	Atividade 4.1 – Transformadores.....	31
4.4.2	Atividade 4.2 – Geradores.....	32
4.4.3	Atividade 4.3 – Questionário B	33
4.5	SEMANA 5	35
4.5.1	Atividade 5.1 - Questionário Resumo	35
4.5.2	Pós-teste e questionário de satisfação.....	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1 APRESENTAÇÃO

Prezado (a) professor (a), este material foi desenvolvido como parte integrante da Dissertação de Mestrado intitulado: “PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA”, desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Medianeira, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Hoje nas escolas do Brasil as práticas experimentais são motivo de grande dificuldade para a maioria dos professores de escolas públicas. A proposta de um método que desperte no aluno a curiosidade sobre os fenômenos físicos que são observados em seu dia a dia, torna-se um verdadeiro desafio para os docentes, além da superlotação nas salas de aula, ainda sofrem com uma estrutura precária, tais como a ausência de matérias e laboratórios que suportem muitos alunos.

Este trabalho traz como proposta um Produto Educacional para o estudo de indução eletromagnética, através de alguns experimentos e simulações, utilizando uma sequência de ensino investigativa com foco na aprendizagem significativa. De forma simplificada este trabalho traz uma fundamentação básica para a execução de experimentos no ensino do assunto abordado. Deste modo pretende-se que o professor possa entender o que foi exposto e em seguida dinamizar assim suas aulas de física.

Os mesmos estão organizados em objetivo de aprendizagem que contemplam todas as etapas do raciocínio científico, trazendo o conteúdo e a forma de aplicação dos experimentos, além de sua forma de gerenciamento em sala de aula, com a finalidade de incentivar e desencadear o processo de argumentação, e questionamentos dos alunos com o que foi apresentado, pode-se salientar também o objetivo de dinamizar as aulas de física experimental.

As técnicas utilizadas nos experimentos podem ser adaptadas conforme a realidade do professor e dos alunos, assim facilitando e a tornando-a mais acessível.

2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa, optou-se por desenvolver um produto educacional a partir de uma sequência de ensino investigativa. A mesma consiste em uma série de atividades com o foco na argumentação, visto este ser um importante elemento no processo de ensino-aprendizagem (BELLUCO; CARVALHO, 2014 e DRIVER, 2000).

Sendo assim, cada atividade proposta é composta por seu objetivo e seu procedimento, contendo neste procedimento o processo de argumentação que o professor poderá utilizar, e as questões para serem respondidas após a prática. Além disso, cada atividade que seja necessário a montagem do experimento há um apêndice em anexo, para o professor verificar.

Assim, salientamos que o professor faça intervenções quando necessárias no decorrer da atividade e que as questões a serem respondidas, venham de um “porque?”, ou seja, de uma justificativa da resposta, fazendo com que o aluno pense antes de responder.

A sequência de ensino foi separada da seguinte maneira: baseada no conteúdo do livro de David Haliday, 1916, edição 8, Eletromagnetismo e no livro do Ensino Médio, Física Aula por Aula 3, de Benigno Barreto e Claudio Xavier, aprovado no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018. A primeira atividade consiste em um pré teste para ser realizado pelos alunos, para então constatar o que os mesmos possuem de conhecimentos prévios sobre indução eletromagnética. As demais atividades do PE irão explorar os conceitos da Lei de Faraday e Lei de Lenz.

A sequência de conteúdo adotada como forma de estudo, é justificada pela grande dificuldade que os alunos possuem nesse conteúdo. Segundo Paz (2007,p.17):

Dentre os conteúdos de Física que apresentam um grau maior de dificuldade de aprendizagem, comparando aos demais, está o Eletromagnetismo. Os professores, na grande maioria, declaram que os estudantes expressam dificuldade na aprendizagem dos fenômenos, leis e conceitos que envolvam. Uma grande dificuldade que se coloca no ensino de Eletromagnetismo é que os alunos não conseguem visualizar os campos magnéticos.

Desta forma, nota-se que os alunos tem dificuldades na área de eletromagnetismo, muitas vezes por não conseguirem observar os fenômenos que envolvem este conteúdo. No ensino médio é visível que os professores tem

dificuldades de lecionar esta matéria, geralmente não por falta de tempo, mas sim por nem eles mesmos conseguirem compreender a indução eletromagnética, já que muitos professores da rede pública não têm formação em física e sim em outras áreas de exatas, isso ocorre pela deficiência de professores formados na área da física.

Por isso, esse produto educacional tem como objetivo explicar tanto aos alunos como professores, maneiras simples e práticas para compreender este conteúdo tão amplo do eletromagnetismo.

3 SÍNTESE DAS AULAS

No Quadro 1 pode ser observado a síntese das aulas e o tempo médio para cada atividade proposta, no caso o tempo total foi de 10 aulas. Na sequência será apresentada a descrição de cada uma das atividades.

Usaram-se experimentos demonstrativos e simulações computacionais para a observação dos conceitos relacionados ao conteúdo de Indução Eletromagnética. Os dois primeiros experimentos têm o objetivo de revisão de conceitos de campo magnético e força magnética, os demais experimentos exploram a Lei de Faraday e Lei de Lenz.

Esses experimentos foram usados em uma sequência de ensino investigativa com base no artigo de BELLUCO e CARVALHO (2014), ou seja, a SEI tem as seguintes etapas do conhecimento científico: elaboração e testes de hipóteses, argumentação, solução do problema, produzindo uma explicação, construção do raciocínio, exposto através de “se, então, portanto”. A ideia foi possibilitar que o aluno manipule os experimentos e a partir disto respondesse questões objetivas sobre os conceitos envolvidos nos experimentos.

Cada professor pode mudar o número de aulas aplicadas, como também a quantidade de atividades da SEI e o tempo de duração, tudo depende da turma que o docente está trabalhando, principalmente o tamanho da turma e quantidade de grupos formados.

Quadro 1 - Síntese das aulas

Conteúdo	Atividades	Tempo	Semana
Avaliação dos conhecimentos prévios	Pré Teste – Questionário	110 min	1
Resgate dos conceitos relacionados ao campo magnético produzido por uma corrente elétrica	Atividade 1.1 – Experimento de Oersted		
		Atividade 1.2 - Experimento da espira Tarefa 1	
Compreendendo a Lei de Faraday	Atividade 2.1- Experimento da Indução de Faraday	110 min	2
	Atividade 2.2- Simulador PHET sobre a Lei de Faraday, aba “Solenóide”		
	Atividade 2.3- Equacionando a Lei de Faraday Tarefa 2		
Compreendendo a Lei de Lenz	Atividade 3.1 – Demonstração da Lei de Lenz- Experimento anel	80 min	3
	Atividade 3.2 – Entendendo a Lei de Lenz		
	Atividade 3.3- Tubo Antigravidade		
	Atividade 3.4 – Pêndulo eletromagnético para demonstração da Lei de Faraday		
Sistematização dos conceitos da indução eletromagnética	Atividade 3.5 - Questionário A Tarefa 3	30 min	
Exploração do conceito da indução eletromagnética em transformadores e geradores	Atividade 4.1 – Texto: Geração e transmissão	110 min	4
	Atividade 4.2 - Transformadores		
	Atividade 4.3 - Geradores		
	Atividade 4.4 - Questionário B		
Avaliação qualitativa dos conhecimentos adquiridos	Atividade 5.1 - Questionário Resumo	110 min	5
	Atividade 5.2 - Pós teste		
	Atividade 5.3 - Questionário de Satisfação		
Tempo total		10 aulas	

Fonte: Autoria própria (2022).

A descrição das atividades será apresentada por semana, onde cada semana é composta por duas aulas geminadas, totalizando 110 minutos para cada semana, totalizando 5 semanas.

4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

4.1 SEMANA 1

4.1.1 Pré-teste

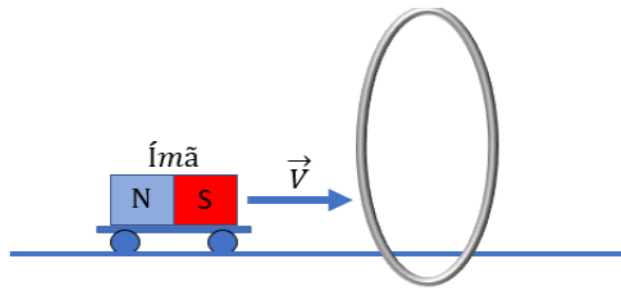
Primeiramente é importante a aplicação de um pré-teste para verificar quais conhecimentos prévios os alunos têm em sua estrutura cognitiva, pois de acordo com Ausubel (1999), o conhecimento prévio é uma das condições extremamente importantes para o indivíduo aprender, pois se pensa na estrutura cognitiva do indivíduo, é aquilo que está na constituição do mesmo sendo significativo. Abaixo segue um modelo de pré-teste em forma de questionário. O mesmo pode ser usado como forma de avaliação final para verificar se houve progresso na aprendizagem após as atividades desenvolvidas.

Após a avaliação dos conhecimentos prévios inicia-se a aplicação das atividades.

Quadro 2 - Pré Teste

PRÉ TESTE	
Professora: Luana de Lara	Disciplina:
Aluno(a):	Data:
<p><i>Este questionário tem o objetivo de verificar os conhecimentos prévios sobre o conteúdo de "Indução eletromagnética". Não se preocupe e nem se sinta inseguro(a) com as questões, pois parte do conteúdo será vista na sequência.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cite a(s) forma(s) de se obter um campo magnético. 2. Podemos dizer que a Terra e a agulha de uma bússola se comportam como barras de ímãs, que possuem polos magnéticos Norte e Sul. Sabe-se que a bússola é usada para a orientação geográfica. Assim, podemos concluir que: <ol style="list-style-type: none"> (a) o Polo Sul magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Sul geográfico terrestre, aproximadamente. (b) o Polo Norte magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Sul geográfico terrestre, aproximadamente. (c) os Polos magnéticos da agulha são atraídos pelos Polos magnéticos terrestres de mesma denominação. 	

- (d) o Polo Sul magnético da agulha da bússola aponta para o Polo Norte geográfico terrestre, aproximadamente.
- (e) o Polo Sul magnético da agulha da bússola é atraído pelo Polo Sul magnético da Terra.
3. Um fio condutor retilíneo e muito longo é percorrido por uma corrente elétrica constante, que cria um campo magnético em torno do fio. Podemos afirmar que esse campo magnético:
- (a) tem o mesmo sentido da corrente elétrica.
- (b) é uniforme.
- (c) é paralelo ao fio.
- (d) aponta para o fio.
- (e) diminui à medida que a distância em relação ao condutor aumenta.
4. Com relação ao conceito de campo magnético produzido por espiras com corrente elétrica assinale a alternativa incorreta:
- (a) O campo magnético gerado em espiras circulares é diretamente proporcional à corrente elétrica e sua orientação é obtida pela regra da mão direita.
- (b) A intensidade do campo magnético gerado por uma espira é inversamente proporcional ao raio da espira e diretamente proporcional ao valor da corrente.
- (c) Somente espiras circulares geram campo magnético, pois fios em formato de quadrado ou outra forma não expressam essa propriedade.
- (d) A junção de várias espiras forma uma bobina no qual a intensidade do campo magnético é diretamente proporcional ao número de voltas que compõe a bobina.
- (e) Quando espiras circulares são unidas uniformemente em hélice, recebem o nome de solenoide.
5. Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Pode-se afirmar que, na espira, a corrente elétrica:



- a) é sempre nula.
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira.
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.
6. Podemos encontrar transformadores na rua, fixados em postes, e também dentro das residências, onde é inserido no circuito entre um aparelho e uma tomada. Qual a função de um transformador num circuito elétrico?
- (a) Modificar a tensão elétrica (ddp) e a intensidade da corrente elétrica que atravessa um circuito.
- (b) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como a intensidade da corrente elétrica que o atravessa.
- (c) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como sua tensão elétrica (ddp).
- (d) Apenas converter uma corrente alternada em corrente contínua, e vice-versa.
- (e) Transformar energia elétrica em energia térmica.
7. Como é gerada a energia elétrica em uma usina hidroelétrica?

Fonte: Autoria própria (2022).

4.1.2 Atividade 1.1 – Experimento de Oerted

As atividades são realizadas em grupos de 3 a 4 alunos. Inicia-se a aplicação de duas atividades experimentais com o objetivo de rever alguns conceitos relacionados com a origem do campo magnético gerado por uma corrente elétrica. Essa atividade consiste no experimento de Oersted (Figura 1), no qual o aparato é apresentado aos alunos e eles devem realizar a investigação para responder as perguntas do Quadro 3.

Esta atividade proporciona a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, na qual os conhecimentos prévios são usados como hipóteses a serem exploradas durante o manuseio do experimento. Assim, os estudantes podem fazer uso de seus conhecimentos sobre o campo magnético gerado por uma corrente elétrica e sobre como é a sua orientação do campo em um fio retilíneo com corrente elétrica para fornecer suporte as suas explicações.

Figura 1 - Aparato experimental de Oersted



Fonte: Autoria própria (2022).

A partir do levantamento de hipóteses os alunos devem manipular a bússola para observar a orientação do campo magnético em volta do fio, iniciando assim o processo de argumentação. Respondida as perguntas os grupos devem expor suas respostas para os demais grupos, denominado momento de discussão. Os alunos devem responder “como” chegaram à solução em cada questão e “o porquê” do fenômeno relatado.

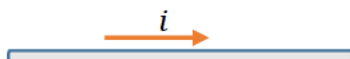
Quadro 3 - Perguntas da atividade 1.1

Pergunta investigativa:

- a) O que pode ser observado na agulha da bússola quando a aproximamos de um fio que passa corrente elétrica?

Perguntas exploratórias:

- b) Por que a agulha sofre uma deflexão ao aproximá-la do fio que passa corrente elétrica?
- c) Quando se inverte o sentido da corrente elétrica, no experimento, o que pode ser observado na orientação da agulha da bússola? Por quê?
- d) Qual a relação que existe entre a intensidade da corrente e o campo magnético. Explique.
- e) Na figura abaixo faça a representação das linhas de campo magnético em volta do fio com corrente elétrica.



Momento discussão

Sugere-se que os alunos debatam entre eles, sobre as respostas, argumentem e tentem chegar em um conceito científico correto sobre o fenômeno observado.

Fonte: A autoria própria (2022).

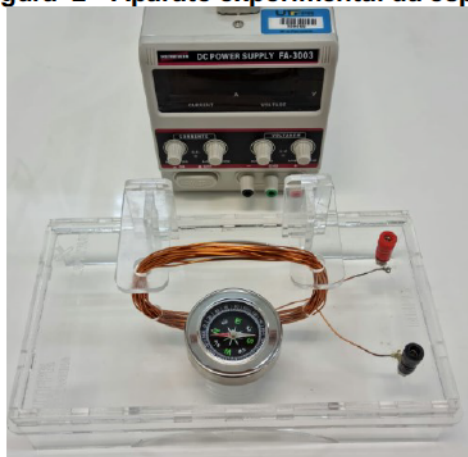
4.1.3 Atividade 1.2 – Campo Magnético Da Bobina

Na Atividade 1.2 são novamente explorados a origem do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em uma espira retangular (Figura 2). O objetivo é rever a orientação do campo magnético gerado em volta do fio ou mais fios, como o caso de uma bobina.

Para a montagem da bobina utilizou-se uma base de acrílico e o fio de cobre esmaltado foi enrolado formando uma bobina, conforme pode ser observado na (Figura 2). O experimento é composto por uma fonte de tensão contínua, cabos conectores e uma bússola para observar o campo magnético em volta da bobina.

Os alunos devem iniciar a atividade respondendo as perguntas do Quadro 4. Na pergunta investigativa é importante que professor auxilie os alunos para manusear a bússola, pois pode ser que alguns alunos não saibam onde colocar corretamente. Os alunos deverão levantar hipóteses e testá-las ao manipular o experimento, situação em que se inicia o processo de argumentação.

Figura 2 - Aparato experimental da espira



Fonte: A autoria própria (2022).

Quadro 4 - Perguntas da atividade 1.2

<p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) Como é a orientação do campo magnético no centro de uma bobina que circula corrente elétrica? Explique e ilustre.</p>
<p>Perguntas exploratórias:</p> <p>b) Qual a forma do campo magnético em volta da bobina? Explique.</p> <p>c) Se inverter o sentido da corrente elétrica, o que pode ser observado com a orientação do campo magnético no centro da bobina?</p> <p>d) Use a regra da mão direita para verificar se o sentido que a bússola aponta para o campo magnético é correto. Explique.</p>
<p>Momento discussão</p> <p>Sugere-se que o professor fique atento as etapas do raciocínio dos alunos, e sempre que necessário interfira do “como” chegaram na resposta.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

O professor deve ficar atento as etapas de raciocínio dos grupos e sempre que achar necessário intervir de forma que os alunos consigam raciocinar “como” é possível que ocorra as hipóteses criadas.

Após as discussões e formulação das respostas, os alunos devem responder novamente às questões, como tarefa (Tarefa 1), corrigindo suas respostas a partir das concepções corretas que adquiriram durante a discussão.

4.2 SEMANA 2

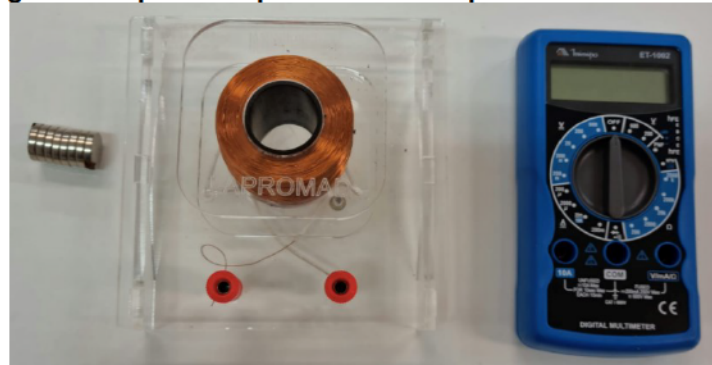
4.2.1 Atividade 2.1 – Experimento da Indução de Faraday

O objetivo desta atividade é demonstrar o fenômeno de indução eletromagnética a partir de um ímã inserido em uma bobina.

Para essa atividade, indica-se que o docente apenas seja o mediador da atividade, para que os alunos possam manusear e realizar o experimento sozinhos.

Cada grupo recebe uma bobina, ímã e um multímetro, conforme Figura 3. Com auxílio do professor o multímetro será ligado a bobina no modo amperímetro para detectar corrente elétrica na bobina e os alunos realizarão a investigação.

Figura 3 - Aparato experimental do experimento de Faraday



Fonte: Autoria própria (2022).

Na sequência os alunos devem fazer o levantamento de hipóteses para a pergunta investigativa (Quadro 5) e testá-las manipulando o experimento.

Neste momento o professor observa as discussões em grupo e as investigações experimentais que os alunos irão fazer. Caso algum grupo não tenha ideia de como realizar a investigação o professor pode solicitar que os alunos respondam as perguntas exploratórias, pois possibilitam verificar as situações em que a corrente elétrica induzida é observada.

Em seguida os grupos devem apresentar suas respostas explicando “como” e “o porquê” dos fenômenos observados. É provável que os alunos cheguem ao conceito de que a variação do campo magnético na espira é o responsável para a geração da corrente elétrica induzida. No entanto, ainda faltam explorar alguns conceitos relacionados ao fluxo do campo magnético. Para isto é utilizada a próxima atividade.

Quadro 5 - Perguntas da atividade 2.1

Pergunta investigativa:

- a) Como é possível gerar uma corrente elétrica na bobina apenas com o ímã?

Perguntas exploratórias:

- b) O que ocorre ao movimentar o ímã em relação à bobina?
 c) O que pode ser observado ao deixar o ímã parado próximo à bobina?
 d) O que pode ser observado ao mudar a velocidade de movimento do ímã em relação à bobina?
 e) Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Sul, o que acontece com o sentido da corrente elétrica?
 f) Ao aproximar e afastar o ímã com o polo Norte, o que acontece com o sentido da corrente elétrica?
 g) O que ocorre se mover o ímã para cima e para baixo em relação à bobina?
 h) O que ocorre se deixar o ímã parado e mover a bobina em relação ao ímã?

Momento discussão

Propõe-se que o professor após as discussões e levantamento de hipóteses dos alunos, inicia-se o “porque” tal fenômeno ocorreu, isso contribui no surgimento de características argumentativas como explicação, justificativa, raciocínio lógico.

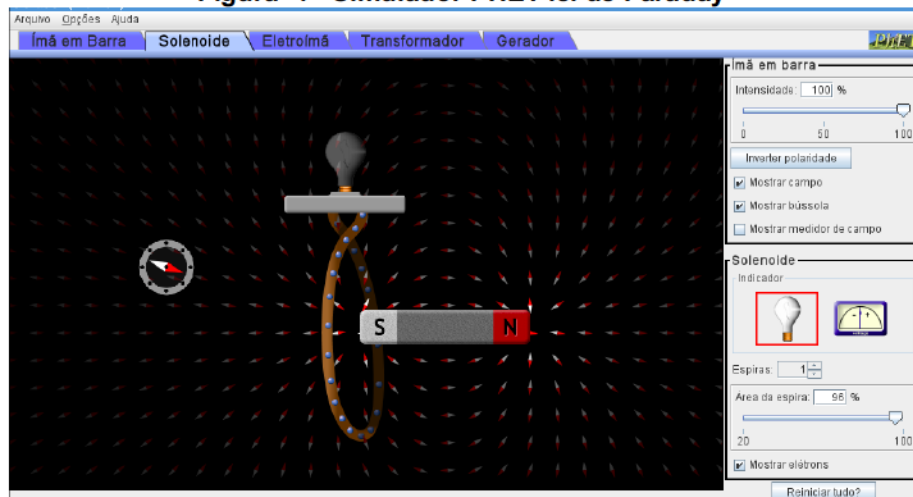
Fonte: Autoria própria (2022).

4.2.2 Atividade 2.2 – Lei De Faraday No Simulador

Na Atividade 2.2 é utilizado o simulador PHET sobre a Lei de Faraday selecionando a aba “Solenoide” (Figura 4) o qual tem o objetivo de sistematizar o conceito relacionado com a variação do fluxo do campo magnético com a força eletromotriz induzida. Este simulador permite simular o mesmo efeito observado no experimento anterior, porém, possibilita variar o número de espiras, a área das espiras e com isto explorar a relação do fluxo do campo magnético com a corrente induzida.

O simulador permite ainda, o aluno visualizar as linhas de campo magnético que atravessam a área da espira e observar a variação da intensidade da lâmpada relacionada com a intensidade da corrente gerada pela variação do fluxo do campo magnético na espira. A partir do simulador, os alunos devem investigar e responder às perguntas do Quadro 6.

Figura 4 - Simulador PHET lei de Faraday²



Fonte: PHET (2022).

² Link de acesso ao simulador PHET, altere a sessão superior para a aba “solenoide” disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale=pt_BR

Quadro 6 - Perguntas da atividade 2.2**Pergunta investigativa:**

- a) O que pode ser feito para acender a lâmpada?

Perguntas exploratórias:

- b) E o que pode ser feito para a lâmpada brilhar mais?
 c) Como a velocidade do ímã afeta o brilho da lâmpada?
 d) Como o número de voltas da bobina afeta o brilho da lâmpada?
 e) Como a área da bobina afeta o brilho da lâmpada?

Solicitou-se que os alunos trocassem a lâmpada pelo medidor de tensão.

- f) Ao aproximar o polo sul da bobina qual será a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo sul da bobina?
 g) Ao aproximar o polo norte da bobina, qual a polaridade da ddp observada? E ao afastar o polo norte da bobina?
 h) O que de fato está gerando uma tensão que é detectada pelo medidor de tensão?

Momento discussão

Sugere-se que os alunos levantem hipóteses e testem ao manipular o experimento, situação em que se inicia o processo de argumentação.

Fonte: Autoria própria (2022).

Observe que os alunos tiveram a oportunidade de explorar o conceito de indução eletromagnética de duas formas diferentes. Este procedimento é importante, pois permite a sistematização do conhecimento a respeito do conteúdo de indução eletromagnética.

Durante a realização da atividade e do momento da discussão em grupo é esperado o aparecimento de parte das características campo-dependentes da argumentação científica, como: levantamento e teste de hipóteses, abdução, seriação, classificação e organização de informação e raciocínio lógico e proporcional.

Após as perguntas respondidas o professor deve ir a próxima atividade do produto: montar junto com os alunos a equação do fluxo magnético e a equação de Faraday, que tem o objetivo de usar este conhecimento que os alunos obtiveram na realização do experimento e manipulação do simulador para a construção do raciocínio científico.

4.2.3 Atividade 2.3 – Equacionando a Lei de Faraday

O objetivo desta atividade é usar os conhecimentos prévios adquiridos para formar a relação entre fem induzida gerado pela variação fluxo do campo magnético, construindo um raciocínio científico.

A atividade começa com duas perguntas que os alunos, em grupo, devem responder baseado nas atividades que acabaram de desenvolver:

3. *De quantas maneiras diferentes você pode gerar uma força eletromotriz induzida?*
4. *Como podemos denominar esta grandeza que gera a força eletromotriz induzida?*

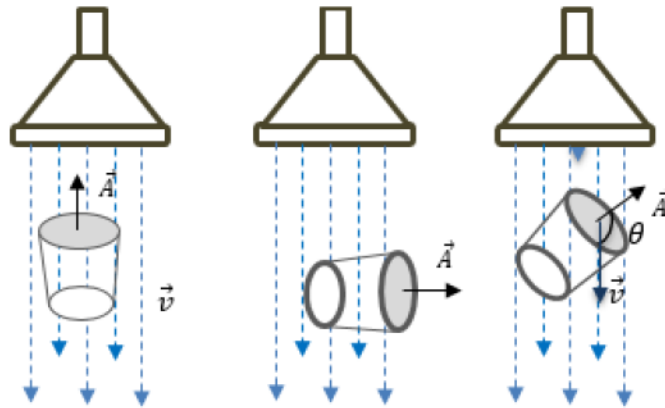
Ao finalizar as respostas os grupos são organizados em círculo, para que cada grupo exponha a sua resposta e a professora foi anotando no quadro os principais pontos.

O professor precisa observar as etapas do raciocínio científico. Assim, primeiramente a discussão deve focar no “como” chegou na resposta, por exemplo, movimentando o ímã em relação a bobina, mantendo o ímã fixo e variando a área da espira, movimentando ímã para cima e para baixo.

Durante esta discussão, algumas características campo-dependentes da argumentação que podem ter iniciado durante as atividades anteriores, podem reaparecer, tal como seriação, classificação e organização dos dados qualitativos obtido no experimento e no simulador, assim como o raciocínio lógico e proporcional (BELLUCCO, 2014).

Na sequência a professora questiona o “porque” tal fenômeno ocorreu, por exemplo, por que ao movimentar o ímã em relação ao solenoide ou bobina aparece uma corrente elétrica induzida? Segundo Bellucco (2014), neste momento devem aparecer características argumentativas como explicação, justificativa, raciocínio lógico e proporcional e possivelmente a abduções. Os alunos passam a observar que a movimentação do ímã está relacionada com a variação do campo magnético no interior da bobina. O professor deve aproveitar o momento para explorar o conceito de fluxo no quadro, fazendo analogia com o fluxo de água de um chuveiro em um copo, conforme (Figura 5).

Figura 5 - Fluxo de água no copo



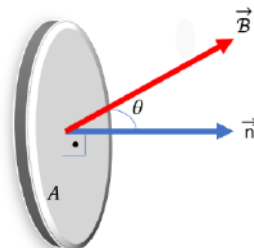
Fonte: Autoria própria (2022).

Deve ser explicado aos alunos que o fluxo de água no copo depende do vetor velocidade da água, da área da boca do copo e do ângulo formado entre o vetor de área e o vetor velocidade, foi visível neste momento, o entendimento dos alunos, para a analogia, obtendo-se equação de fluxo de um fluido ou vazão, dada por:

$$\phi = vA\cos\theta \quad (1)$$

Na sequência deve-se introduzir o conceito de **fluxo de campo magnético** fazendo relação ao que foi observado no conceito de fluxo de um fluido com o que foi observado no experimento e no simulador. Assim pode-se escrever o fluxo magnético, no quadro, como sendo: $\phi = BA\cos\theta$. É importante o uso de desenhos e imagens para a compreensão dos alunos, conforme (Figura 6).

Figura 6 - Representação do fluxo do campo magnético

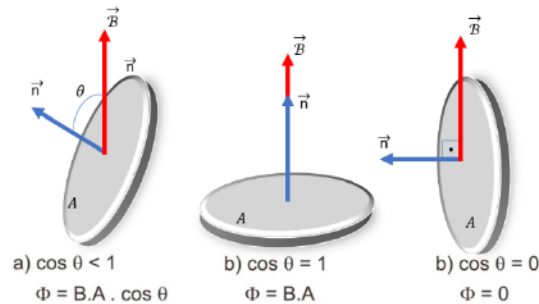


Fonte: Autoria própria (2022).

É importante relembrar aos alunos que o campo magnético é grandeza vetorial e que o vetor área é uma definição que consiste na área da espira e possui direção normal a área e teta é o ângulo entre os vetores \vec{B} e \vec{A} .

E para os alunos explorarem um pouco mais a relação do fluxo do campo magnético com o ângulo, foi proposto a imagem da (Figura 7) para os alunos obterem o fluxo.

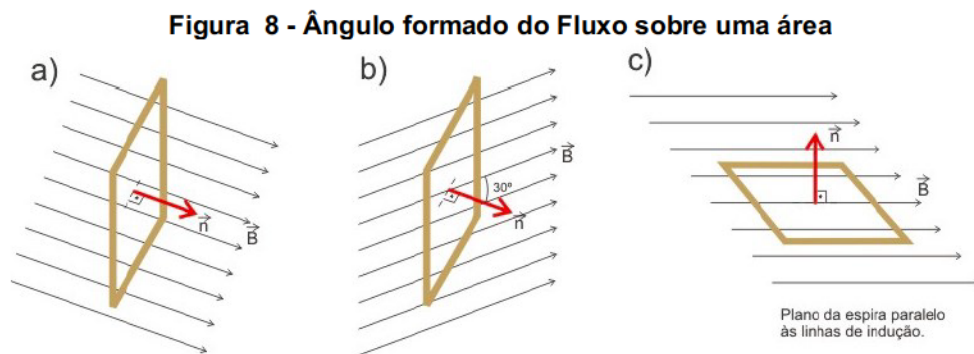
Figura 7 - Representação do fluxo do campo magnético em diferentes ângulos



Fonte: Autoria própria (2022).

Resolver com os alunos o seguinte exemplo:

Exemplo 1. Uma espira quadrada de lado $a = 10 \text{ cm}$ está submersa em uma região de campo magnético uniforme de intensidade $2 \times 10^{-3} \text{ T}$. Calcule o fluxo magnético através da espira, para os seguintes casos:



Fonte: Halliday (2007).

Nesse momento o professor teve o papel fundamental de mapear o que aluno sabe, para a partir de então organizar um material que seja significativo para o indivíduo (MOREIRA, 1999).

Desta forma, a professora em conjunto com os alunos construiu no quadro as três possibilidades possíveis:

1. **Variando-se o campo magnético.** Por exemplo, aproximando-se ou afastando-se relativamente o ímã e a espira.
2. **Variando-se a área da espira.** Por exemplo, deformando a espira.
3. **Variando-se o ângulo θ .** Por exemplo, girando-se a espira.

Na sequência é importante que os alunos entendam que para gerar uma **força eletromotriz induzida** é necessário que haja uma **variação do fluxo do campo magnético na bobina**, novamente fazendo associação ao que foi observado nos experimentos. Assim o professor em conjunto com os alunos apresenta a equação da força eletromotriz induzida em uma espira.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{fem em uma espira}) \quad (1)$$

$$\varepsilon = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{fem em uma bobina com N voltas}) \quad (2)$$

Em que:

ε é a força eletromotriz induzida em volts (V);

NN é o número de voltas da bobina;

$\Delta\phi = \phi_f - \phi_i$ é a fluxo final menos fluxo inicial (wb);

$\Delta t = t_f - t_i$ é a variação do tempo (s).

A corrente induzida, i , em uma espira de resistência R será:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} \quad (3)$$

Posteriormente o professor aplicará um exemplo para os alunos, para manipularem as equações vista de Faraday.

Exemplo 2. Para os dois casos a seguir considere um campo magnético de intensidade $B = 8 \cdot 10^{-5}$ T que é reduzido a zero em um intervalo de tempo de 4 s. Uma espira e uma bobina são inseridas perpendicularmente ao campo magnético. Determine a *fem* induzida nesse intervalo de tempo para:

(a) Um fio condutor, de forma quadrada, de lado 10 cm.

(b) Uma bobina circular de área $A = 1,0 \cdot 10^{-2}$ cm² composta por 50 voltas.

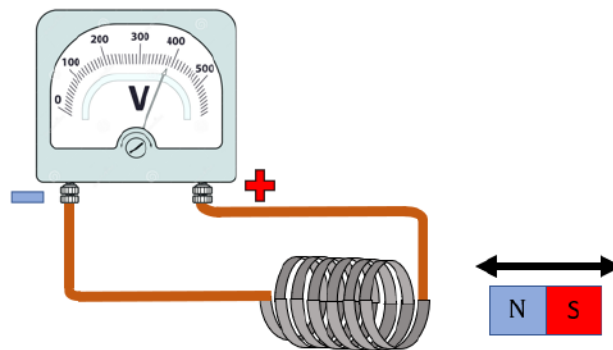
Por fim, o docente entregará de Tarefa 2 uma lista de exercício sobre fluxo do campo magnético e cálculo da *fem* induzida.

É importante neste processo de matematização dos fenômenos, ficar atento às ideias intuitivas usadas pelos alunos, que costumam misturar os conceitos de campo magnético com fluxo magnético.

TAREFA 2 – EXERCÍCIOS

1. Considere um campo magnético tenha o valor $B = 3,5 \cdot 10^{-2} T$ e que sua superfície mostrada tenha uma área $A = 60 \text{ cm}^2$. Calcule o valor do fluxo magnético Φ .
2. Determine o módulo do campo magnético necessário para produzir um fluxo de 10^{-4} Wb sobre uma espira de área 10^{-4} m^2 , sabendo que o ângulo entre o vetor campo magnético e o plano normal da espira vale $\theta = 60^\circ$.
3. Um ímã está a uma certa distância de uma bobina de 6 voltas, e está estabelecendo através dela um fluxo $\Phi_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$. Aproximando rapidamente o ímã da bobina, o fluxo passa a valer $\Phi_2 = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$. Se essa variação ocorrer em um intervalo de tempo $\Delta t = 0,10 \text{ s}$:

Figura 9 - Figura exercício nº3



Fonte: Autoria Própria (2022).

- c) Determine o valor da fem induzida da bobina.
 - d) Sabendo que a resistência da espira vale $2,0 \text{ ohm}$, calcule a intensidade da corrente induzida na bobina.
4. Num campo magnético uniforme $B = 6 \cdot 10^{-2} T$ está inserida uma espira de área $0,003 \text{ m}^2$. Inicialmente a espira está colocada perpendicularmente as linhas de indução. A espira sofre um giro e, após $0,4 \text{ s}$, o plano da espira está posicionado paralelamente as linhas de indução. Determine, nesse intervalo de tempo, o valor absoluto médio da fem induzida na espira.

4.3 SEMANA 3

4.3.1 Atividade 3.1- Experimento da Lei de Lenz

Nesta semana será apresentada uma série de atividades para a compreensão da Lei de Lenz, que consiste em determinar o sentido da corrente induzida em uma espira.

A Atividade 3.1 consiste em um experimento para verificar o sentido da corrente induzida em um anel, conforme a variação do fluxo magnético através de uma espira condutora. A corrente induzida na espira cria um campo magnético que se opõe à variação. É disponibilizado aos alunos três anéis suspensos por um fio isolante, sendo dois de alumínio (um deles com corte), um anel de PVC e um ímã (Figura 10).

Figura 10 - Aparato experimental da Lei de Lenz



Fonte: Autoria própria (2022).

Os grupos são orientados a responder às perguntas do Quadro 7 a partir do levantamento de hipóteses e suas investigações manuseando o experimento. Durante a realização da atividade os alunos já compreendem que a variação do fluxo do campo magnético no anel fechado irá induzir uma corrente no anel. Irão observar manuseando o experimento, e o sentido da corrente é tal que se opõe ao movimento do ímã.

Novamente os alunos são orientados em responder às perguntas com “como” o efeito ocorreu e “o porquê” de tal acontecimento, para que assim seja contemplado a formação do raciocínio lógico.

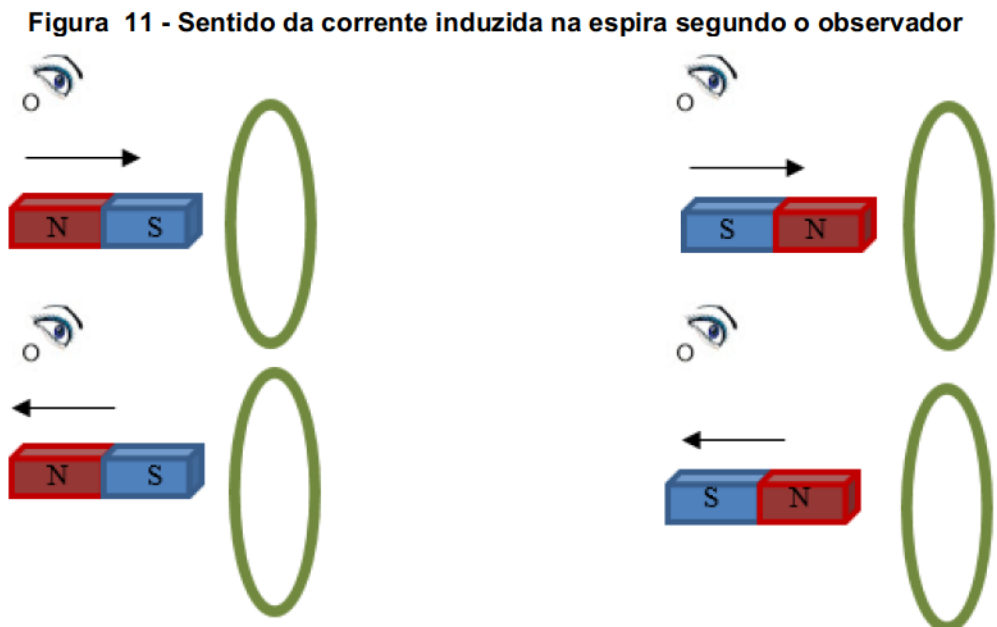
Quadro 7 - Perguntas da atividade 3.1

<p>Pergunta investigativa: a) Como movimentar o anel de alumínio suspenso sem tocá-lo com a utilização de um ímã?</p>
<p>Perguntas norteadoras: b) O que pode ser observado no anel ao aproximar o ímã do anel? E ao afastá-lo? c) O que causa a aproximação e o afastamento entre o anel e o ímã? Explique qual a grandeza física associada e essa observação. d) É possível movimentar o anel com corte utilizando um ímã sem tocá-lo? Por quê? e) Responda à pergunta d) para o anel de PVC.</p>
<p>Momento discussão Propõe-se que o professor fique atento as etapas de raciocínio dos alunos e sempre que necessário interfira para chegar ao conhecimento científico correto.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

4.3.2 Atividade 3.2 – Sistematização da Lei de Lenz

Na sequência é realizada a Atividade 3.2 que consiste na sistematização do conceito da Lei de Lenz a partir de imagens e questionamentos. Na Figura 11 pode-se observar um ímã se movimentando em relação a uma espira conforme o sentido indicado. Para cada situação o aluno deve identificar o sentido da corrente induzida na espira, ou seja, sentido horário ou anti-horário, de acordo com o observador O. No centro da espira indicar com a letra N para polo norte ou S para polo sul do campo magnético induzido no anel.



Fonte: Autoria própria (2022).

Após os grupos responderem às questões o professor fez suas considerações e inicia-se a explicação da Lei de Lenz a partir de imagens e o experimento para mostrar a ocorrência do efeito de oposição ao que está provocando a força

eletromotriz induzida, por isto do sinal de menos da equação da Lei de Faraday (Equação 4).

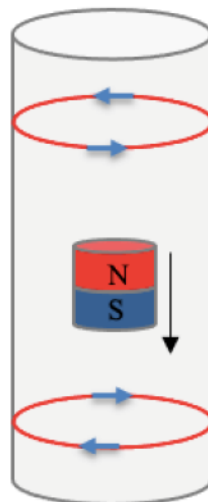
$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (4)$$

Talvez seja necessário refazer os desenhos indicando corretamente o sentido da corrente induzida na espira e o campo induzido que esta corrente gera na espira, indicando as polaridades no ímã da direita. Escrever e desenhar, realçando a construção pessoal do conhecimento, é um ponto importante que as características campo-dependentes da argumentação se façam presente.

4.3.3 Atividade 3.3 – Tubo Antigravidade

A Atividade 3.3 é mais um experimento que desperta muito a curiosidade dos alunos, que consiste no tubo antigravidade (Figura 12). Mais uma oportunidade de sistematizar o conhecimento adquirido nas duas atividades anteriores.

Figura 12 - Tubo antigravidade



Fonte: Autoria própria, (2022).

Mostra-se aos alunos dois tubos, sendo um de alumínio e outro de PVC, dois parafusos e dois ímãs de neodímio idênticos. Os alunos devem realizar a investigação para responder às perguntas do Quadro 8.

Quadro 8 - Perguntas da atividade 3.3

<p>Pergunta investigativa:</p> <p>a) Ao soltar os parafusos ao mesmo instante de tempo da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a mesma altura, qual chegará primeiro? Por quê?</p> <p>b) Ao soltar os ímãs, ao mesmo instante, da parte superior dos dois tubos, mantendo-os a mesma altura, qual chegará primeiro? Por quê?</p>
<p>Perguntas exploratórias:</p> <p>c) Represente na imagem (a) as linhas de campo magnético.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>d) Agora imagine que como se o tubo fosse feito por vários anéis. Podemos considerar cada anel como se fosse uma espira. Na figura (b) temos a representação de duas espiras uma superior e outra inferior ao ímã. Considerando que o ímã está caindo, determine o campo magnético induzido em cada espira de acordo com o observador.</p> <p>e) Determine o sentido da corrente elétrica induzida provocada pela passagem do ímã nas duas espiras?</p> <p>f) O que podemos concluir com relação as forças resultantes que irão atuar sobre o ímã?</p>
<p>Momento discussão</p> <p>Sugere-se que os alunos levantem hipóteses e elaboração.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Após os grupos responderem as questões o professor faz suas considerações e inicia-se a explicação da Lei de Lenz a partir de imagens fazendo relação com os dois experimentos acima (professor solicita que desenham o campo magnético do ímã atravessando o tubo indicando o fenômeno de indução eletromagnética e a formação de campos de mesma polaridade acima e abaixo do ímã).

4.3.4 Atividade 3.4 – Pêndulo eletromagnético

O objetivo desta atividade é aplicar os conhecimentos adquiridos até o momento para compreensão do funcionamento de um pêndulo eletromagnético. Cada grupo recebeu um pêndulo, conforme (Figura 13). Os materiais utilizados para esta atividade são: um ímã, bobina, suporte de acrílico e fios condutores.

O professor pode iniciar a aula mostrando aos alunos os materiais que há para esta atividade. Expor de maneira que os alunos consigam associar os materiais com um pêndulo simples, e em seguida, solicitar aos estudantes que expliquem o funcionamento de um pêndulo. Após lembrar o funcionamento de um pêndulo simples, questionar os alunos se o movimento de oscilação também deve ocorrer neste pêndulo que é composto por ímã e bobina. O docente deve explicar e mostrar que há dois led ligados em paralelo a bobina.

Figura 13 - Representação do Experimento Pêndulo eletromagnético



Fonte: Autoria própria (2022).

Após estas primeiras observações pedir que os alunos deixem o ímã oscilar e relatem o que estão observando. Na sequência os alunos devem responder as questões do Quadro 9.

Quadro 9 - Perguntas da atividade 3.4

<p>Questão investigativa: a) O que provoca o acendimento dos leds?</p>
<p>Questões exploratórias: b) Se soltar o ímã em diferentes alturas, o que pode ser observado no brilho dos leds? Explique. c) Ao ligar os terminais da bobina em curto-circuito, o que pode ser observado no movimento do ímã? Por que isto acontece? d) Se os terminais da bobina estiverem abertos, o que pode ser observado no movimento do ímã? Explique. e) Por que os leds ficam piscando de forma aleatória?</p>
<p>Momento discussão Sugere-se que o professor fique atento as etapas do raciocínio dos alunos, e sempre que necessário interfira do “como” chegaram na resposta.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Após a formulação de hipóteses o professor faz sua contribuição explicando a relação dos efeitos observados com os princípios da indução eletromagnética e a conservação da energia e como a forma com que o circuito com os leds foi montado.

4.3.5 Atividade 3.5 – Questionário

Para finalizar o conjunto de atividades desta semana é proposta a Atividade 3.5, que consiste no Questionário A, o qual tem o objetivo de avaliar o nível de

compreensão do conceito adquirido, e ainda possibilitar a recuperação dos alunos que não acompanharam o processo de ensino-aprendizagem.

Em grupo os alunos respondem as questões e após a finalização apresentaram para os demais grupos suas respostas. Nesse momento os estudantes relatam “como” chegaram às respostas e a explicação do “porque” das respostas marcadas.

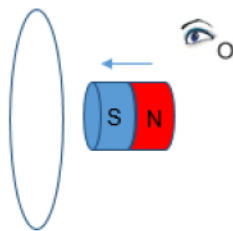
Para finalizar a semana 3, os alunos levaram para casa, de tarefa, a atividade do Apêndice G, e terão que fazer a leitura do texto sobre geração e transmissão de energia elétrica. Com perguntas a serem entregues.

Quadro 10 – Questionário A

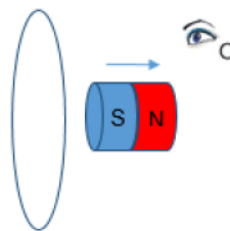
QUESTIONÁRIO A

- 1- Qual é o verdadeiro significado físico do sinal de menos presente na lei de Faraday?
- 2- A figura abaixo ilustra um ímã (a) se aproximando de uma espira e um ímã (b) se afastando de uma espira. Determine o campo magnético induzido de acordo com o observador e o sentido da corrente induzida para cada um dos casos.

(a)



(b)



- 3- Considere a mesma imagem da questão três, e marque V para verdadeira e F para as falsas.

() O sentido da corrente induzida dependerá do movimento de aproximação e afastamento entre a espira e o ímã.

() Se houver movimento relativo entre a espira e o ímã, ocorrerá variação do fluxo do magnético através da espira e surgirá uma corrente induzida.

() Se não houver movimento relativo entre a espira e o ímã, ocorrerá fluxo magnético através da espira, contudo não ocorrerá corrente induzida.

() O sentido da corrente induzida independe do movimento de aproximação e afastamento do anel e o ímã.

() A intensidade da corrente elétrica induzida não depende da velocidade de movimento do ímã em relação a espira.

- 4- Uma espira circular de 40 cm^2 de área é colocada perpendicularmente a um campo magnético de intensidade $4 \cdot 10^{-6} \text{ T}$, a intensidade do campo magnético é reduzida $2 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ em 4s. Determine a *fem* induzida neste intervalo de tempo.
- 5- Uma espira circular de lado 3 cm^2 esta imersa em um campo magnético uniforme, cuja intensidade é $4 \cdot 10^{-3} \text{ T}$. Determine o fluxo magnético através da espira, sabendo que o ângulo formado entre o campo magnético e o vetor normal a área é 60 graus.
- 6- Uma espira, inserida em um campo magnético, está submetida a seguinte variação do fluxo magnético: no instante $t_1 = 4 \text{ s}$, o fluxo é 12 Wb ; no instante $t_2 = 12 \text{ s}$, o fluxo é 55 Wb . Qual é o valor absoluto da força eletromotriz média induzida nesse intervalo de tempo?

Fonte: Autoria própria (2022).

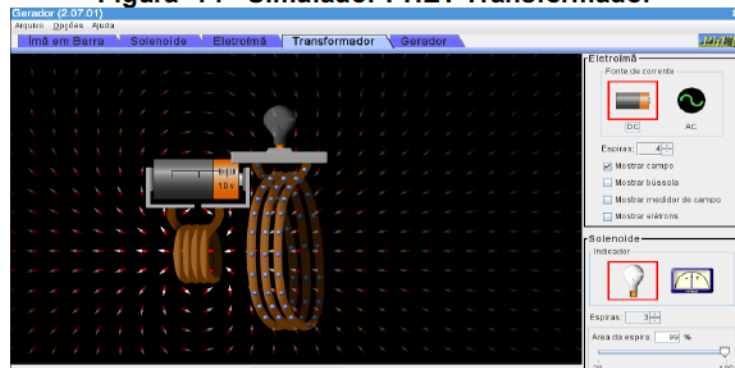
4.4 SEMANA 4

4.4.1 Atividade 4.1 – Transformadores

Essa atividade tem por objetivo que os alunos percebam como funciona um transformador, quais suas características e para que ele serve no nosso dia a dia, por isso, o docente deve ter muita clareza na hora da explicação para não restar dúvidas nos alunos.

O professor irá iniciar a aula pedindo para que cada grupo descreva o que é um transformador. Os alunos levaram para casa uma atividade da SEI que era tarefa (Apêndice G), portanto esperasse que todos os alunos leram o texto “Geração e transmissão de energia elétrica” e responderam às perguntas que se encontravam no final. Neste texto há uma explicação sobre transformadores e geradores de energia. Após as explicações, os alunos irão abrir o simulador da Lei de Faraday, selecionando a aba transformador, conforme Figura 14.

Figura 14 - Simulador PHET Transformador



Fonte: PHET (2022).

Os alunos devem fazer o levantamento de hipótese referente as perguntas do Quadro 11. Após finalização os mesmos irão realizar a investigação usando o simulador.

O professor deve sempre estar por perto averiguando e questionando os alunos caso não consigam desenvolver algumas respostas, sempre instigando nos alunos o levantamento de hipóteses “e se, portanto”.

Quadro 11 - Perguntas da atividade 4.1 - Transformador

Pergunta investigativa: De quantas formas diferentes podemos acender a lâmpada? Cite cada uma delas.

(Devem aparecer 3 formas que são mover a bobina primária em relação a secundária, mover a bobina secundária em relação a primária ou mudar a pilha para uma fonte AC)

Perguntas exploratórias:

- Observe e escreva o que acontece quando você aumenta a área das espiras.
- Se você aumentar o número de espiras o que acontece?
- Relacione o brilho da lâmpada com as possíveis variáveis.
- Identifique as diferenças entre usar uma pilha e uma corrente alternada AC.

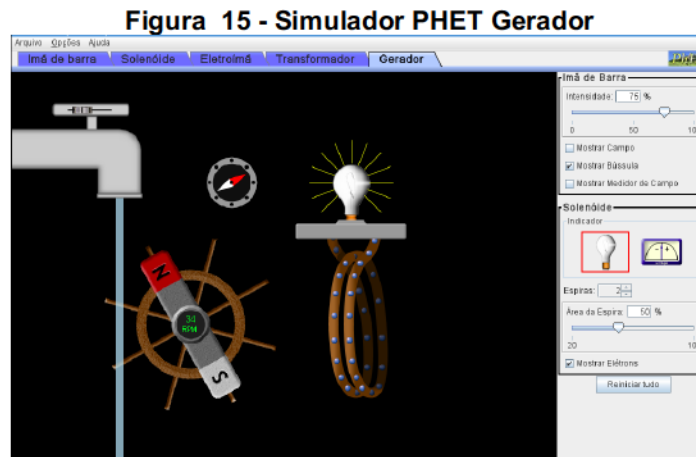
Fonte: Autoria própria (2022).

4.4.2 Atividade 4.2 – Geradores

O objetivo dessa atividade é mostrar para os alunos a relação com o fenômeno de indução eletromagnética no processo de geração de energia elétrica.

Inicialmente os grupos devem responder o que é um gerador de energia elétrica. Este conceito os alunos também tiveram contato com o texto sobre “Geração e transmissão de energia elétrica”, assim é provável que os alunos lembrem o que é um gerador e exemplos de geradores. Pergunta-se para cada grupo o que é um gerador, modelos de gerador existentes, e como funciona um gerador de energia elétrica. É importante que o professor faça com que os alunos realizem a associação da geração de energia elétrica com o fenômeno de indução eletromagnética. Após as

explicações os alunos abriram o simulador Faraday selecionando a aba “Gerador”, conforme Figura 15.



Fonte: PHET (2022).

Inicialmente os alunos devem fazer o levantamento de hipóteses da pergunta investigativa do Quadro 12 e na sequência realizar as investigações. Nas perguntas exploratórias observa-se que foram direcionadas para que o aluno explore as variáveis associadas ao fenômeno de indução eletromagnética.

Quadro 12 - Perguntas da atividade 4.2 - Gerador

<p>Pergunta investigativa: a) O que você pode fazer para acender a lâmpada?</p>
<p>Perguntas exploratórias: b) O que pode ser observado na lâmpada ao aumentar a vazão da torneira? Explique. (Nota: Observe como o fluxo da água varia a frequência da corrente. É assim que é controlado em barragens hidrelétricas. O fluxo de água na turbina é controlado por palhetas-guia.) c) Aumente a área das espiras observe e justifique o que você observou. d) Aumente o número de espiras observe e justifique o que você observou. Faça uma relação entre o número de espiras da bobina e a energia gerada. e) Qual a relação entre a simulação do gerador com as características da corrente elétrica que temos em nossa residência?</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

O professor nessa atividade deve notar se os alunos conseguiram identificar que a área e o número de espiras influenciam na corrente gerada para um gerador.

4.4.3 Atividade 4.3 – Questionário B

O objetivo do questionário é sistematizar os conhecimentos construídos sobre transformadores e geradores de energia elétrica. As três primeiras questões exploram o conceito de transformador, cálculo usando a relação $\frac{N_1}{V_1} = \frac{N_2}{V_2}$. As duas últimas

questões são cálculos sobre geração e transmissão de energia elétrica, deve-se solicitar que os alunos utilizem o texto “Geração e transmissão de energia elétrica”.

Quadro 13 - Questionário B

QUESTIONARIO B

1. Quando um enrolamento primário de um transformador que é alimentado por uma corrente elétrica, possui mais espiras que o secundário, se compararmos o enrolamento secundário com o primário, como é o seu potencial e sua corrente elétrica?
2. O enrolamento secundário possui uma diferença de potencial de 57 V que é recebida pelo enrolamento primário. Considere que o enrolamento primário possui 300 espiras e o secundário 1200 espiras. Qual a diferença de potencial do enrolamento primário?
3. Um transformador possui em seu interior um enrolamento primário com 750 espiras e possui uma corrente elétrica de $i_p = 10$ A, sabendo disso calcule a corrente do enrolamento secundário do transformador, que possui 200 aspiras.
4. Na fig. 24-34 do livro Curso de Física Vol 3. (ALVARENGA, B; MÁXIMO A., 2018,p. 318-322). suponha que a pequena usina elétrica esteja gerando uma potência $P_1 = 2400W$, com uma voltagem $V_{ab} = 120V$, sem $r = 3,0\Omega$ a resistência total dos cabos AC e BD usados para transportar a energia até a residência.
 - a) Qual a corrente que está sendo conduzida nos cabos de transmissão?
 - b) Qual a potência que está sendo dissipada, por efeito Joule, nos cabos?
 - c) Qual é a porcentagem de energia gerada que é dissipada na transmissão?
 - d) Qual seria a solução para diminuir a perda de energia dissipada, por efeito Joule, na transmissão da energia elétrica?
5. Observe a fig. 24-35 do mesmo livro, que mostra diversas fases de produção, transmissão e distribuição da energia elétrica, e responda:

- a) Quantas vezes o valor da voltagem foi alterado por meio de transformadores?
- b) Diga onde estão localizados esses transformadores, informando, em cada caso se ele é usado para reduzir ou aumentar a voltagem.

Em cada caso do item (b) diga se o valor da corrente na transmissão aumenta, diminui ou não se altera.

Fonte: ALVARENGA, B; MÁXIMO A (2018).

Caso os alunos não consigam finalizar o Questionário B, o docente pode pedir para levarem de tarefa e o professor na próxima aula corrige no quadro alguns exercícios que os alunos acharam mais difíceis de realizar ou que tiveram alguma dificuldade na realização.

4.5 SEMANA 5

4.5.1 Atividade 5.1 - Questionário Resumo

O questionário resumo tem o objetivo de avaliar o nível de compreensão do conteúdo alcançado, além de possibilitar a recuperação dos estudantes que não acompanharam o processo de ensino-aprendizagem.

Para isto as questões fazem relação com experimentos e simuladores usados durante as atividades. Neste processo os alunos respondem o questionário individualmente em casa.

No início da aula, os estudantes têm que dizer “como” chegaram à resposta e “porque” tal resposta encontrada. Durante a explicação do porque o professor pode fazer a correção de eventuais erros observados.

Esta é uma oportunidade importante para o docente em conjunto com os alunos discutirem estas dúvidas e se necessário explorar novamente no experimento e/ou simulador utilizado.

Quadro 14 - Questionário Resumo

QUESTIONÁRIO RESUMO	
Professora:	Disciplina:
Aluno(a):	Data:

Este questionário tem o objetivo de reforçar e fazer um resumo dos conceitos relacionados ao conteúdo de “Indução eletromagnética”.

1. De acordo com a Lei de Faraday, a fem induzida é proporcional

Escolha uma opção:

- a) à taxa de variação do fluxo elétrico.
- b) à taxa de variação do fluxo magnético.
- c) Nenhuma das respostas.
- d) à taxa de variação do campo magnético.
- e) à taxa de variação do campo elétrico.

2. Assinale a alternativa correta a respeito da lei de Lenz:

- a) Por meio da lei de Lenz, determinamos a intensidade da força eletromotriz induzida em um condutor.
- b) A lei de Lenz relaciona a variação temporal do fluxo do campo magnético com a intensidade da força eletromotriz induzida em um condutor.
- c) A lei de Lenz afirma que o sentido da corrente elétrica induzida em um circuito ou condutor é tal que o campo magnético por ela produzido sempre irá opor-se às variações de campos magnéticos externos.
- d) A lei de Lenz afirma que o sentido da corrente elétrica induzida sobre um circuito ou condutor é tal que o campo magnético por ela produzido será favorável às variações de campos magnéticos externos.
- e) Por meio da lei de Lenz, podemos calcular o módulo da corrente elétrica induzida em um circuito ou condutor.

3. Julgue os itens a seguir como verdadeiros (V) ou falsos (F):

I – Se um ímã aproxima de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão repelir-se.

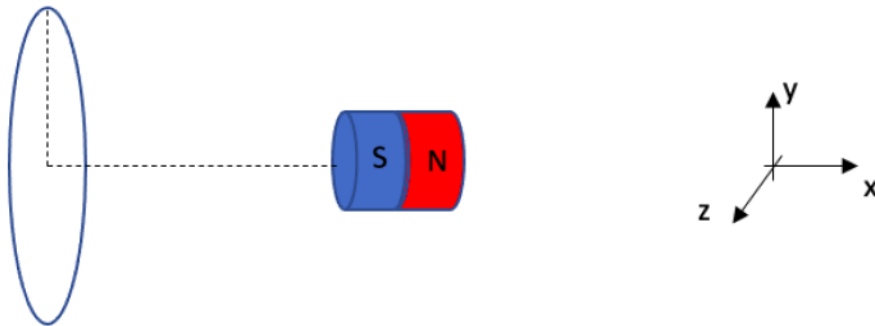
II – Se um ímã aproxima de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão atrair-se.

III – Se um ímã afasta de um condutor, uma corrente elétrica será induzida no condutor, de forma que eles irão atrair-se.

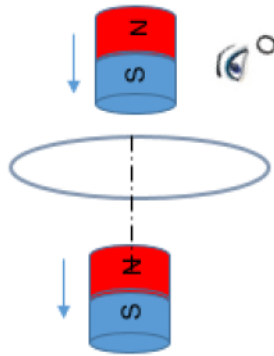
É(são) verdadeiro(s):

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

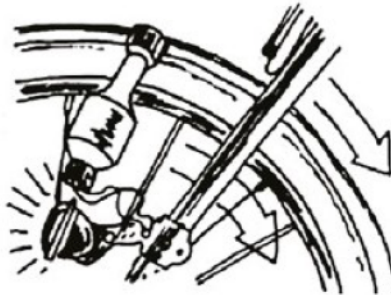
4. A figura mostra um ímã no eixo x e uma espira no plano yz. Observe e analise cada um dos casos abaixo e marque com x aquele produzirá uma corrente elétrica induzida na espira.



- a) Ímã e espira em repouso.
 - b) Ímã em movimento e espira em repouso.
 - c) Ímã em repouso e espira em movimento.
 - d) Ímã girando em torno do seu eixo x na posição fixa e espira em repouso.
 - e) Ímã e espira se movimentando para a direita com a mesma velocidade.
 - f) Ímã em repouso e espira girando em torno do seu eixo x.
 - g) Ímã em repouso e espira girando em torno do seu eixo y.
6. Um ímã em queda aproxima-se de uma espira, a atravessa e depois afasta-se. Determine o sentido da corrente elétrica induzida para o observador O, durante a aproximação e durante o afastamento.



7. Uma espira, inserida em um campo magnético, está submetida a seguinte variação do fluxo magnético: no instante $t_1 = 8 \text{ s}$, o fluxo é 18 Wb ; no instante $t_2 = 18 \text{ s}$, o fluxo é 110 Wb . Qual é o valor absoluto da força eletromotriz média induzida nesse intervalo de tempo?
8. Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.



- O princípio de funcionamento desse equipamento é:
- Corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- Bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- Bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- Corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- Corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: A autoria própria (2022).

4.5.2 Pós-teste e questionário de satisfação

O objetivo do pós-teste é avaliar o nível de compreensão que os estudantes obtiveram após a aplicação da SEI. Desta forma foi realizado de forma individual.

O docente entregará aos alunos o pós-teste que é o mesmo pré-teste que os alunos fizeram na primeira aula, para que seja realizado de forma individual. Assim o docente ao final, pode discutir com os alunos juntos, quais as diferenças que eles conseguiram ter, a partir das atividades aplicadas sobre o conteúdo e se foi positiva.

Para finalizar, é feito um questionário de satisfação aos alunos nos últimos 10 minutos de aula, o *link* do questionário: https://docs.google.com/forms/d/19ZNEGMiDTghCI3Yd_Xu_L4fXxpjB3TEHcMgNrnZgqn4/viewform?edit_requested=true, o objetivo desse questionário é considerar quais aspectos positivos e negativos ocorreram durante a aplicação do produto educacional. O professor pode sentir à vontade em acrescentar perguntas em seu questionário de satisfação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto educacional tem como finalidade desenvolver aulas de física com experimentos, de maneira que os professores possam ter uma aprendizagem significativa mais relevantes do conteúdo de indução eletromagnética, além, da disponibilidade do mesmo para que mais professores possam reproduzir este material, contribuindo assim para uma melhor forma de ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

A sequência de ensino sugerida aos professores, pode ser adequada de maneira que o docente possa utilizar em suas turmas, depende muito do número de horas aulas presentes, quantidade de alunos, e equipamentos disponibilizados pela escola, desta forma, não é preciso seguir fielmente a sequência de ensino o professor pode adequar da maneira que se encaixar melhor a sua realidade escolar.

Ainda é possível fazer uma análise do ponto de vista de Ausubel (1999), visto que a aprendizagem significativa do aluno acontece em um processo de como uma informação é relevante para estrutura cognitiva do sujeito, pois a aprendizagem significativa é algo que deve acontecer de maneira lógica e racional e não algo literal (MOREIRA, 1999). Deste modo os professores precisam promover uma aprendizagem significativa para o aluno, onde os conhecimentos prévios e conhecimentos novos se entrelaçam e adquirem significado ao sujeito (MOREIRA 2012).

Os melhores resultados obtidos na SEI, foram os resultados onde os estudantes conseguiam manipular os materiais ou mexer com os simuladores, foi perceptível as atividades onde os alunos observaram a indução eletromagnética e não apenas imaginaram por meio de resolução de questionários. Os questionários são importantes, também pois neles consegue-se observar o resultado conquistado pelos discentes no decorrer de toda a SEI, mas as atividades que eles podiam manipular se sentiam mais à vontade em realizar.

Sendo assim, pode-se concordar com Carvalho (2011) e Bellucco e Carvalho (2014), ter uma etapa de raciocínio a ser seguido e defender durante a aplicação da SEI, não se torna algo somativo e nem que influencia na nota do aluno, mas sim, que o aluno cria suas hipóteses, sua argumentação, soluciona o problema e ainda constrói seu raciocínio através de “se, então e portanto”.

Por isso, a SEI, são mais interessantes, tanto para o aluno quanto para o professor, pois é composta por várias atividades, dispostas e estruturadas, envolvendo atitudes, procedimentos, questionamentos, em que o aluno executa as atividades e o professor é o mediador (CARVALHO, 2011).

Para terminar, acredita-se que a metodologia utilizada para se ensinar física por meio da investigação, torna-se algo mais atraente e adequada para as escolas em que se trabalha, fala-se isso pela experiência na docência no ensino médio e também pelos bons resultados adquiridos, já que principalmente a matéria de indução eletromagnética é mais complicada para os estudantes, utilizando-se uma metodologia que atraia os estudantes e que eles mesmos consigam realizar suas situações problemas e levantarem suas hipóteses, contribui para a construção do conhecimento científico correto.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.; Teoria da aprendizagem de Ausubel. *In*: MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda, 1999. p. 151-165.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P.; Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 31, n. 1, p. 30- 59, nov. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n1p30/26466>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- BRASIL.; Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências e suas tecnologias. 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**: eletromagnetismo. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2010. 812 p.
- JELICIC, K.; PLANINIC, M.; PLANINSIC, G. Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. **Physical Review Physics Education Research**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 0101121-01011218, 27 fev. 2017. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010112>. Acesso em: 11 fev. 2021.
- MOREIRA, M. A.; Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasília**, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a13.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.
- PAZ, A. M.; **Atividades Experimentais e Informatizadas**: contribuições para o ensino de eletromagnetismo. 2007. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/teses/ativ_exper_infor_magnetism.pdf. Acesso em: 27 setembro 2020.