



**WILGUEM TORRES DA SILVA**

**LEI DE FARADAY: DO SENSO COMUM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

**Manaus-AM**

**2021**

**WILGUEM TORRES DA SILVA**

**LEI DE FARADAY: DO SENSO COMUM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) Polo 4: UFAM/ IFAM, promovido pela Sociedade Brasileira de Física. Como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM).

Orientador: prof. Dr. José Roberto Viana Azevedo

**Manaus - AM**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela sabedoria, bondade e misericórdia que se renovam todos os dias em minha vida, o que demonstra que Deus é a razão das minhas vitórias.

A minha saudosa mãe que sempre me ensinou as coisas boas da vida, e, que com muitas lutas buscou fazer o melhor pelos seus filhos.

A minha esposa e filhas pela compreensão durante o período de estudo.

Aos meus irmãos pela força para continuar a luta mesmo em tempos difíceis.

Ao meu amigo Alberdan pela ajuda no desenvolvimento do material experimental e na elaboração da dissertação.

Ao meu amigo Walcimar Fortuna pelo empréstimo dos livros e formatação das figuras.

Aos meus irmãos na fé pelas orações e compreensão.

Aos professores pela ajuda, dedicação e empenho que contribuíram para o meu crescimento.

Ao professor Dr. José Roberto Viana Azevedo pela paciência na orientação da dissertação.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa de coordenar um estudo de Pós-Graduação desse porte.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) por acreditar e financiar o aperfeiçoamento dos professores e discentes.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo financiamento (código 001) do Mestrado.

## RESUMO

A construção do conhecimento científico é um processo, que começa antes do acesso à escola, uma vez que pela interação família-sociedade e os meios de comunicações proporcionarem um vasto conhecimento empírico de certos fenômenos físicos. Este fato faz com que as gerações futuras cheguem à escola com um leque de conhecimento, que pode facilitar o desenvolvimento do conhecimento científico. Mas para que isso ocorra é necessário que o docente seja capaz de desenvolver a mudança conceitual do conhecimento empírico em científico. O conhecimento científico da Lei de Faraday é importante no Ensino Médio (EM), pois mesmo sendo um processo árduo, proporciona ao aluno evidenciar a interação da eletricidade e o magnetismo, fenômeno que por muito tempo tinham sido tratados como distintos e, que hoje forma o eletromagnetismo. Muitas são as razões que evidenciam, que a descoberta desta lei foi fundamental para a geração e transmissão de energia elétrica, o motor elétrico, os transformadores de energia elétrica e outros equipamentos tão presentes no cotidiano das pessoas. A Lei de Faraday, uma grande descoberta da Ciência do século XIX, com todo o seu contexto histórico-social-tecnológico fascinante, geralmente não tem sido abordada no ensino médio e no ensino superior (curso de licenciatura). Devido esses fatores será aplicado o produto educacional que sirva de material de apoio para os professores das escolas públicas e particulares. O produto educacional é composto de uma sequência didática que será norteadada pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, e, é constituída de 6 (seis) encontros, onde cada encontro possui 2 (dois) momentos, mas devido a pandemia do COVID-19 as aulas tiveram que ser adaptadas em dois semestres. Isso fez com que o desenvolvimento do produto educacional ocorresse no segundo semestre de 2021, período em que as aulas voltaram a ser presenciais no ensino médio.

**Palavras-chave:** Lei de Faraday; Conhecimento Científico; Ensino da Lei de Faraday.

## ABSTRACT

The construction of scientific knowledge is a process, which begins before the school access, since by family-society interaction and the means of communication provide a vast empirical knowledge of certain physical phenomena. This fact causes future generations to come to school with a range of knowledge, which can facilitate the development of scientific knowledge. But for this to occur it is necessary that the teacher is able to develop the conceptual change of scientific empirical knowledge in scientific. The scientific knowledge of Faraday's Law is important in high school (MS), because even being an arduous process, it provides the student to evidence the interaction of electricity and magnetism, a phenomenon that had long been treated as distinct and, today forms electromagnetism. There are many reasons that show that the discovery of this law was fundamental for the generation and transmission of electricity, the electric motor, electric power transformers and other equipment so present in people's daily lives. Faraday's Law, a great discovery of 19th-century science with all its fascinating historical-social-technological context, has generally not been addressed in high school and higher education (undergraduate course). Due to these factors, the educational product will be applied to serve as a support material for teachers in public and private schools. The educational product consists of a didactic sequence that will be led by David Ausubel's theory of meaningful learning will consist of 6 (six) meetings, and each meeting of 2 (two) moments, but due to the covid-19 pandemic the classes had to be adapted, so the development of the educational product took place in the second half of 2021, period in which the classes came back in person in high school.

**Keywords:** Faraday's Law; Scientific Knowledge; Teaching of Faraday's Law.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Processo de construção do conhecimento .....	21
<b>Figura 2:</b> Representação da aprendizagem significativa .....	25
<b>Figura 3:</b> Polo da agulha magnetizada .....	33
<b>Figura 4:</b> Rotação dos polos ao redor de um fio .....	34
<b>Figura 5:</b> Anel utilizado na experiência de Faraday .....	36
<b>Figura 6:</b> Indução eletromagnética .....	38
<b>Figura 7:</b> Fluxo magnético .....	39
<b>Figura 8:</b> Relação entre fluxo magnético e força eletromotriz .....	41
<b>Figura 9:</b> Polo Norte aproximando da espira .....	44
<b>Figura 10:</b> Polo Norte afastando da espira .....	45
<b>Figura 11:</b> Polo Sul aproximando da espira .....	45
<b>Figura 12:</b> Polo Sul afastando da espira .....	46
<b>Figura 13:</b> Aplicação da Lei de Faraday – Dínamo .....	47
<b>Figura 14:</b> Aplicação da Lei de Faraday – Transformador .....	49
<b>Figura 15:</b> Aplicação da Lei de Faraday – Motores de Indução .....	50
<b>Figura 16:</b> Aplicação da Lei de Faraday – Anemômetro .....	51
<b>Figura 17:</b> Aplicação da Lei de Faraday – Microfone .....	52
<b>Figura 18:</b> Aplicação da Lei de Faraday – Alto Falante .....	52
<b>Figura 19:</b> Primeiro encontro – Experimento de Oersted .....	56
<b>Figura 20:</b> Terceiro encontro – Simulador Phet .....	58
<b>Figura 21:</b> Questionário diagnóstico (1ª Questão – c) .....	66
<b>Figura 22:</b> Questionário diagnóstico (1ª Questão – d) .....	66
<b>Figura 23:</b> Questionário diagnóstico (1ª Questão – a) .....	67
<b>Figura 24:</b> Questionário diagnóstico (2ª Questão – b) .....	68
<b>Figura 25:</b> Questionário diagnóstico (2ª Questão – a) .....	68
<b>Figura 26:</b> Questionário diagnóstico (3ª Questão – a) .....	69
<b>Figura 27:</b> Questionário diagnóstico (3ª Questão – d) .....	69
<b>Figura 28:</b> Questionário diagnóstico (4ª Questão – c) .....	70
<b>Figura 29:</b> Questionário diagnóstico (5ª Questão – b) .....	70
<b>Figura 30:</b> Questionário diagnóstico (5ª Questão – c) .....	71
<b>Figura 31:</b> Experimento de Oersted .....	71
<b>Figura 32:</b> Experimento de Oersted (Resultado obtido 1) .....	72

<b>Figura 33:</b> Experimento de Oersted (Resultado obtido 2) .....	72
<b>Figura 34:</b> Terceiro encontro – Simulador Phet Física .....	73
<b>Figura 35:</b> Questionário – Simulador Phet Física (Questão 1) .....	74
<b>Figura 36:</b> Questionário – Simulador Phet Física (Questão 2) .....	74
<b>Figura 37:</b> Questionário – Simulador Phet Física (Questão 3) .....	75
<b>Figura 38:</b> Questionário – Simulador Phet Física (Questão 4) .....	75
<b>Figura 39:</b> Questionário – Simulador Phet Física (Questão 5) .....	75
<b>Figura 40:</b> Material - Motor elétrico .....	76
<b>Figura 41:</b> Experimento – Motor elétrico 1 .....	77
<b>Figura 42:</b> Experimento – Motor elétrico 2 .....	78
<b>Figura 43:</b> Questionário – Funcionamento do motor .....	78
<b>Figura 44:</b> Material – Indução eletromagnética .....	79
<b>Figura 45:</b> Experimento – Indução eletromagnética .....	80
<b>Figura 46:</b> Questionário final (1 <sup>a</sup> – b) .....	82
<b>Figura 47:</b> Questionário final (1 <sup>a</sup> – c) .....	82
<b>Figura 48:</b> Questionário final (1 <sup>a</sup> – d) .....	82
<b>Figura 49:</b> Questionário final (1 <sup>a</sup> – a) .....	83
<b>Figura 50:</b> Questionário final (2 <sup>a</sup> – b) .....	83
<b>Figura 51:</b> Questionário final (2 <sup>a</sup> – a) .....	83
<b>Figura 52:</b> Questionário final (3 <sup>a</sup> Questão) .....	84
<b>Figura 53:</b> Questionário final (3 <sup>a</sup> Questão 1) .....	84
<b>Figura 54:</b> Questionário final (3 <sup>a</sup> Questão 2) .....	84
<b>Figura 55:</b> Questionário final (4 <sup>a</sup> Questão – d) .....	85
<b>Figura 56:</b> Questionário final (4 <sup>a</sup> Questão – a) .....	85
<b>Figura 57:</b> Questionário final (4 <sup>a</sup> Questão – b) .....	86
<b>Figura 58:</b> Questionário final (5 <sup>a</sup> Questão – b) .....	86
<b>Figura 59:</b> Questionário final (5 <sup>a</sup> Questão – d) .....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vídeos sobre a indução eletromagnética.....	57
Tabela 2 – Resultados obtidos no Primeiro Encontro.....	65
Tabela 3 – Resultados obtidos no Questionário final.....	81

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Entidade Educacional.....	61
Gráfico 2 – Tempo de Magistério.....	61
Gráfico 3 – Quantidade de vezes que lecionou Magnetismo.....	62
Gráfico 4 – Quantidade de vezes que foi lecionada a Lei de Faraday.....	63
Gráfico 5 – Concepções da Lei de Faraday.....	63
Gráfico 6 – Fatores que contribuem para a Lei de Faraday não ser ministrada.....	64

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 CONTEXTO DA LEI DE FARADAY .....	13
2.2 CONHECIMENTO COTIDIANO (SENSO COMUM).....	14
2.3 CONSTRUÇÃO DA REALIDADE .....	15
2.4 CONHECIMENTO CIENTÍFICO .....	<b>17</b>
2.5 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA SALA DE AULA.....	18
2.6 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS) .....	22
2.7 APRENDIZAGEM MECÂNICA VERSUS APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	25
<b>CAPÍTULO 3: CONTEXTO HISTÓRICO E O DESENVOLVIMENTO DA LEI DE FARADAY .....</b>	<b>26</b>
3.1 UMA BREVE BIOGRAFIA DE MICHAEL FARADAY .....	27
3.2 CONTEXTO HISTÓRICO DO ELETROMAGNETISMO .....	28
3.3 PRIMEIRA FASE DE PESQUISA DE FARADAY .....	32
3.4 AS CONTRIBUIÇÕES DE FARADAY PARA O ELETROMAGNETISMO .....	33
<b>PÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DA LEI DE FARADAY .....</b>	<b>35</b>
4.1 A DESCOBERTA DA INDUÇÃO MAGNÉTICA .....	35
4.2 FORÇA ELETROMOTRIZ (fem) .....	36
4.3 FLUXO MAGNÉTICO .....	39
4.4 LEI DE FARADAY .....	40
4.5 LEI DE LENZ (SENTIDO DA CORRENTE INDUZIDA).....	43
<b>CAPÍTULO 5: APLICAÇÃO DE LEI DE FARADAY .....</b>	<b>46</b>
5.1 DÍNAMOS E GERADORES .....	46
5.2 TRANSFORMADORES DE VOLTAGEM .....	48
5.5 MICROFONE E O ALTO-FALANTE .....	51
<b>CAPÍTULO 6: METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>52</b>
6.1 OBJETIVO GERAL .....	53
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	53
6.3 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	53
<b>CAPÍTULO 7: ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>60</b>
7.1 O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA LEI DE FARADAY NAS ESCOLAS DE MANAUS .....	60
7.2 PRIMEIRO ENCONTRO .....	64
7.3 SEGUNDO ENCONTRO .....	72
7.4 TERCEIRO ENCONTRO .....	73
7.5 QUARTO ENCONTRO .....	76
7.6 QUINTO ENCONTRO .....	80
7.7 SEXTO ENCONTRO .....	81

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE A – Perguntas Referente a 1ª Aula.....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE B – Questionário Referente ao Experimento de Oersted .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE C – Questionário Referente a 3ª Aula .....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE D – Questionário Final.....</b>	<b>95</b>

## **CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO**

No Ensino de Física é comum a maioria dos alunos terem dificuldades, porque geralmente não conseguem entender o conteúdo explicado pelo professor. Esse fato pode ter sido causado pela prática pedagógica adotada pelo docente, que não favoreceu a aprendizagem. As práticas pedagógicas são importantes, porém a construção do conhecimento na sala de aula é um processo que deve ser construído levando em consideração o conhecimento cotidiano.

O conhecimento cotidiano é importante, uma vez que possibilita ao estudante construir conceitos de determinados fenômenos físicos que estão ao seu redor. Esse conceito fará parte da estrutura cognitiva dos alunos que o acompanhará por toda vida se não for transformado pelo uso de métodos científicos que leve em consideração a realidade cotidiana, pois Pietrocola (2005, p. 29) “realidade Física é então resultado da interpretação e da observação mundo elencado a vida cotidiana”. Estes fatores estão relacionados com o conceito de Física que geralmente é descrito nos livros didáticos e reproduzido na sala de aula como a ciência que estuda os fenômenos da natureza através observação.

O processo de construção do conhecimento científico é um processo que ocorre na escola a partir do planejamento elaborado pelo professor que “precisa atentar para o que é interessante e relevante de se aprender” (SASSERON, 2014, p. 39). Nesse planejamento o professor delimita sua ação e propõe meios para obter uma aprendizagem significativa através da utilização de um material significativo que “venha ser incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal (MOREIRA, 2006, p. 19).

Com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa da Lei de Faraday será desenvolvida uma proposta didática que promova a reestruturação cognitiva do senso comum ao conhecimento científico. Para isso será feito uma organização sistemática do senso comum discente para ressaltar a importância da Lei de Faraday e associar a aplicabilidade da indução eletromagnética como fator integrante da aprendizagem significativa dos conceitos e fundamentos da Física.

O desenvolvimento sequência didática ocorrerá com três turmas do 3º ano do turno matutino da Escola Estadual Inspetora Dulcineia Varela de Moura, que está localizada no bairro Novo Israel, zona norte de Manaus. O desenvolvimento da sequência didática ocorrerá em seis (6) momentos que consiste em seis aulas de 50

minutos. A Cada aula serão realizadas atividades (questionários, experiência, vídeos e simuladores) interativas com os alunos.

A lei de Faraday, uma das grandes descobertas da ciência, com todo seu contexto histórico, cultural e científico que até hoje contribui para o desenvolvimento da tecnologia através do processo de geração de energia elétrica e construções de equipamentos elétricos é um conhecimento importante para os alunos da 3ª série no ensino médio, mas geralmente não tem sido abordado devido alguns fatores, como: a falta tempo no ano letivo e devido à interação entre eletricidade e o magnetismo ser um processo de difícil compreensão.

O conteúdo foi selecionado através da proposta curricular do Ensino Médio e por haver na vida cotidiana diversos equipamentos (ventilador, um liquidificador, um dínamo, os computadores, leitores de CD, telefones celulares, entre outros), onde o princípio de funcionamento relaciona de forma direta ou indiretamente a lei de Faraday. Mas, cabe ao professor através das práticas pedagógicas buscar o melhor meio para que esse processo se concretize. Segundo Zabala (1998) “por trás de qualquer proposta metodológica se esconde uma concepção do valor que se atribui ao ensino”. Desta forma, é necessário que os conteúdos estudados na escola façam parte da realidade dos alunos para um melhor aprendizado.

## **CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO**

A oposição à Física do Ensino Médio pode ser claramente observada pelos docentes em sala de aula. Essa oposição está relacionada na maioria das vezes como os conteúdos são abordados em sala de aula, baseado no modelo tradicional que mantém o “aprendiz como passivo e receptor de informações descontextualizadas da realidade vivenciada e sem levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, o que caracteriza a aprendizagem bancária” (GAUTHIER; TARDIF, 2013, p. 298). A apatia torna-se mais óbvia quando são trabalhados temas mais complexos como a Lei de Faraday, onde as dificuldades observadas têm origem na escola e nos conhecimentos prévios (GUISOLA; ALMUDI; ZUZA, 2010).

Com essa visão apresentaremos o referencial teórico que direciona o desenvolvimento do conhecimento científico a partir dos conhecimentos do senso comum a aprendizagem significativa da Lei de Faraday.

### **2.1 CONTEXTO DA LEI DE FARADAY**

Uma das mais úteis e significativa descoberta da Física ocorreu no início do século XIX por dois cientistas, Michael Faraday na Inglaterra e Joseph Henry, nos Estados Unidos, cada um trabalhando de forma independente. Eles verificaram que o fluxo magnético variável no tempo através de um anel gera uma corrente elétrica num outro anel, isto proporcionou a produção de energia elétrica em larga escala, pois até o momento a energia elétrica produzida era proveniente das transformações químicas (BISCOLA; BÔAS; DOCA, 2016, p. 215). A nova descoberta trouxe para a humanidade um grande avanço tecnológico.

Muitas são as aplicações provenientes da indução eletromagnética, como: os transformadores de tensão elétrica, os dínamos, motores elétricos, os discos rígidos dos computadores e os cartões de crédito (HEWTT, 2009, p. 253). Sem contar os inúmeros equipamentos que utilizam motores de indução, que de acordo Silveira e Marques (2012) estão entre as dez maiores invenções de todos os tempos.

As inúmeras aplicações da Indução Eletromagnética no cotidiano das pessoas proporcionam um amplo conhecimento empírico que pode contribuir para o desenvolvimento do conhecimento significativo, pois segundo Ausubel:

*“A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativos” (Moreira, 1999, p. 19).*

A construção do conhecimento Físico da Lei de Faraday é um processo árduo que necessita que o professor não apenas conheça o conteúdo de Física, mas também os conteúdos de didática e pedagogia (CARVALHO; SESSARON., 2018, p. 40).

## **2.2 CONHECIMENTO COTIDIANO (SENSO COMUM)**

A aprendizagem do Senso Comum que também pode ser chamada de erros conceituais, ideias intuitivas e concepções alternativas são conhecimentos adquiridos a partir das experiências diárias que pode ser utilizado para explicar um acontecimento, um fato ou um fenômeno da Natureza (SOLIS, 1994 p. 83 - 89).

*“Não deixa de ser conhecimento aquele que foi observado ou passado de geração em geração através da educação informal ou baseado na imitação ou experiência pessoal. Esse conhecimento é dito popular” (Dias; Fernandes. **Pesquisa e métodos científicos**, 2000, p. 3)*

As concepções alternativas segundo Pozo e Gómez Crespo (2009) possuem uma origem que são constituídos pelas concepções espontâneas, concepções culturais e concepções analógicas. Essas concepções adquirem especificidades distintas. As concepções espontâneas são aquelas que tentam dar significado as atividades cotidianas. A concepção cultural é formada através do entorno social e cultural, onde um conjunto conceitos são assimilados. Nas concepções analógicas os discentes cogitam erros conceituais presentes nos livros e nas explicações recebidas na escola.

As concepções alternativas embora incoerente à visão científica pode ser importante para o desenvolvimento cognitivo, uma vez que é o resultado de um pensamento que busca dá sentido a um mundo. Desta forma, “não é possível ignorar toda a bagagem conceitual que o aluno traz ao se deparar com o ensino de Física na escola” (PEDUZZI, 2005).

A escola possui um papel importante na construção da visão de mundo, porque ela é uma instituição social responsável pela propagação das formas de concepções

culturais vigentes em determinado momento da história. Sendo assim, “a escola assume uma função de fornecer instrumentos necessários para que o aluno faça a leitura compreensiva do mundo, com a finalidade de assumir o poder da aquisição do conhecimento baseada na vivência cotidiano” (PAVAN, 2016, p.10).

### 2.3 CONSTRUÇÃO DA REALIDADE

A vida cotidiana constituída de objetos, máquinas, equipamentos elétricos e fenômenos físicos que geralmente intrigam e influenciam as pessoas que buscam encontrar respostas ou soluções para dar sentido ao seu mundo cotidiano ou acabam aceitando os conceitos formados por seus antecessores (BERGE; LUCKMANN, 1995, p. 34).

*“O mundo da vida cotidiana não somente é tomado como realidade certa pelos membros ordinários da sociedade na conduta subjetivamente dotada de sentido que imprimem a suas vidas, mas é um mundo que se origina no pensamento e na ação dos homens comuns, sendo firmado como real para eles” (BERGE; LUCKMANN, 1995, p. 36).*

A noção de realidade associada aos elementos do mundo pode variar de indivíduo para indivíduo, em função dos seus interesses, necessidades e contexto social. Quando ocorre a passagem de uma concepção de realidade para outra, “quase sempre acontece uma transição que causa um desconforto, que deve ser entendida como causada pelo deslocamento de atenção, acarretada pela transição” (BERGE e LUCKMANN, 1995, p.38). Sendo assim, a noção de realidade pode ser flexível em determinado contexto. O mundo cotidiano, por exemplo, constituído por objetos concretos e abstratos. Os objetos concretos como celular, ventilador, lâmpadas e outros possuem mais significados do que o som, a luz, a energia, porque são fenômenos abstratos. “A distinção entre objetos materiais e não-matérias diminui o grau de realidade dos objetos” (PIETROCOLA, 2005, p. 22).

A realidade cotidiana pode estar relacionada com o mundo de atuação ou de trabalho. Um mecânico, por exemplo, na sua oficina geralmente atua de uma forma para consertar um carro e acredita que isso é o ideal para solucionar um defeito mecânico, mas, se estivesse atuando em uma fábrica de automóveis, talvez tivesse que resolver o defeito utilizando técnica mais específicas. “Neste mundo do trabalho a consciência é determinada pelo motivo programático, isto é, a atenção está

determinada por aquilo que se faz ou que está fazendo” (BERGE; LUCKMANN, 1995, p.39).

Outra maneira de relacionar a realidade cotidiana é através da relação e comunicação entre as pessoas, que compartilham o mesmo mundo de forma intersubjetiva, onde o pensamento das pessoas divergem a respeito de determinado conteúdo ou fenômeno físico. Isto geralmente ocorre no meio científico, onde às teorias científicas divergentes, precisam ser comprovadas através do experimento ou demonstrados por cálculos matemáticos. “O que tem correspondência, é que há uma contínua correspondência entre meus significados e seus significados neste mundo, que partilhamos em comum, no que corresponde à realidade” (BERGE; LUCKMANN, 1995, p. 40).

A última situação que podemos relacionar com a realidade cotidiana, é a realidade Física, A realidade Física é o resultado da interpretação do mundo, sistematizado por métodos e técnicas que evoluíram ao longo dos tempos (PIETROCOLA, 2005, p. 29).

*“A Física tornou-se uma das primeiras ciências a se constituir após o renascimento. Encontramos, nos trabalhos de Descartes, Galileu, Newton e contemporâneos, elementos que viriam a aglutinar uma prática de prospecção do mundo natural que se tornaria sistema e produziria resultados interessantes” (Pietrocola, 2005, p. 28)*

A Física é uma ciência construída de forma coletiva e que produz representações sobre o mundo físico. Desta forma, a realidade física é o resultado de um processo de interpretação, que utiliza métodos e técnicas do processo cognitivo, que foram aperfeiçoadas ao longo dos tempos. Esta interpretação particular do mundo também ocorre no caso da interpretação artística e religiosa desenvolvidas, através da capacidade criativa do ser humano (PIETROCOLA, 2005, p.27).

*“Segundo o nacionalista clássico, os verdadeiros fundamentos do conhecimento são acessíveis a mente pensante. As proposições que constituem os fundamentos são reveladas como sendo claras, distintas e indiscutivelmente verdadeira pela contemplação e raciocínios cuidadosos” (Chalmers, 2006, p. 139).*

Essa realidade Física produz conhecimento mediante aos seus interesses e necessidades, porém, para que isso ocorra é necessária uma comunicação entre os cientistas, para comprovarem que determinado fenômeno realmente existe. Como podemos ver, essa realidade é o resultado de processo de interpretação do mundo, “pautado por métodos e técnicas que se diferenciam ao longo do tempo das práticas cotidianas” (PIETROCOLA, 2005, p.34).

Observa-se que as realidades estão sempre condicionadas pela forma que podem ser interpretadas. Segundo Pietrocola (2005, p. 29) é “incorreto considerar, que o mundo se resume a uma só realidade possível, assim como é também incorreto dizer, que não há realidade alguma associada a ele, pois tudo depende das formas utilizadas para conhecê-lo”.

## **2.4 CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

Conhecimento científico é a informação que analisa os fatos cientificamente comprovados, mas durante grande período acreditou-se que o conhecimento científico, surgia de ouvir a voz da Natureza de maneira adequada. Para descobrir uma nova lei ou novo princípio era necessário apenas levantar dados e observar a natureza de maneira correta e a verdade científica aparecia.

Esse método era utilizado pelos filósofos gregos, que utilizavam a observação para descrever os fenômenos e formular suas teorias. A figura ilustre que mais se destacou entre os filósofos foi Aristóteles (384 – 322 a.C). “Ele acreditava que pela observação e a medição cuidadosa entende-se as leis, que governam todas as coisas (ROONEY, 2013, p. 18).

O advogado e filósofo inglês Frances Bacon (1561 – 1626) propôs uma abordagem diferente à Ciência e foi publicada em um livro denominado ‘O Novo Organismo da Ciência’, onde “ele acreditava que os resultados de experimentos pudessem ajudar a discernir teorias conflitantes e ajudar a humanidade a se aproximar da verdade” (ROONEY, 2013, p. 20).

Mais tarde, o físico matemático e astrônomo Galileu Galilei (1564 – 1642), assumiu um papel importante no desenvolvimento do método científico. “Ele ao invés de apenas estudar os fenômenos oferecidos pela natureza, ele os analisava em condições especiais” (PIETROCOLA, 2010, p. 43).

Nos dias atuais uma nova concepção epistemológica foi adotada para descrever a os fenômenos físicos da natureza. Para Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 20), “o

conhecimento nunca se extrai da realidade, mas, vem da mente dos cientistas”. Desta forma, a ciência passa a ser um processo de elaboração de modelos para interpretar a natureza.

No início do século XX, o cientista Albert Einstein (1879 – 1955) revolucionou as teorias da Física e o conhecimento científico do Universo com apenas caneta e papel. Ao contrário de Aristóteles e seguindo a prática adotada por Newton, “Einstein fez uso rigoroso da matemática, para apoiar seus argumentos e mostrar que seu sistema funcionava com o que já era conhecido (ROONEY, 2013, p. 23). Aprender ciências deve ser, então, um exercício de comparar e diferenciar modelos, não de adquirir saberes absolutos e verdadeiros (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 21).

## **2.5 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA SALA DE AULA**

A construção do conhecimento científico geralmente se inicia a partir da elaboração do projeto político-pedagógico e plano de aula, elaborados pelo professor. Neste plano, o educando delimita suas estratégias e ações metodológicas a serem aplicadas, visando o que é interessante e não relevante de se aprender. O contexto social dos estudantes necessita ser considerado como uma maneira de tornar a abordagem de conceitos em sala de aula uma atividade realmente problematizada (SASSERON, 2004, p. 39). Esse momento burocrático-administrativo-pedagógica possui um papel importante, pois favorece a labuta do professor.

O professor em seu planejamento deve proporcionar meios, que faça o aluno refletir e desenvolver conceitos científicos. “Para que isso ocorra, é necessário apresentar-lhe situações-problema, que desafiem os alunos a irem além das suas concepções” (Junior, 2014, p. 305). Desta forma, o início da aula não é o currículo, ou a explicitação do conteúdo programado, mas sim, os conhecimentos prévios que o aluno traz para dentro da sala de aula. Em decorrência disso, antes de instruir, é necessário ouvir e conhecer os conceitos formados pelos alunos.

*É papel da escola tomar como ponto de partida os conhecimentos prévios, com o claro objetivo de transformá-los, envolvendo-os em problematizações cujas resoluções exijam novos e, por vezes, conhecimentos mais complexos do que os iniciais. Procedimentos de ensino desta natureza favorecem a articulação entre o conteúdo que faz parte do currículo escolar e o seu uso cotidiano. Possibilitam ainda a organização de*

*um planejamento adequado às necessidades cognitivas dos alunos (SFORNI; GALUCH, 2005, p. 7).*

A criação das situações-problemas são importantes uma vez que possibilita ao educando a ir além das suas próprias concepções. São as situações-problemas que vão obrigar os alunos a construir conceitos e novos modelos de comportamentos (Junior, 2014, p. 310). Essas situações devem ser adaptadas conforme a necessidade, e, estar um pouco acima do nível que os alunos já sabem naquele momento, para que os obstáculos lhes permitam ir além. Esse contexto faz com que o professor seja um agente ativo no processo, pois, sua preparação e sua capacidade devem conduzir o aluno a unir o conhecimento cotidiano com o científico.

*À educação científica, enquanto prática educacional, instrumento de leitura, problematização e compreensão da realidade caberia o papel de enfrentamento desses hábitos intelectuais que, embora úteis em muitas circunstâncias da vida cotidiana, acabam por cristalizar-se individualmente (Laranjeira, 2014)*

O processo de construção do conhecimento científico é árduo, todavia, ao longo dos tempos diversas, teorias buscam meios, que facilitem esse processo em sala de aula, mas Pozo e Gómez Crespo (2009) “identificam três processos importantes, que contribuem para a construção do conhecimento científico na sala de aula”. O primeiro processo é a reestruturação teórica, que consiste em uma maneira diferente de organizar o conhecimento, com a intenção de superar as concepções alternativas. Para que ocorra o processo de reestruturação, faz-se necessário que ocorra uma mudança conceitual, que ocorre quando uma nova informação interage com a estrutura cognitiva do aluno, fazendo com que haja superação das teorias alternativas. A mudança conceitual, por sua vez, geralmente ocorre através de três processos distintos que contribuem para a reorganização da estrutura conceitual.

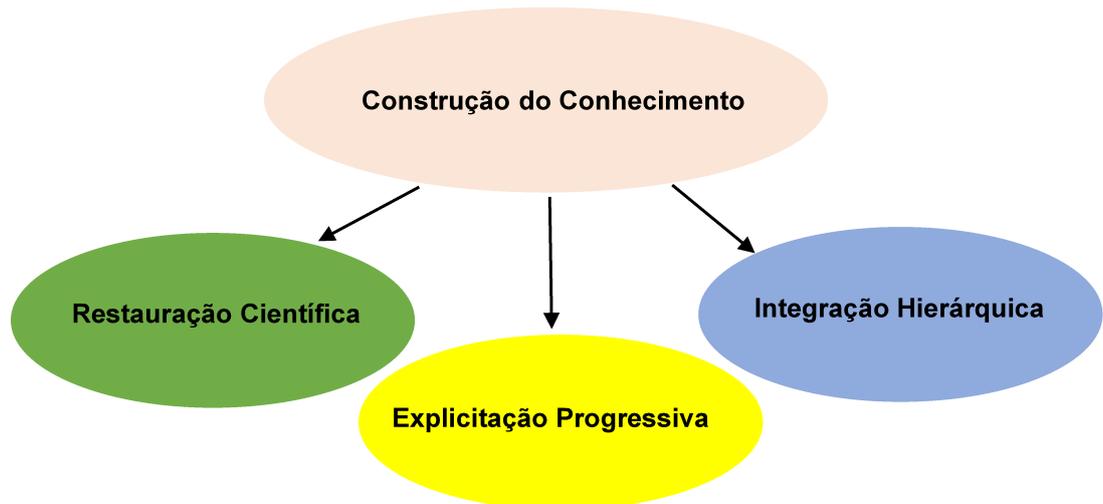
Os processos de reorganização da estrutura conceitual segundo Pozo e Gómez Crespo (2009) são: enriquecimento ou crescimento das concepções, ajuste e reestruturação. A forma mais simples seria o enriquecimento ou crescimento das concepções, isso ocorre quando uma nova informação é incorporada, mas, não há uma mudança total na estrutura conceitual existente. A outra mudança chamasse ajuste, neste caso, ocorre mudança de algo na estrutura, porém, não ocorre uma

alteração por completa do conceito. A mudança total dos conceitos ocorre na reestruturação, porque nesse momento o aluno reflete sobre as diferenças estruturais e conceituais do conhecimento científico e dos seus próprios conceitos.

*Reconstruir não significa abandonar o passado que, a cultura e em cada homem, continua presente e ativo, vivo e operante, mas impõe que nele penetrem e atuem novas formas que o transformem e o introduzam na novidade de outro momento histórico e outros lugares sociais ou âmbitos linguísticos (MARQUES, 2002, p.82).*

O segundo processo que contribui para a construção do conhecimento, é o processo de integração hierárquica. Neste processo, “o conhecimento científico necessita de uma hierarquia onde passa da estrutura mais simples para estruturas mais complexas” (POZO; CRESPO, 2009, p.135). Em outras palavras, uma teoria mais elaborada (teoria científica) pode integrar outra mais simples (teoria intuitiva), porém, para que isso aconteça, é necessário que a nova teoria tenha maior capacidade de generalização, estrutura conceitual mais complexa e maior capacidade explicativa. Por exemplo, o princípio da indução eletromagnética precisa dos conceitos de eletricidade e magnetismo.

No último processo chamado explicitação progressiva “as concepções científicas estão relacionadas com as próprias concepções do aluno, ou seja, as concepções estão ocultas de tal forma que o sujeito não sabe dela” (POZO; CRESPO, 2009, p.134). A mudança conceitual ocorre quando professor proporciona meios que facilite a explicação dos conceitos formados, de forma que o estudante enfrente dificuldades potenciais, que venham proporcionar à comunicação das próprias concepções, de forma que o docente possa externar parte de suas teorias implícitas (DELIZOICOV, 2005, p. 127)



**Figura 1:** Processo de construção do conhecimento. **Fonte:** Pozo & Gómez Crespo – A Aprendizagem e Estudo de Ciências

Esses processos mesmo que tenham como objetivo mudar a estrutura cognitiva dos estudantes, precisam seguir um trilha, que requer ir dos níveis mais básicos (representacionais) até os mais profundos, ou seja, dos fatos aos conceitos e princípios. Assim, a mudança conceitual em ciência pode ocorrer quando o docente estudar contextos e situações concretas, que estão relacionadas com a prática. Segundo Sasseron e Carvalho (2011, p. 243) “as condições que favorecem o trabalho do professor tornam-se mais eficiente quando é desenvolvida coletivamente um método que oriente a ação docente em linhas gerais”. Essa atitude pode facilitar o aprofundamento teórico e prático, contudo, não se pode ditar ao professor os procedimentos particulares do que fazer na sala de aula. Seguem abaixo algumas condições, que podem orientar o docente no desenvolvimento do seu trabalho no ensino de Física em sala de aula.

1 – Ter domínio sobre o conteúdo abordado e pleno conhecimento dos materiais didáticos a serem utilizados.

2 – Coletar dados que forneçam evidências dos saberes já construídos pelos alunos através das experiências cotidianas antes das experiências escolares.

3 – Estimular discussões entre alunos a respeito do fenômeno físico abordado. Além de fornecer materiais que possam ser manipulados livremente pelos docentes.

4 – Questionar os alunos, de forma que eles consigam identificar aplicação do fenômeno físico no dia a dia e tecnologia.

Essas condições propostas não é um roteiro de prática de ensino, mas, uma estratégia que busca facilitar a aprendizagem dos alunos (SASSERON, 2014, p.45).

Mas para que o processo de aprendizagem possa ter êxito, é necessário que o docente faça o planejamento das aulas, organize as atividades, desenvolva atividades práticas e principalmente que tenham motivação para desenvolver o seu trabalho.

## **2.6 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)**

A teoria de aprendizagem utilizada para fundamentar o presente trabalho é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) do psicólogo David Paul Ausubel (1968), devido à intenção de desenvolver um processo de ensino que lide com a organização do conhecimento em estruturas cognitivas.

A Teoria da Aprendizagem Significativa é uma teoria fundamentada no cognitivismo que procura descrever, em linhas gerais, “o que acontece quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de forma a distinguir sistematicamente o igual do diferente” (SOUZA, 2011, p. 19). Desta forma, o indivíduo é capaz de relacionar, manipular e utilizar as informações que foram incorporadas na estrutura do cérebro.

Ausubel admite que a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação interage com aspectos importantes na estrutura de conhecimento dos indivíduos (subsunçores). A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 1999, p. 153). Mas para que a aprendizagem significativa aconteça é necessário que o material a ser utilizado seja significativo e o aluno tenha predisposição para aprender.

*“Para que aconteça este tipo de aprendizagem é necessário, por um lado, que o material com o qual se aprende possua um significado em si mesmo, e esteja linguisticamente adaptado ao aluno, assim como, por outro lado, que o aluno tenha predisposição ou vontade para esse tipo de aprendizagem” (LAHERA; FORTEZA, 2006, p. 17).*

Um material possui significado conceitual quando é relacionável à estrutura cognitiva dos alunos de forma não-arbitrária e não-literal, ou seja, deve ser organizado e diferente do que é proposto nos livros. “Quanto ao aprendiz, além da predisposição, é necessário que sua estrutura contenha ideias que possam ser relacionadas com o novo material” (LAHERA; FORTEZA, 2006, p. 18).

A teoria Ausuberiana faz distinção entre dois tipos de aprendizagem, que são: Aprendizagem Mecânica e Aprendizagem Significativa. Quando um aluno utiliza a memorização de fórmulas e conteúdo, e não consegue aplicar esse conhecimento em outras situações, aprendizagem é classificada como mecânica.

*“A aprendizagem se torna mecânica quando produz uma menor aquisição e atribuição de significado, passando a nova informação a ser armazenada isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva do estudante”. (MOREIRA, 1999, p. 154).*

Sendo assim, não ocorre a interação entre a nova informação e aquela já adquirida na mente do estudante. O conhecimento desta forma fica arbitrariamente distribuídos na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos específico, isto é, eles são apenas memorizados. Contudo, ocorre situações em que a aprendizagem mecânica se faz necessária, desde que ela apresente conceitos no processo ensino aprendizagem.

Já a aprendizagem significativa acontece a interação entre uma nova informação com os conhecimentos prévios do indivíduo (subsunçor), de modo que a aprendizagem é retida por mais tempo e produza mudanças significativas possibilitando de novos materiais relacionáveis.

Os subsunçores são os conhecimentos já estruturados na mente do estudante sobre determinado conteúdo ou fenômeno físico que pode ser ligado a uma nova informação que favorecerá a mudança ou reorganização do processo de ensino. “O conhecimento prévio (conceito, pensamento, representação) faz parte da estrutura cognitiva do aluno funciona como um ancoradouro que irá interligar o novo conhecimento” (MOREIRA, 2011, p. 28, apud. Caetano, 2020).

O conhecimento que o aluno adquiriu através da sua vivência de mundo é importante para o professor promover uma aprendizagem significativa, pois será o ponto de partida para o docente levar o aluno ao conhecimento esperado. As concepções começam a se desenvolver nos indivíduos desde criança, quando começam a observar os objetos à sua volta e passam a identificá-los e a formar conceitos a seu respeito.

A ideia de interação entre o subsunçores e o conhecimento adquirido fez Ausubel classificar a teoria da aprendizagem significativa em três tipos básicos: a aprendizagem de representações, de conceitos e de proposições. A aprendizagem

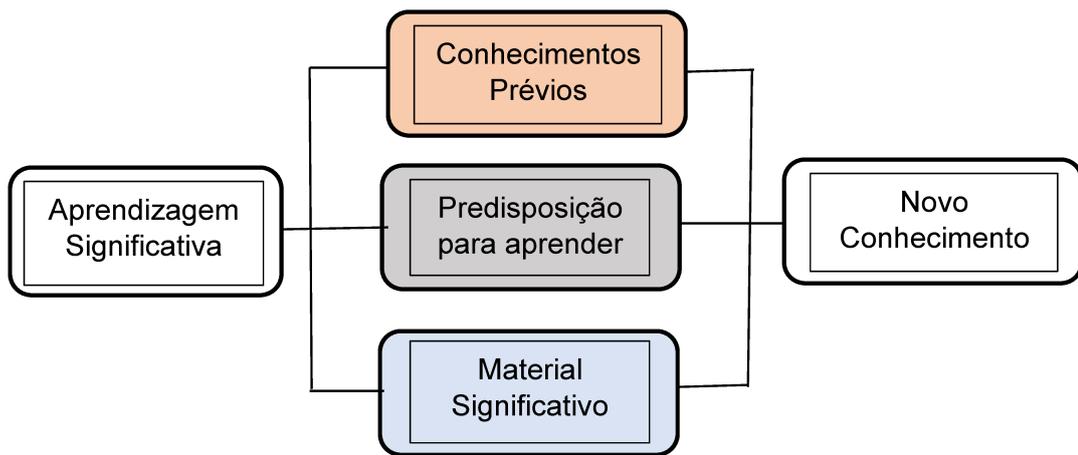
representacional é a mais básica, porém as demais dependem dela porque envolve atribuição de signos ou símbolos determinados (especificamente palavras). “A aprendizagem de conceitos é aquela no qual o aprendiz consegue separar características importantes do objeto que possa ser representado por símbolo” (MOREIRA, 1995, p. 157), pois os conceitos são representados por símbolo particulares. Já a aprendizagem de proposições é a mais complexa que as anteriores, uma vez que o aprendiz dará significado as novas ideias. A nova proposição é o resultado da interação das ideias anteriores com as proposições potencialmente significativa.

A aprendizagem de conceitos (ou conceituais) e a aprendizagem proposicional podem ainda ser subordinada, superordenada ou combinada. “A diferença entre essas aprendizagens deve-se ao processo de aquisição de significado, em que a nova informação adquire” (SOUZA, 2011, p. 32), quando interage com o conhecimento prévio (subsunçor) existente na estrutura cognitiva. Caso o subsunçor seja um conceito ou proporção geral existente na estrutura cognitiva, e, ocorra a assimilação do novo conceito ou proposição particular, têm-se a aprendizagem do tipo subordinada. Se o conceito ou proporção geral for assimilado através da relação entre significados de ideias específicas preexistente, tem-se a aprendizagem superordenada. A aprendizagem combinatória, por sua vez, ocorre quando a nova informação é relacionada a um conteúdo importante, existente na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1995, p. 159), desta forma, difere dos demais por não haver ideias subordinadas ou superordenadas

Consideremos o conceito de Eletricidade e Magnetismo. A maioria das pessoas já possuem um certo conhecimento antes de chegar à escola, porém, está relacionado com o senso comum. “Para que ocorra uma aprendizagem significativa será necessário a reestruturação do novo conceito por meio de subsunçores que servirá de ancoradouro” (MOREIRA, 1995, p. 153). Podemos observar, que antes de chegar à escola o conhecimento do aluno era fragmentado, mas, quando ele obtém uma nova informação, ele adquire a capacidade de agrupar conhecimento.

A figura 2 representa uma síntese da aprendizagem significativa, porém ressalta-se que para ocorrer a aprendizagem significativa faz-se necessário que o estudante tenha predisposição para aprender, e, que o material utilizado pelo professor seja favorável com a estrutura cognitiva do aluno.

O conhecimento prévio pode facilitar o processo de conhecimento, mas também pode ser um obstáculo para que o mesmo ocorra. Quando o conhecimento prévio é um obstáculo acontece o conflito entre o novo conhecimento e os subsunçores disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, porque a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio, é que poderá proporcionar o ajuste necessário para a ancoragem do novo conhecimento.



**Figura 2:** Representação da aprendizagem significativa.  
**Fonte:** Autor, 2021

## 2.7 APRENDIZAGEM MECÂNICA VERSUS APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

No processo de ensino-aprendizagem não é de se estranhar, que ao término das avaliações, os estudantes esqueçam quase todo o conteúdo estudo. Isto ocorre porque geralmente os fatos, os dados, os nomes, as equações foram memorizados com a intenção da realização de uma avaliação (Pietrocola, 2005, p. 17). Esse processo de ensino tem um caráter predominantemente mecânica em que a aquisição dos conceitos físicos é adquirida de forma superficial sem significado, sem compreensão e desvinculado da realidade ou inflexibilidade didático que proporcione um aprendizado duradouro.

Uma aprendizagem é mecânica, segundo Ausubel (MOREIRA, 1999, p.154) “quando uma nova informação interage com pouco ou nenhuma relação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz”. Desta maneira, o aluno estuda sem compreender o significado do conteúdo que foi abordado. Essa aprendizagem também acontece de maneira literal, ou seja, o aluno aprende exatamente como foi falado ou escrito, sem margem para uma interpretação própria.

Uma nova informação que ainda não está suficientemente relacionada com os demais conceitos presentes na estrutura cognitiva é suscetível a fáceis mudanças ao ser exposto às interferências externas. Isto pode causar uma diminuição ou conflito no entendimento do conceito, que foi aprendido, tornando-se fragilizado, e até causando possivelmente um esquecimento mais rápido. Um exemplo disso, é a memorização de fórmulas, leis e conceitos de Física.

Normalmente, “os conhecimentos duradouros que nos acompanham por toda vida, são aqueles que possuem significado e que geram satisfação” (PIETROCOLA, 2005, p. 19). Esse tipo de aprendizagem é um processo, em que uma nova informação se relaciona com um aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do indivíduo constituindo uma aprendizagem significativa que ocorre quando a nova informação se ancora com conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Caso o aprendiz não apresente uma bagagem mínima de conhecimentos prévios, é necessário criá-los e a sua criação, na maioria das vezes, é feita pela aprendizagem mecânica que mesmo sendo pouco elaborada pode servir de subsunçores. “A partir do momento em que essa aprendizagem passa a ser mais significativa, esse subsunçores tornam-se mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações” (MOREIRA, 1999, p. 155).

### **CAPÍTULO 3: CONTEXTO HISTÓRICO E O DESENVOLVIMENTO DA LEI DE FARADAY**

### 3.1 UMA BREVE BIOGRAFIA DE MICHAEL FARADAY

A lei de Faraday foi uma das maiores descobertas da Física do século XIX, pois através dela houve um grande desenvolvimento tecnológico no Mundo e sua utilidade está presente no cotidiano das pessoas. Devido a sua importância e contribuição buscaremos relatar neste capítulo um pouco da história e da biografia desse importante cientista

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em Surrey, condado situado no nordeste da Inglaterra. Ele foi o terceiro filho de James Faraday e Margaret Hastwell. Quando Michael tinha cinco anos, a família teve que se mudar para Londres, época em que a Inglaterra sofria as consequências da Revolução Francesa, “o que fez com que a família passasse por dificuldades financeiras, e isto afetou, diretamente na formação básica de Faraday, que aprendeu somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática” (DIAS; MARTINS, 2004, p. 519).

Aos 13 anos Faraday começou a trabalhar como ajudante na livraria de G. Riebau. “Sua função era transportar material e de aprendiz de encadernador, educando-se com a leitura de livros de ciências” (ROONEY, 2013). Em 1812, com a ajuda de um cliente da livraria, Faraday teve a oportunidade de assistir a uma série de quatro conferências do químico Humphry Davy, na Instituição Real (Royal Institution).

O interesse pela ciência fez com que ele anotasse cuidadosamente essas conferências e enviou uma cópia para Davy, onde mostrou seu interesse e acabou pedindo-lhe um emprego em qualquer função em seu laboratório. Davy recusou a solicitação no início, mas, em março do ano seguinte, “devido a demissão de um assistente, Faraday conseguiu o emprego de auxiliar de laboratório na Real Instituição (Royal Institution) de Londres” (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999, apud LIMA, 2020).

Em 1813, Faraday e Davy viajaram juntos pela França, Itália e Suíça, “onde pode manter contato com cientistas de diferentes áreas da ciência, o que influenciou a ver e pensar os problemas científicos” (DIAS; MARTINS, 2004, p. 520). Durante um certo tempo, Faraday apenas auxiliou Davy em seus trabalhos com a Química, o que contribuiu para que ele adquirisse uma enorme habilidade experimental, que foi importante para a sua aprendizagem. Davy foi um químico excelente e seu

laboratório era um dos mais sofisticados da época na Inglaterra. Com ele, Faraday fez um estudo sobre Química.

No ano de 1820, o físico e químico dinamarquês Hans Cristian Oersted divulgou a descoberta do eletromagnetismo, “e o novo fenômeno despertou o interesse de muitos cientistas, incluindo Humphry Davy e Faraday” (MARTINS, 1986, apud FUZARI, 2017, p. 32), que até então não havia se dedicado a problemas físicos. Motivado por esses estudos, Faraday, aos 29 anos, começou a realizar seus próprios trabalhos independentes.

No ano seguinte Faraday ministrou suas primeiras palestras, e, começou a publicar seus trabalhos desenvolvidos. Neste mesmo ano se casa com Sarah Barnad, e foi indicado por Davy para substituí-lo na supervisão do laboratório. O ano de 1824 foi muito importante na vida de Faraday, porque se tornou membro da Royal Society, por seus trabalhos feitos em Química. Já no ano seguinte ele se tornou diretor do laboratório, e no ano de 1826, “deu início as palestras de Natal na Instituição Real e aos discursos de sexta-feira à noite, que se prolongaram até 1830” (ROONEY, 2013).

Em 1831, com a descoberta da indução eletromagnética, Michael Faraday deu início a um período de dedicação as pesquisas físicas. “Durante sua vida como cientista foi chamado para consultoria em diversos trabalhos públicos e durante 30 anos foi conselheiro da Trinity House” (DIAS; MARTINS, 2004). Em reconhecimento por suas realizações recebeu títulos honorários e homenagens de toda parte do mundo, sem ter estudado em nenhuma universidade. “No verão de 1858, Faraday se aposentou, após 38 anos de trabalho na Instituição Real e faleceu em 25 de agosto de 1867, em Hampton Court Green, Londres” (DIAS; MARTINS, 2004).

### **3.2 CONTEXTO HISTÓRICO DO ELETROMAGNETISMO**

Antes do trabalho desenvolvido por Oersted a relação entre eletricidade e magnetismo já era conhecida, porém, não compreendida. Pelo menos três séculos antes já se observava a perturbação de bússolas causada por descargas atmosféricas (raios).

*“Por volta de 1750 o próprio Benjamin Franklin, numa carta enviada a um de seus correspondentes, de nome Peter Collinson, comenta que, durante tempestades, as bússolas do navio de um certo capitão Waddel tiveram suas polaridades invertidas” (ROCHA, 2002, p. 246).*

A imantação de uma agulha causada pela ação de uma descarga elétrica, também foi observada, todavia, era um conceito de difícil compreensão para a época, o que levou Franklin a escrever uma carta em 1773, que diz:

*“Em relação ao magnetismo que parece ser produzido pela eletricidade, minha opinião real é que esses dois poderes da natureza não possuem afinidade mútua e que a aparente produção do magnetismo (pelas descargas elétricas) é puramente acidental” (ROCHA, 2002, p. 247).*

Apesar dessa observação feita por Franklin, por volta de 1800 muitos cientistas acreditavam que existia uma relação entre eletricidade e magnetismo. Entretanto, não tinham conseguido demonstrar esse fenômeno experimentalmente. Uma das falhas cometidas na época em relação aos procedimentos experimentais foi a investigação do assunto por meio da ação eletrostática.

Oersted desenvolveu suas atividades científicas apoiando-se na ideia de que a natureza era dotada de uma alma ativa. Ele defendia existir uma relação entre eletricidade e magnetismo e, assim, passou a investigar o assunto por meio da corrente elétrica. “Então, em 1820 verificou que ao aproximar uma bússola de um fio onde passava corrente elétrica fazia com que a agulha sofresse uma deflexão” (BELÉNDEZ, 2008, p. 10).

Naquele período o trabalho de Oersted estimulou várias pesquisas, e finalmente em outubro de 1820, utilizando a balança de torção de Coulomb, os cientistas franceses Jean Baptiste Biot e Felix Savart puderam medir a força magnética e a expressaram de forma matemática.

Um outro cientista que foi influenciado pelo trabalho de Oersted foi o físico e matemático francês André-Marie Ampère (1775 – 1836), “que realizou experiências em diversas situações, a fim de determinar as características do campo magnético ao redor de condutores retilíneos percorridos por uma corrente elétrica” (FUZARI, 2017, p. 33).

Os resultados obtidos por Ampère “mostravam que duas correntes se atraem, quando se movem paralelamente e na mesma direção, e se repelem, quando a corrente elétrica percorre direções opostas” (ROONEY, 2013, p.111). Ampère também contribuiu com a ideia de montar um ímã, enrolando um fio em espiral.

Um outro cientista que foi influenciado pelo trabalho de Oersted foi Humphry Davy, na Inglaterra, que começou a estudar o assunto. Ele realizou vários experimentos tendo Faraday como seu assistente. Esse foi o primeiro contato de Faraday com o eletromagnetismo.

Os estudos realizados por Faraday sobre o magnetismo fizeram com que em 1831, ele desse o conceito para a indução de corrente elétrica, “devido a uma fonte de campo magnético se aproxima de um circuito, ou vice-versa, é com base na existência real de linhas de campo, que cortam o circuito elétrico” (SILVA; CARVALHO, 2012, p.1). Para Faraday, tais linhas de campo acompanham qualquer movimento translacional do ímã; ou seja, se o ímã translado em relação ao laboratório com uma velocidade constante de 10 m/s, as linhas do campo magnético vão se mover em relação ao laboratório com 10 m/s.

A concepção que Faraday tinha sobre a continuidade das linhas de força exclui a possibilidade de começarem a existir repentinamente num lugar onde não havia nenhuma antes. Se, portanto, o número de linhas que atravessam um condutor é alterado, “só pode ser devido ao movimento do circuito através das linhas de força, ou, senão, de outro modo pelas linhas de força movendo-se através do circuito” (SILVA; CARVALHO, 2012, p.2). Em qualquer caso uma corrente é gerada no circuito.

James Clerk Maxwell também se interessou pelo eletromagnetismo. “Ele tinha o mesmo ponto de vista de Faraday em relação as linhas de indução eletromagnética, que atravessavam um circuito secundário” (DIAS; MORAIS, 2014). No seu livro “Um Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo”, resumiu as experiências de Faraday na seguinte forma:

*“...quando o número das linhas de indução magnética que atravessam um circuito secundário na direção positiva é alterado, uma força eletromotriz age ao redor do circuito, a qual é medida pela razão de diminuição da indução magnética através do circuito” (MAXWELL, 1892. apud. SILVA; CARVALHO, 2012)*

Maxwell usou a matemática para dar sustentação à relação entre eletricidade e magnetismo. “Maxwell também relacionou a indução eletromagnética com o movimento dos vórtices de éter através de pequenas esferas que formam a matéria da eletricidade” (DIAS; MORAIS, 2014). Faraday propõe a teoria dos estados eletrônicos da matéria e foi utilizado por Maxwell que defini:

*“Quando um condutor se move na vizinhança de uma corrente de eletricidade ou de um ímã ou quando uma corrente ou ímã próximo ao condutor se movem próximos ao condutor, ou alteram a intensidade, então uma força atua no condutor tensão elétrica” (apud DIAS; MORAIS, 2014).*

A primeira equação é a forma diferencial da lei de Gauss para a eletricidade. Ela implica que o campo elétrico devido a uma carga pontual varia inversamente com o quadrado da distância à carga (TIPLER, 2006, p. 342), além de mostrar que o fluxo magnético não é conservativo, ou seja, a variação do fluxo que entra e que sai são gerados por uma fonte de carga elétrica, no caso  $\rho$ . A segunda equação descreve a lei de Gauss para o magnetismo. Esta equação demonstra que os polos magnéticos não podem ser encontrados isolados na natureza. Um outro fator importante nesta equação é que ela relaciona a conservação do fluxo magnético, ou seja, o fluxo que entra em uma superfície é o mesmo que sai, ao contrário do fluxo elétrico que se origina na carga positiva e termina nas cargas negativas. Nessas duas equações os divergentes demonstram a existência de cargas elétricas pontuais, porém, os monopolos não são observados.

“Já a terceira equação descreve que a variação da corrente elétrica cria o campo magnético” (ROONEY, 2013, p.116). Esta equação descreve as características do campo elétrico induzido por um fluxo magnético variável, em outras palavras, o campo elétrico se encontra em torno do campo magnético, que varia com o tempo. A última equação é a equação de Ampère generalizada. Ela relaciona o campo elétrico e a corrente elétrica que a originou. Nessas duas últimas equações os rotacionais demonstram a existência de corrente elétrica que geram os campos magnéticos, mas não correntes magnéticas gerando campos elétricos.

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu \left( j + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \quad (4)$$

As grandezas descritas nas equações acima são: campo elétrico ( $\vec{E}$ ), campo magnético ( $\vec{B}$ ), densidade de corrente ( $j$ ), indução elétrica ( $D$ ), densidade de carga ( $\rho$ ), permissividade elétrica ( $\mathcal{E}$ ), permeabilidade magnética ( $\mu$ ).

A partir da comparação feita com as ondas mecânicas transversais em meios elásticos, Maxwell determinou a velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo, obtendo um valor igual da velocidade da luz nesse meio. “Esse resultado foi para ele a indicação de que a luz era uma onda eletromagnética transversal, que se propaga no meio hipotético (o éter)” (GASPAR, 2013, p. 143). Alguns anos depois essa descoberta de Maxwell foi demonstrada experimentalmente pelo físico alemão Heinrich Hertz.

### 3.3 PRIMEIRA FASE DE PESQUISA DE FARADAY

Como vimos anteriormente o grande marco para o desenvolvimento do eletromagnetismo foi a descoberta de Oersted, que influenciou muitos cientistas e inclusive Faraday que inicialmente se dedicava aos experimentos de química.

Em 11 de agosto de 1821, Faraday recebeu uma carta de Richard Phillips, onde indagava Faraday sobre suas pesquisas a respeito do eletromagnetismo e um artigo que teria sido encomendado por ele. “Numa outra carta, datada de 4 de setembro, Richard Phillips acusa Faraday do recebimento do artigo citado anteriormente, na qual ele afirma que sua publicação seria feita anonimamente, de acordo com o pedido de Faraday” (DIAS; MARTINS, 2014, p. 520).

A busca pelo conhecimento fez com que Faraday começasse a ler muitos trabalhos que tinham sido publicados até então. “O que resultou na publicação de um artigo, que foi dividido em três partes, sob título de Historical sketch of electro-magnetism” (DIAS; MARTINS, 2014, p. 521).

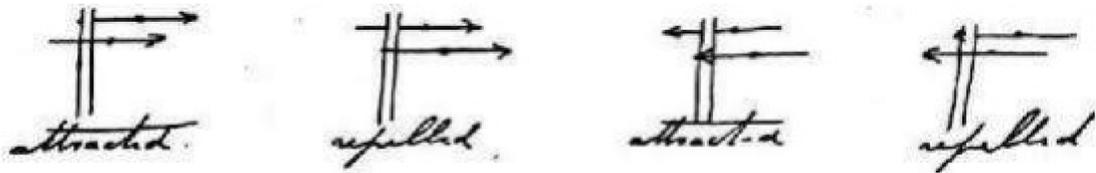
Na primeira parte do artigo, Faraday faz um resumo das considerações e hipóteses dos trabalhos de Oersted, que o levaram a descoberta do eletromagnetismo. Na segunda parte foi feito um relato sobre as contribuições dos cientistas (principalmente os franceses) posteriores a Oersted. “O que influenciou Ampère, que logo se tornou um dos pesquisadores mais ativos da área” (LIMA, 2020, p.2). No seu trabalho Ampère propôs a redução dos fenômenos magnéticos a efeitos puramente elétricos e analisou a interação de duas correntes elétricas. Faraday

comentou os resultados obtidos por Ampère, pois, para Faraday duas correntes elétricas se atraem quando se movem paralelas entre si na mesma direção, e se repelem quando elas se movem paralelas e com direções contrárias (FARADAY, 1821, p. 276).

Nos dois primeiros artigos não houve nenhuma contribuição original, mas, Faraday continuou repetindo os experimentos e fazendo novas investigações na Royal Institution que conduziram a novas descobertas.

### 3.4 AS CONTRIBUIÇÕES DE FARADAY PARA O ELETROMAGNETISMO

Em 1821, Michael Faraday fez uma experiência usando um fio condutor na vertical e uma agulha, pois, “segundo ele, ao aproximar uma agulha imantada de um fio que conduz corrente elétrica, deveria ocorrer atração ou repulsão nos polos magnéticos da agulha” (DIAS; MARTINS, 2014 apud LIMA, 2020, p. 23). Hoje sabe-se que essa ideia estava equivocada, pois, ele verificou que para cada polo havia duas posições de atração e repulsão (Figura 3), o que permitia que a agulha voltasse a sua posição inicial em relação ao fio.



**Figura 3:** Polo da agulha magnetizada. Fonte: Dias e Martins, 2004

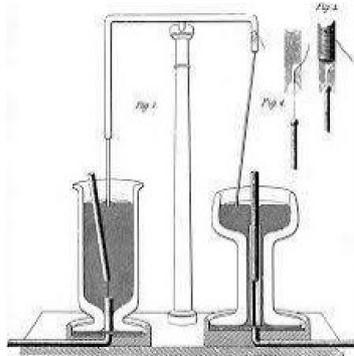
Este resultado não foi o mesmo obtido por Oersted, para quem não havia atração nem repulsão nos polos.

*“Aproximando o fio, perpendicularmente, na direção de um polo de uma agulha, este se desviará para um lado, segundo a atração ou repulsão dada na extremidade do polo, mas, se o fio é continuamente aproximado do centro do movimento (o meio da agulha, a tendência da agulha de mover-se na direção anterior diminui até anular-se, de forma que a agulha se torna indiferente ao fio. Finalmente forçada a passar pelo caminho oposto” (FARADAY, 1821, p. 74).*

Repetindo esse experimento exaustivamente e anotando os resultados, “Faraday se convenceu de que a agulha não sofria atração e repulsão, mas, tendia a girar em torno do fio condutor” (DIAS; MARTINS, 2014, p. 522). Esse resultado era parecido com o resultado de Oersted. Prosseguindo com seus experimentos,

Faraday conseguiu produzir a rotação de um fio condutor em torno de um ímã e, posteriormente fez o polo girar ao redor do fio (Figura 4). Nesses dois experimentos foi observado que ao inverter o sentido da corrente elétrica a rotação mudava de sentido.

Os resultados obtidos por Faraday contribuíram para o desenvolvimento do eletromagnetismo e seu artigo foi divulgado e traduzidos rapidamente entre os franceses e o físico José Marie Ampère fez um comentário sobre o trabalho de Faraday de forma que ambos se tomaram grandes amigos.



**Figura 4:** Rotação dos polos ao redor de um fio.

Fonte: Dias e Martins, 2004

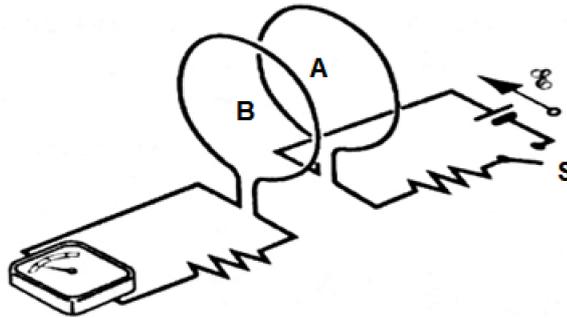
Em 23 de janeiro de 1822, Ampère escreveu uma carta para Faraday, na qual descrevia a análise do experimento da rotação magnética e destacava que o experimento era prova da existência de corrente elétrica no interior dos ímãs.

Em seguida, Faraday explicou a Ampère que o motivo básico da rotação do ímã em torno do seu eixo, não era a corrente elétrica que passava por ele, mas uma interação entre a corrente elétrica e os polos magnéticos do ímã.

## **CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DA LEI DE FARADAY**

### **4.1 A DESCOBERTA DA INDUÇÃO MAGNÉTICA**

No dia 29 de agosto de 1831, Faraday começou a descrever um experimento com anéis de ferro (Figura 5), pois ele acreditava que a passagem de corrente elétrica por um dos enrolamentos podia induzir corrente elétrica em outro enrolamento (BELÉNDEZ, 2008, p. 33). Para comprovar a existência da possível corrente elétrica, Faraday conectou do lado B um galvanômetro para detectar a possível corrente elétrica. O lado A foi conectada uma bateria para que houvesse passagem de corrente elétrica. Desta forma, Faraday verificou que uma corrente elétrica foi detectada do lado B do anel (DIAS; MARTINS, 2004). Isso não foi fácil entender uma vez que não há movimento relativo entre as bobinas, nem há variação em sua área.



**Figura 5:** Anel utilizado na experiência de Faraday.  
**Fonte:** Halliday; Resnick; Krame, 2004

Várias espiras de fio de cobre foram enroladas ao redor de uma metade do anel, as espiras sendo separadas por barbante e algodão – existiam três extensões de fio, cada um com aproximadamente 24 pés de comprimento e eles poderiam ser ligados como uma só extensão ou usados como pedaços separados, cada um isolado do outro.

*“Chamei este lado do anel de A. No outro lado, mas separados por um intervalo, foram enrolados fios em dois pedaços em dois pedaços juntos, contabilizando aproximadamente 60 pés em comprimento, a direção sendo como das primeiras esperas; este lado chamarei B” (MARTIN, 1936, p. 367).*

Depois de anos de tentativas Faraday acabou descobrindo o efeito da indução eletromagnética usando espiras metálicas e não ímãs gerando corrente elétrica, como geralmente é encontrado nos livros didáticos.

A explicação feita por Faraday para a indução foi feita usando o conceito de linhas de campo magnético. Grande parte dos cientistas da época rejeitaram os resultados teóricos obtidos, principalmente porque não tinha uma formulação matemática para comprovar. Hoje sabemos que a formulação matemática depende do conceito de força eletromotriz e fluxo magnético.

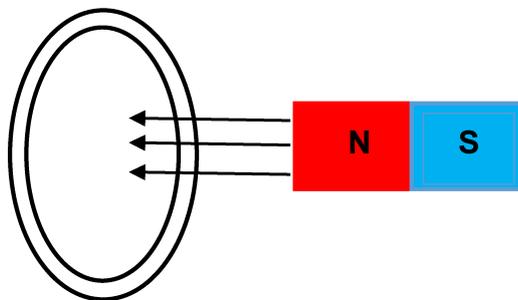
## 4.2 FORÇA ELETROMOTRIZ (fem)

Os resultados experimentais de Michael Faraday e Joseph Henry, de forma independente, comprovaram que à produção de fem e corrente induzida ocorre devido a existência do fluxo magnético que varia com o tempo. Isso ocorre porque ao aproximar ímã ou um circuito elétrico de uma espira, as linhas de campo magnéticos produzidas por estes passam através da espira originando um campo

elétrico. “À medida que o imã é movido na direção da espira ou a chave do circuito é aberta ou fechada, o número de linhas de campo magnético que passam através da espira aumenta ou diminui” (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2004, p. 229).

Como já sabemos, que para produzir corrente elétrica é preciso pôr as cargas em movimento o que pode ser feito por meio de uma fonte de fem. As fontes de fem produzem diferença de potencial elétrica nos seus terminais mediante a processos internos. “Associada à diferença de potencial temos um campo elétrico que produz força elétrica sobre as cargas, fazendo com que ela se movimente. Desta forma, para se ter corrente elétrica é preciso do campo elétrico” (GREF, 2017, p.168).

“Quanto maior for o número de espiras de fio que se movem no campo, maior a voltagem induzida, porém mais difícil fica executar esse movimento” (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2004, p. 230). A razão para isso é que a voltagem induzida faz circular uma corrente que gera um campo magnético contrário ao que lhe deu origem e quanto maior o número de espiras, maior a corrente induzida e maior será o campo magnético criado. Isso é importante para manter a conservação da energia. Quanto mais espiras mais voltagem e, também, mais trabalho precisa ser realizado para movimentá-la.



**Figura 6:** Indução magnética. Fonte: Autor, 2021

Segundo Kleber Machado (2002, p. 31) a força eletromotriz pode ser definida por meio da integral

$$\varepsilon = \oint_C \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (5)$$

Como essa força tem origem não-eletrostática, desta forma, ela pode ser associada à força de Lorentz e relacionada com o campo elétrico equivalente  $\vec{E}$  (NUSSENZVEIG, 1998, p. 163). Assim temos:

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

Sendo:

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

$$q\vec{E} = -q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B}$$

Logo:

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\oint_C (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \quad (6)$$

Pela propriedade dos produtos vetoriais misto, temos:

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b} \cdot (\vec{c} \times \vec{a}) = \vec{c} \cdot (\vec{a} \times \vec{b})$$

Fazendo:

$$\vec{a} = d\vec{l}, \quad \vec{b} = \vec{B}, \quad \vec{c} = \vec{v}$$

Assim, temos:

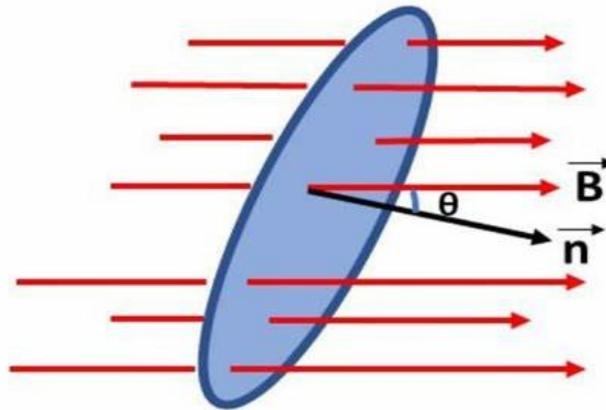
$$d\vec{l} \cdot (\vec{B} \times \vec{v}) = \vec{B} \cdot (\vec{v} \times d\vec{l}) = \vec{v} \cdot (d\vec{l} \times \vec{B})$$

Logo:

$$\varepsilon = -\oint_C (\vec{B} \times \vec{v}) \cdot d\vec{l} \quad (7)$$

### 4.3 FLUXO MAGNÉTICO

O número de linhas de campo magnético (Figura 7) que atravessam uma determinada superfície de área  $S$  é chamado de fluxo magnético. “Quanto maior o número de linhas de campo que passam através da superfície, maior o valor do fluxo magnético” (GASPAR, 2013, p. 182).



**Figura 7:** Fluxo magnético. Fonte: [www.todamateria.com.br](http://www.todamateria.com.br)

Considerando uma superfície plana, de área  $A$ , posta dentro de um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ . Perpendicular a essa superfície encontramos o vetor  $\hat{n}$  de módulo unitário. Este vetor forma um ângulo ( $\theta$ ) com o vetor campo magnético  $\vec{B}$ .

. Pela teoria do cálculo, “o ângulo diretor de um vetor  $\vec{v}$  são ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  que  $\vec{v}$  forma com os vetores unitários  $\hat{i}$ ,  $\hat{j}$  e  $\hat{k}$ , respectivamente” (STEINBRUCH, 1987). O cálculo do cosseno diretor é determinado usando:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{v} \cdot \hat{i}}{|\vec{v}| |\hat{i}|}$$

$$|\vec{v}| |\hat{i}| \cos \alpha = \vec{v} \cdot \hat{i}$$

$$v \cos \alpha = v$$

A componente do vetor campo magnético “ $\vec{B}$  perpendicular a superfície neste ponto é simplesmente a componente de  $\vec{B}$  ao longo da direção do vetor normal  $\hat{n}$ ” (Mckelvey; Gratch, 1978, p. 1032). Desta forma, segundo o cálculo acima, temos:

$$Bn = B\cos\theta = \vec{B} \cdot \hat{n} \quad (8)$$

Os elementos do fluxo magnético através da área  $dA$  é definida como a componente da indução magnética normal à superfície vezes a área  $dA$  (Mckelvey; Gratch, 1978, p. 1032), desta forma, temos:

$$\Phi = Bn dA = \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (9)$$

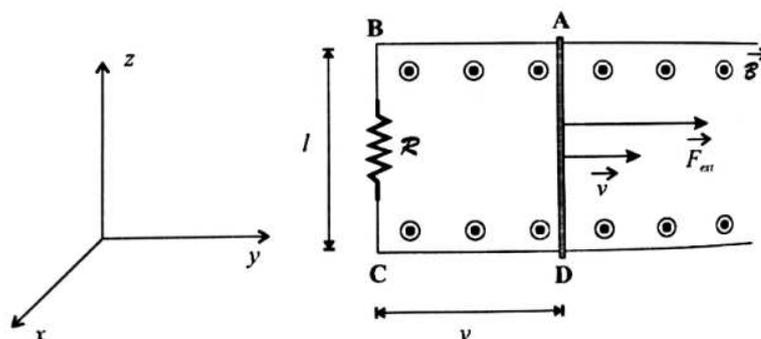
Para achar o fluxo magnético total através da superfície  $S$  precisamos apenas integrar todos os elementos da área que constitui a superfície.

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (10)$$

:

#### 4.4 LEI DE FARADAY

Como se viu anteriormente, a lei de Faraday depende do fluxo magnético que passa através de uma área, produzindo uma força eletromotriz ( $\mathcal{E}$ ). Para demonstrar esse fenômeno será utilizada uma experiência com um circuito elétrico em forma de U, constituída por dois trilhos retos e paralelos. No trilho encontra-se uma barra metálica condutora, que se movimenta para à direita, com velocidade  $\vec{v}$  constante, sob ação de uma força externa  $\vec{F}_{ex}$  (MACHADO, 2002, p. 548). Existe também um campo magnético  $\vec{B}$  constante, homogêneo e perpendicular ao plano da página saindo dela, conforme a Figura (8).



Utilizando a regra da mão direita espalmada podemos observar na figura que o campo magnético  $\vec{B}$  e o campo induzido possuem a mesma direção. Logo, temos:

$$\Phi = \int_S B \hat{i} \cdot \hat{i} dA$$

$$\Phi = B \int_S dA$$

Sendo:  $A = ly$

$$\Phi = Bly \quad (11)$$

É evidente que o fluxo de B através do circuito passa a variar no decorrer do tempo. Logo:

$$\frac{d\Phi}{dt} = Bl \frac{dy}{dt}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = Blv \quad (12)$$

Segundo Martins (1930), “a existência de um campo magnético no interior da barra faz com que as cargas elétricas se movimentem com velocidade  $\vec{v}$ ”. Deste modo, a fem que movimenta as cargas é dada por:

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \oint_C (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

“Uma vez que  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$  são perpendiculares entre si, não se alterando q,  $\vec{F}$  será constante ao longo de toda a barra e nula ao longo do circuito” (Martins, 1930, p.292). Assim, temos:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= - \oint_C v B dl \\ \varepsilon &= - B v \int_0^y dl \quad (\text{ao longo da barra}) \\ \varepsilon &= B l v \end{aligned} \quad (13)$$

Comparando as equações (12) e (13), resulta:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (14)$$

Que pode ser expressa, como:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (15)$$

Essa é a Lei de Faraday na forma integral.

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dA$$

Utilizando o teorema de Stokes, temos:

$$\int_S (\nabla \times \vec{B}) \cdot \hat{n} dA = \oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot \hat{n} \, dA = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

De modo que:

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot \hat{n} \, dA = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} \, dA \quad (16)$$

Assim, temos:

$$\int_S \left( \nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \cdot \hat{n} \, dA = 0 \quad (17)$$

Considerando que a integral é sempre nula, o integrando deve ser também nulo, de modo que:

$$\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0 \quad (18)$$

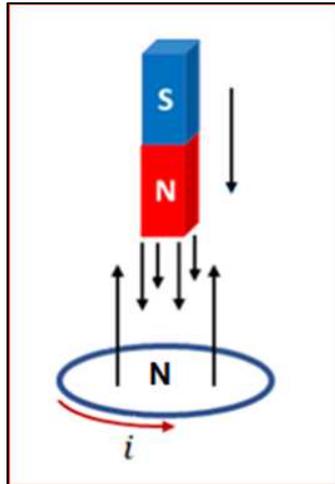
Que é a equação de Maxwell do eletromagnetismo para Lei de Faraday

#### 4.5 LEI DE LENZ (SENTIDO DA CORRENTE INDUZIDA)

A lei de Faraday permite determinar a intensidade da força-eletromotriz induzida, mas, não determina o sentido da corrente induzida que surge na espira. “Então, em 1834, o físico russo Heinrich Lenz propôs uma regra conhecida por lei de Lenz” (RESNICK; HALLIDAY; KRANE, 2004, p. 230).

O fluxo do campo magnético devido à corrente induzida opõe-se à variação do fluxo que causa a corrente induzida. Quando a variação do fluxo se aproxima da espira, ocorre um crescimento do fluxo, então a lei de Lenz propõe que o sentido da corrente induzida se oponha ao crescimento, ou seja, “o fluxo do campo magnético da corrente induzida passa através da espira, no sentido contrário do fluxo que está crescendo” (RESNICK; HALLIDAY; KRANE, 2004, p. 230). Quando é um decréscimo, o fluxo da corrente também se opõe ao decréscimo.

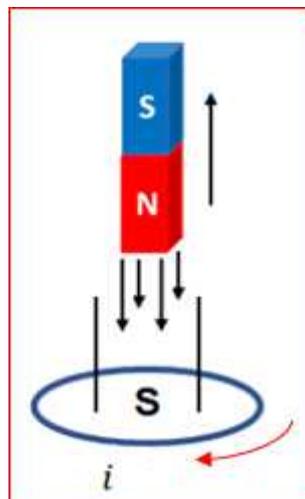
**Caso 1:** polo norte do ímã aproximando da espira



**Figura 9:** Polo Norte aproximando da espira. **Fonte:** Autor, 2021

Quando o polo norte do ímã se aproxima da espira a corrente elétrica induzida é gerada. Esta corrente faz surgir o campo magnético ao redor da espira, que segundo a lei de Lenz deve se opor ao campo magnético externo. Sendo assim, usando a regra da mão direita, o campo magnético que surge na espira é o polo norte e o sentido da corrente é anti-horário.

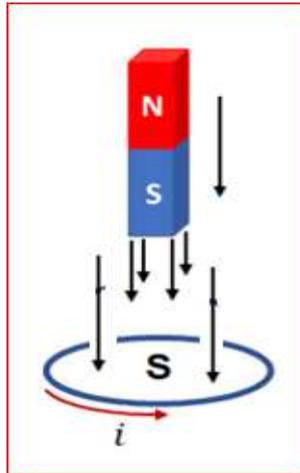
**Caso 2:** polo norte do ímã afastando da espira.



**Figura 10:** Polo Norte Afastando da Espira. **Fonte:** Autor, 2021

Quando o polo norte do ímã se afasta da espira a corrente elétrica induzida muda o sentido, passando a ser horário. Desta forma, o campo magnético da espira passa a ser o polo sul que irá atrair o polo norte do ímã.

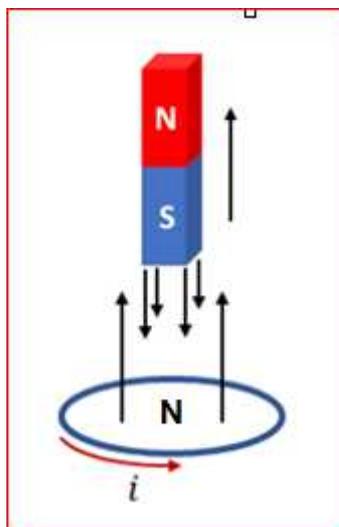
**Caso 3:** polo sul do ímã se aproximando da espira



**Figura 11:** Polo Sul aproximando da espira. **Fonte:** Autor, 2021

Quando o polo sul do ímã se aproxima da espira. A corrente induzida na espira também gera um campo magnético, que se opõe à variação do campo magnético e a corrente induzida está no sentido horário.

**Caso 4:** polo sul do ímã se afastando da espira



**Figura 12:** Polo Sul afastando da espira. **Fonte:** Autor, 2021

Neste caso, quando o polo sul do ímã se afasta da espira a corrente elétrica induzida muda o sentido, passando a ser anti-horário. Sendo assim, o campo magnético da espira passa a ser o polo norte que irá atrair o polo sul do ímã.

## **CAPÍTULO 5: APLICAÇÃO DE LEI DE FARADAY**

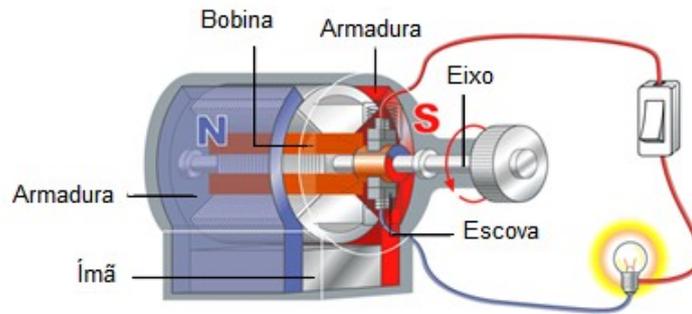
As muitas aplicações da indução eletromagnética fazem dela uma importante área de conhecimento da Física, pois, muitos equipamentos como detectores de metal, os gravadores de vídeo, os discos rígidos de computadores, telefones e outros que são utilizados no cotidiano, têm sua constituição no processo de indução magnética.

Os motores elétricos fazem parte da vida na sociedade contemporânea. Boa parte do trabalho no mundo é realizado por eles. As máquinas geralmente transformam energia elétrica em energia mecânica. Desta forma, abordaremos o funcionamento de alguns desses equipamentos.

### **5.1 DÍNAMOS E GERADORES**

O dínamo é um equipamento que tem a função de transformar energia cinética em energia elétrica, assim como as hidrelétricas. Geralmente os dínamos são

acoplados à roda de uma bicicleta. O funcionamento do dínamo ocorre quando a rotação da roda é transferida para o eixo através do contato de uma das extremidades do dínamo com o pneu.



**Figura 13:** Dínamo.

Fonte: Blog perautomacao.com.br/dinamo-inteligencia-energia, 2021.

O dínamo é constituído por duas partes: uma fixa (estator) e outra parte móvel (rotor). A parte fixa pode ser constituída por um enrolamento de fios ou ímãs fixos, e, possui a função de produzir um campo magnético que pode ser conseguido por meio de eletroímãs, como o alternador de automóvel ou pelos ímãs permanentes, utilizados em alguns motorzinhos de carrinhos de brinquedo. A parte móvel, por sua vez, é uma espira que gira em torno de um eixo. Quando o rotor gira na presença do campo magnético, produzido pelo estator, surge uma força magnética que causa giro de  $90^\circ$  (GREF, 2017, p. 164), isto faz com que a corrente elétrica seja interrompida. Nesse caso, a força magnética é zero, mas, devido a inércia, o rotor completa um giro de  $180^\circ$ .

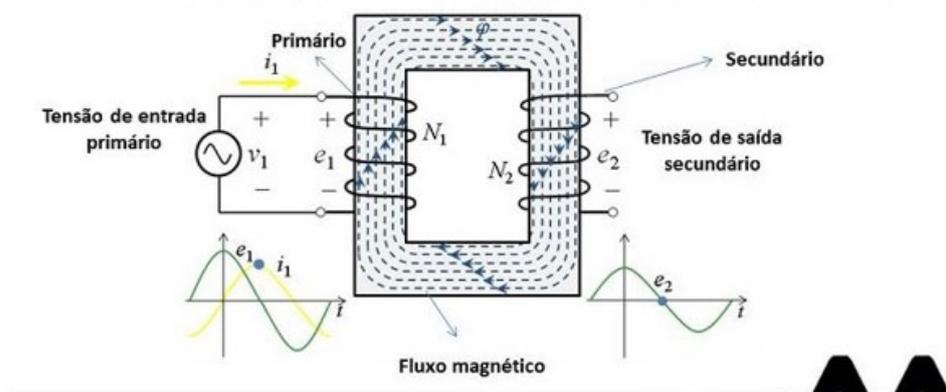
Existe uma diferença entre o dínamo e as usinas hidrelétricas. Nos dínamos o campo magnético que gira, é produzido por ímãs permanentes, enquanto no gerador o campo magnético que gira é produzido por eletroímãs. Esses dois tipos de processos são semelhantes, pois, ambos precisam de campo magnéticos e movimento para o surgimento da corrente elétrica, mas, são diferentes devido o campo magnético de um ser fixo e no outro ser variável.

## 5.2 TRANSFORMADORES DE VOLTAGEM

A fonte de energia mais evidente no Brasil é a elétrica, que é gerada pelas hidrelétricas, “onde ocorre a transformação da energia potencial, energia acumulada da queda d’água, em energia cinética, energia de movimento, fazendo com que as hélices do dínamo girem dando origem ao campo magnético nas espiras” (BARROS; BARRETO, 2017, p.44).

*“No Brasil, as fontes de energia não renováveis (petróleo e seus derivados, gás natural, carvão mineral e minérios radioativos) totalizam cerca de 54% da matriz energética nacional. Por outro lado, as energias renováveis (hidrelétricas, produtos de cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal) correspondem a cerca de 43% e apenas 3% destas correspondem a outras fontes de energia renovável como energia eólica e energia solar” (Máximo; Álvares; Guimarães. 2.ed. – São Paulo: Scipione, 2016).*

A distribuição da energia elétrica a partir das “Usinas Elétricas possui um valor de tensão de até 750 mil volts (750 Kv) e chega à rede de distribuição onde são baixadas para 13,8 Kv até chegar nas residências a energia elétrica é novamente baixada para 110 ou 220 volts” (BARROS; BARRETO, 2017, p. 44). Quando se liga um aparelho eletrônico o valor da eletricidade novamente muda, pois, os sistemas de áudio e vídeo funcionam com valores aproximados de 5 a 3 volts.



**Figura 14:** Transformador. Fonte: [www.mundodaelétrica.com.br/transformador-solador-o-que-e-e-que-servi/](http://www.mundodaelétrica.com.br/transformador-solador-o-que-e-e-que-servi/), 2021

O equipamento responsável pela mudança do valor da energia elétrica chama-se transformadores de voltagem. Ele é capaz de aumentar (transformador aumentador) ou diminuir a voltagem (transformador abaixador). O transformador

funciona utilizando duas bobinas, uma dita primária e outra secundária que estão circundadas em um núcleo ferromagnético. Caso o primário do transformador seja ligado a uma bateria, essa tensão  $V_1$ , fará com que uma corrente contínua comece a circular nas espiras do primário, dando origem ao campo magnético das espiras, fazendo com que o núcleo de ferro seja magnetizado, causando um fluxo magnético no secundário através das linhas de indução. Entretanto, “como a corrente elétrica que passa pelo primário é constante não haverá força eletromotriz (fem) induzida nas espiras do secundário e a tensão nos extremos dessa bobina será nula, isto é,  $V_2 = 0$ ” (MÁXIMO; ALVES; GUIMARÃES, 2016. p. 206).

Quando a tensão  $V_1$  aplicada na bobina do transformado for alternada, a corrente elétrica também será alternada. Isso fará com que ocorra um fluxo magnético também alternado no núcleo o que induz uma força eletromotriz (fem) na bobina secundária também alternada.

A tensão de entrada e saída depende dos valores de tensão e do número de voltas em cada bobina.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$V_p$  = tensão primária;

$V_s$  = tensão secundária;

$N_p$  = número de voltas da bobina primária;

$N_s$  = número de voltas da bobina secundária.

Podemos verificar que o “transformador reduz a tensão se o número de espiras do secundário for menor que o primário e vice-versa” (BARROS; BARRETO, 2017, p.44).

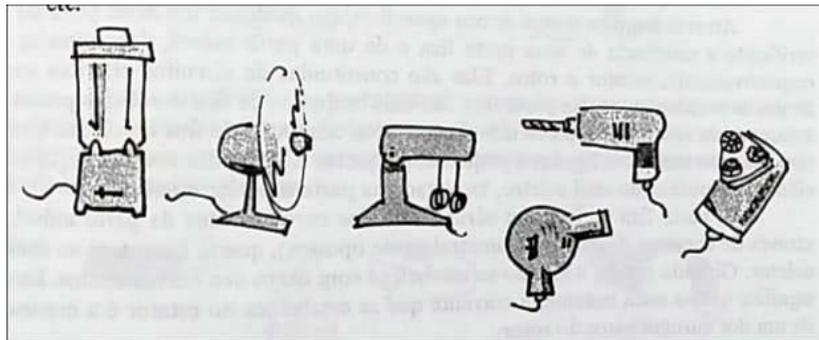
### 5.3 MOTORES DE INDUÇÃO

Os motores de indução assim como os geradores são constituídos de duas partes, uma parte fixa (estator) e a parte móvel (rotor). O indutor tem seus terminais ligados ao plugue, que é ligado à tomada. Isto faz com que a corrente elétrica alternada, proveniente da tomada que passa pelos fios criem um campo magnético variável na região do induzido (parte móvel). O campo magnético alternado dará origem a uma corrente elétrica no induzido (rotor), que também é alternada.

Essa corrente elétrica induzida sofre ação do campo magnético criado no indutor, ocasionando a ação de uma força que produzirá a rotação (torque) no enrolamento do rotor, obtendo-se o giro contínuo.

*“A corrente elétrica alternada induzida no enrolamento do rotor também cria um campo magnético variável e, portanto, induz um campo elétrico no enrolamento do indutor. Esse campo elétrico se opõe às variações da corrente alternada, produzida pela fonte de energia elétrica. Esse efeito é denominado indutância mútua” (GREF, 2017).*

Esse tipo de motor pode ser encontrado em vários equipamentos elétricos que fazem parte da vida cotidiana das pessoas, como: batedeiras, ventiladores, liquidificadores, enceradeiras, furadeiras, secadores de cabelos como mostra na figura (15). Esses equipamentos possuem a finalidade de transformar energia elétrica em movimento.



**Figura 15:** Motores de indução. **Fonte:** Física 3: Eletromagnetismo/ GREF – 5 ed. 6. reimpr. – São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 2017)

#### 5.4 FUNCIONAMENTO DE UM ANEMÔMETRO

Um anemômetro (Fig. 16) é um equipamento utilizado para medir a velocidade do vento. Esse equipamento pode ser usado em aeroportos, estações meteorológicas, aeroclubes e na navegação de pequenas embarcações. Este equipamento é muito simples, sendo constituído de um sistema de hélices acoplado ao eixo de um gerador elétrico e o seu funcionamento baseia-se na Lei de Faraday.

A rotação das hélices devido a velocidade do vento faz o eixo girar produzindo uma variação no fluxo magnético no interior do gerador elétrico. Pela Lei de Faraday, surge uma tensão induzida que é medida no voltímetro.

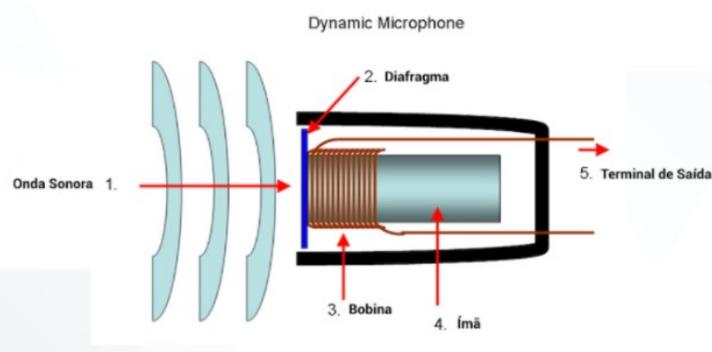


**Figura 16:** Anemômetro. **Fonte:** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.26, n. 4 – 2004

### 5.5 MICROFONE E O ALTO-FALANTE

O microfone é um dispositivo que transforma o som em sinais elétricos. Eles podem ser usados em diversas situações como: telefones, gravadores, aparelhos auditivos e show.

O microfone de indução é constituído de uma bobina que está envolta de um ímã fixo. Quando uma pessoa fala utilizando o microfone, cria-se uma pressão do ar, que faz a bobina movimentar ao redor do ímã criando um campo magnético permanente. “Nesse caso, com o movimento surge na bobina uma corrente elétrica induzida, devido à força de Lorentz que atua sobre os elétrons livres do condutor” (GREF, 2017, p. 232).



**Figura 17:** Microfone. **Fonte:** <https://www.avmakers.com.br/blog/> 2021

Existem muitos tipos de alto-falantes, porém, o mais comum funciona utilizando o deslocamento de uma membrana apoiada numa bobina dentro de um ímã permanente. A bobina ao receber os impulsos elétricos desloca o cone que produz ondas sonoras.

No alto-falante ocorre um processo oposto ao microfone, pois a corrente elétrica é transformada em vibração mecânica, que movimenta a bobina criando a força magnética. A intensidade de tais forças magnéticas depende da intensidade da corrente elétrica que atinge a bobina. “Como a bobina e o cone estão unidos quando ela entra em movimento, as vibrações mecânicas do cone se transferem para o ar, reconstruindo o som que atingiu o microfone “(GREF, 2017, p. 234).

Caso exista nos terminais da bobina um sinal elétrico de 2KHz, o seu cone deverá movimentar-se 2000 vezes por segundo. Este fato influencia a estrutura de um alto-falante, já que fica evidente que um alto-falante de grandes dimensões que possui um elevado peso do conjunto cone-bobina terá dificuldades de efetuar movimentos rápidos, o que fornecerá um som de alta frequência (agudos).



**Figura 18:** Alto falante. Fonte: <https://www.electronica-pt.com, 2021>

## **CAPÍTULO 6: METODOLOGIA DA PESQUISA**

Em meio a pandemia do Covid -19, buscou-se desenvolver um método de ensino-aprendizagem, que contribua de forma significativa com o processo de aprendizagem dos alunos, o que tem sido um desafio para os professores. Na Física, um processo de ensino eficaz e eficiente é almejado a cada ano. Com esse intuito propusemos uma sequência didática, que estimule e envolva o professor-aluno através de práticas didáticas, que utilizem simuladores, vídeo, mesa-redonda e experimentos.

## 6.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma proposta didática que proporcione a reestruturação cognitiva do senso comum ao conhecimento científico através de práticas metodológicas que promova uma aprendizagem significativa.

## 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Organizar sistematicamente o senso comum discente para ressaltar a importância da lei de Faraday no processo de desenvolvimento do conhecimento científico para uma aprendizagem significativa do ensino da física.
- Associar a aplicabilidade da lei de Faraday como fator integrante da aprendizagem significativa dos conceitos e fundamentos da física.

## 6.3 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste momento será abordado o método de ensino que teve sua origem nas inquietações enfrentadas enquanto aluno e como professor, porque em ambas as situações o conteúdo Lei de Faraday não foi contemplado. Alguns fatores devem ter contribuído para que isso acontecesse, como: falta de tempo no ano letivo, muito conteúdo a ser abordado e a complexidade do conteúdo. Desta forma busca-se uma alternativa para auxiliar o professor no trabalho com este conteúdo em sala de aula.

Outro fator importante para a escolha do tema (Lei de Faraday) é a proposta do Novo Ensino Médio, onde a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologia propõe, entre outros, um aprofundamento conceitual nas temáticas Matéria e Energia. Almejando que no Ensino Médio “o jovem consiga desenvolver maior capacidade de abstração e contextualização no processo geração de energia, uma vez que no Ensino Fundamental (EF) o conhecimento será apenas de forma fenomenológica “(BNCC,2002) sem um aprofundamento do processo de geração de energia elétrica que provém da indução eletromagnética da Lei de Faraday.

Na busca de melhor compressão e identificação dos resultados far-se-á uma abordagem quali-quantitativa, uma vez que Flick (2004, p. 20) “salienta que a convergência dos métodos quantitativos e qualitativos proporcionam mais credibilidade e legitimidade aos resultados encontrados”.

A abordagem qualitativa por encontrar nela maior autonomia e flexibilidade, que proporcionam avaliar a situação estudada com maior autonomia, pois segundo Godoy (2005, p. 56), “a pesquisa qualitativa tem como finalidade a compreensão do fenômeno, o qual precisa ser observado cuidadosamente pelo pesquisador”. Trata-se de uma ação importante para levantamento de dados qualitativamente, uma vez que quanto mais o pesquisador se apropriar dos detalhes, melhor será a compreensão da experiência que foi compartilhada pelos sujeitos envolvidos.

O processo para o desenvolvimento da sequência didática ocorreu no segundo semestre de 2021, período em que as aulas voltaram a ser presenciais devido ao período pandêmico do Covid-19. A aplicação da sequência didática ocorreu da seguinte forma: primeiramente foi feito contato com a direção e a equipe pedagógica para explicar a intenção do trabalho. Prontamente concordaram com a proposta e se prontificaram em ajudar no que fosse possível, inclusive com o número de aulas necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Com a aprovação da equipe pedagógica houve uma conversa com o professor para saber a possibilidade de executar o trabalho. Assim, mediante a concordância de todos iniciou-se efetivamente a construção da sequência didática.

A execução da proposta metodológica foi cogitada com o professor das turmas do 3º ano do Ensino Médio do turno matutino da Escola Estadual, Inspetora Dulcinéia Varela Moura, para agendar o início da proposta. Em meio as dificuldades enfrentadas pelo COVID -19, o professor concordou com a aplicação da sequência didática, mas com uma ressalva de participar dos encontros.

Em uma nova conversa com o professor foi planejado o melhor período para o desenvolvimento da sequência didática, mas infelizmente, devido as dificuldades enfrentadas no ano letivo, o professor cedeu apenas uma aula por semana. Mesmo sabendo que tinha pouco tempo para fazer a aplicação, não tive outra escolha, pois, essa é uma realidade das escolas nesse período.

Com a intenção de contribuir com o processo ensino-aprendizagem e auxiliar o professor em sala de aula, o produto de educacional será organizada de forma lógica de modo a levar o discente a relacionar o conhecimento científico com a prática do cotidiano para que a aprendizagem seja significativa como propõe Ausubel:

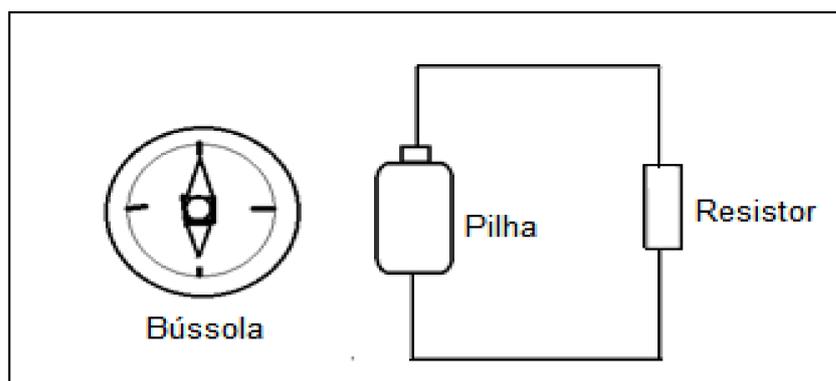
*“Portanto, uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou não*

*incorporável) a estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não-arbitrária e não literal (MOREIRA, 2013, p. 156)”.*

O desenvolvimento dar-se-á em seis encontros. Os cinco primeiros encontros serão divididos em dois momentos de aproximadamente 25 minutos cada. O último encontro será realizado o questionário diagnóstico para saber o nível de aprendizagem dos alunos. Ressalta-se que a quantidade de encontros e momentos podem ser alterados conforme a necessidade e disposição do professor. Em cada momento dar-se-á ênfase as atividades em grupo, com a discussão entre professor e educando. Devido aos efeitos da pandemia do Covid-19 optou-se por levar o material dos experimentos já elaborados para que os alunos apenas montassem. A sequência didática será desenvolvida com quatro turmas do 3º ano do Ensino Médio (EM) da Escola Estadual Inspetora Dulcineia Varela Moura. A escolha das turmas deve-se ao fato da disciplina Lei de Faraday fazer parte da proposta no currículo.

O primeiro encontro dessa sequência didática será realizado em dois momentos com a duração de aproximadamente 25 minutos cada. No primeiro momento haverá a realização de um questionário para conhecer os subsunçores dos discentes, pois, segundo Ausubel, o conhecimento prévio é muito importante para a aprendizagem significativa, porque a partir dos conhecimentos prévios dos alunos que deve ser dado início a tentativa de ancoragem de novas informações nas estruturas cognitivas. O questionário é constituído de 5 questões de múltipla escolha com 4 alternativas. As questões serão relacionadas com o cotidiano dos alunos, pois é extremamente importante para o desenvolvimento dessa sequência, tentar identificar as concepções dos alunos referentes eletricidade e magnetismo.

No segundo momento, os alunos serão divididos em grupos (de 4 ou 5 alunos) e cada grupo tentará desenvolver um experimento similar ao realizado por Oersted (experimento 1, no anexo), para que os discentes possam comprovar a interação da eletricidade e o magnetismo que deu origem ao eletromagnetismo.



**Figura 19:** Primeiro Encontro – Experimento de Oersted.

Fonte: Autor, 2021

Nome	Endereço	Período
Indução Eletromagnética	<a href="https://youtu.be/b-PpUjLZvIY">https://youtu.be/b-PpUjLZvIY</a>	9min37s
Indução Eletromagnética	<a href="https://youtu.be/Rba9EdXO368">https://youtu.be/Rba9EdXO368</a>	3min21s
Motor Elétrico Simples	<a href="https://youtu.be/f_ZsNQ56fkU">https://youtu.be/f_ZsNQ56fkU</a>	4min23s
Motor Elétrico Simples	<a href="https://youtu.be/9NWDmQaYGYA">https://youtu.be/9NWDmQaYGYA</a>	3min47s

No segundo encontro também haverá dois momentos. No primeiro momento buscar-se-á trabalhar com vídeos. Os alunos assistirão 4 vídeos com duração de aproximadamente 9 minutos cada e serão relacionados com o processo de indução eletromagnética (2 vídeos) e motores elétricos (2 vídeos). A intenção desses vídeos é fazer com que os alunos visualizem como ocorre a indução eletromagnética e os motores elétricos, pois isso servirá de ancoradouro para os próximos encontros.

*“O uso de vídeo em sala de aula proporciona a inovação no processo de ensino e aprendizagem, pois o vídeo pode estimular a construção do conhecimento de forma ativa, atrativa, criativa e significativa” (SILVA; SANTOS; TEIXEIRA, 2019).*

**Tabela 1**  
Segundo encontro - Endereço dos vídeos

No segundo momento será proporcionado um debate entre os alunos sobre os vídeos passados, onde o professor assumirá o papel de mediador, visando um debate, em que os alunos terão a oportunidade de expor os seus pensamentos quanto ao conteúdo abordado, e fazer a relação com situações do cotidiano.

**Fonte:** Autor, 2021

O primeiro vídeo refere-se ao conceito de indução eletromagnética constituída de seis (6) partes sobre o eletromagnetismo, mas, o que foi passado foi a quinta (5/6). Esse vídeo é interessante, porque ele faz uma pequena abordagem histórica começando com Oersted, depois Faraday e Lenz. O segundo vídeo é um experimento de indução eletromagnético (pêndulo de indução eletromagnético) feita pelo professor Cláudio Furukawa da Univesp -USP. O penúltimo vídeo aborda o conceito e a construção de um motor elétrico de uma forma simplificada e dá exemplos de aparelhos utilizados no cotidiano. No final desse vídeo é construído um motor elétrico simples. O último vídeo demonstra os passos da construção de um motor elétrico mais aprimorado. Nesse momento buscou-se relacionar a teoria com a prática, de forma a desenvolver ancoradouros para ser utilizados nos próximos encontros.

O terceiro encontro ocorrerá uma prática experimental usando o simulador Phet Física da Lei de Faraday (Indução Eletromagnética), pois o uso simulador é uma ferramenta muito eficiente, que pode facilitar a compreensão dos conteúdos abordados em sala de aulas, além dos fenômenos físicos vivenciados no dia a dia. Coelho apresenta outras vantagens quanto ao uso de simulações virtuais no ensino:

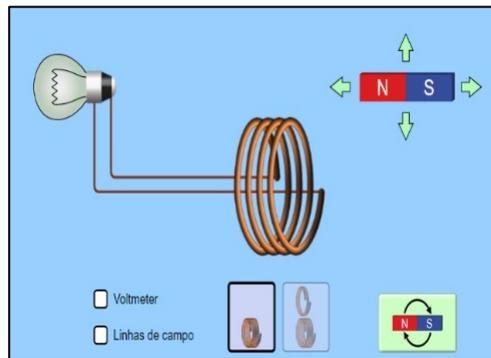
*“[...] os simuladores virtuais são os recursos tecnológicos mais utilizados no Ensino de Física, pela óbvia vantagem que tem como ponte entre o estudo do fenômeno da maneira tradicional (quadro e giz) e os experimentos de laboratório, pois permitem que os resultados sejam vistos com clareza, repetidas vezes, com um grande número de variáveis envolvidas” (Coelho, 2002, p.39).*

O simulador Phet Física (Figura 20) é uma ferramenta eficiente que possibilita a compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula, por isso, o seu uso apresenta muitas vantagens, como interatividade e participação mais efetiva dos alunos, baixo custo, pouco tempo de duração e os alunos podem trabalhar um experimento com muitas variáveis.

O propósito do uso do simulador neste momento é levar os alunos a compreenderem como Faraday realizou o seu trabalho. Além disso, proporcionar aos docentes visualizarem o que ocorre com a lâmpada ao aproximar o ímã da espira, variando a polaridade do ímã, as linhas de campo e o que ocorre quando há variação do número de espiras.

O encontro acontecerá em dois momentos. No primeiro momento os alunos ficarão livres para aprender a manusear o simulador e no segundo momento será entregue aos alunos um questionário com cinco perguntas (ver anexos), em que eles devem responder com base na utilização do simulador.

As perguntas do questionário foram elaboradas com a intenção de que os alunos possam interagir com o programa na busca pela resposta, pois, não basta apenas aprender a lidar o programa, mas, explorá-lo para compreender o fenômeno físico abordado.



**Figura 20:** Terceiro Encontro – Simulador Phet.

Fonte: [Lei de Faraday - Campo Magnético | Ímãs - Simulações PhET Interativas \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu/), 2021

Com base no que já foi visto nos encontros anteriores, no quarto encontro os alunos ficarão livres para montar em equipe (4 ou 5 alunos), com a ajuda do professor um motor elétrico simples e um experimento de indução eletromagnética (ver anexos, experimento 2 e 3). O primeiro experimento a ser construído é o motor elétrico. Para isso, a bobina é a primeira a ser construída. Ela deve conter dez espiras de fio de cobre esmaltado de 10 mm. Logo após, ocorrerá a construção do suporte onde ficará a bobina, que também é constituído de fio de cobre de 15 mm. O suporte ficará fixado na base de isopor e ligado ao conector da pilha para que haja corrente elétrica que criará o campo magnético que vai interagir com o campo magnético do ímã.

A intenção desses experimentos é pôr em prática os ancoradouros desenvolvidos nos encontros anteriores, seguindo o que propõe Ausubel:

*“[...] o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária o material, potencialmente significativo” (MOREIA, 1999, p. 156).*

O material utilizado na construção do produto é de baixo custo ou reutilizado, como: ímã, multímetro, fios e pilhas. O experimento servirá de modelo para comparação com os equipamentos elétricos utilizados no dia a dia como: ventilador, liquidificador e batedeira. Isso fará com que os alunos consigam visualizar a aplicação da lei de Faraday no cotidiano.

No quinto encontro, ocorrerá a abordagem científica, onde o professor demonstrará como se deu desenvolvimento do fenômeno Indução Eletromagnética e sua contribuição para o desenvolvimento tecnológico. O docente deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que no cotidiano, constantemente estamos em contato com aparelhos e utensílios que dependem de energia elétrica para funcionar, como: computadores, motores elétricos, transformadores, celulares, lâmpadas, dentre outros equipamentos. No final da abordagem será apresentado pelo professor a linha de tempo da história do eletromagnetismo.

No último encontro novamente será aplicado um questionário para saber se realmente os subsunçores foram alterados e se houve assimilação do conteúdo proposto, o que servirá de indício que houve ou não uma aprendizagem significativa. O questionário será individual e terá caráter avaliação formativa para verificar se os conceitos expostos foram realmente assimilados.

## **CAPÍTULO 7: ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **7.1 O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZADO DA LEI DE FARADAY NAS ESCOLAS DE MANAUS**

Com o intuito de verificar se o ensino da Lei de Faraday tem sido abordado nas escolas de Manaus, foi realizado um questionário com 8 (oito) questões de múltipla escolha; para isso, utilizou-se o google forms devido ao período pandêmico do COVID-19. O público-alvo são os professores de Física das escolas públicas ou privadas e a intenção era atingir a maior quantidade possível, mas, infelizmente apenas 18 docentes responderam ao questionário no intervalo de duas semanas.

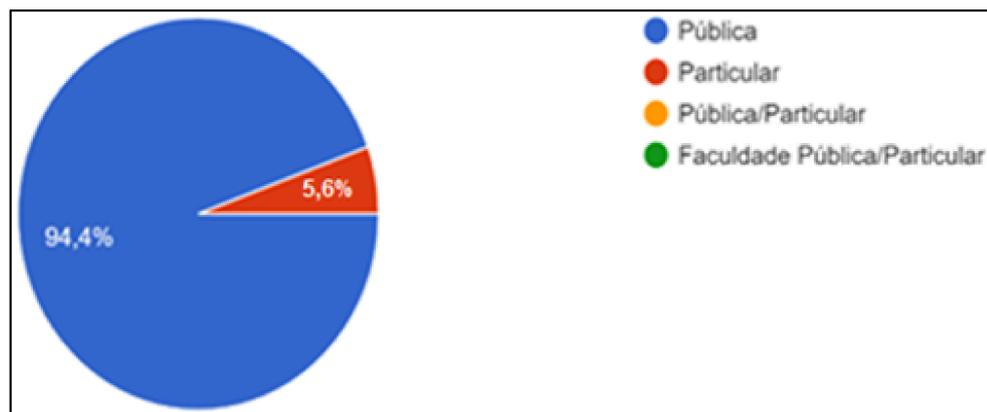
Os resultados demonstrados no gráfico 1 evidenciam que 94,4% dos docentes que participaram da pesquisa, lecionam na escola pública da cidade de Manaus, onde a maioria são profissionais experientes com mais de 10 anos de trabalho (38,9%). Isso facilitará a abordagem do conteúdo pesquisado, porém, as mudanças

ocorridas no Ensino Médio requerem que o professor, também, saiba como ensinar para os alunos através de práticas pedagógicas.

*“Essa mudança implica considerar a necessidade de o professor conhecer não apenas os conteúdos de Física, mas também conhecer conteúdos de Didática e Pedagogia, de modo a poder planejar e implementar propostas para o ensino de conhecimentos científicos (MARIA; SASSERON, 2018, p. 43).*

As evidências demonstram que há diferença entre a qualidade e eficiência no aprendizado nas redes pública e privada. A pretensão desta pergunta era fazer uma comparação entre as instituições para saber quais delas conseguiam ministrar a Lei de Faraday, mas infelizmente apenas 5,6% dos participantes trabalham nas escolas particulares.

**Gráfico 1** – Entidade educacional onde os docentes trabalham

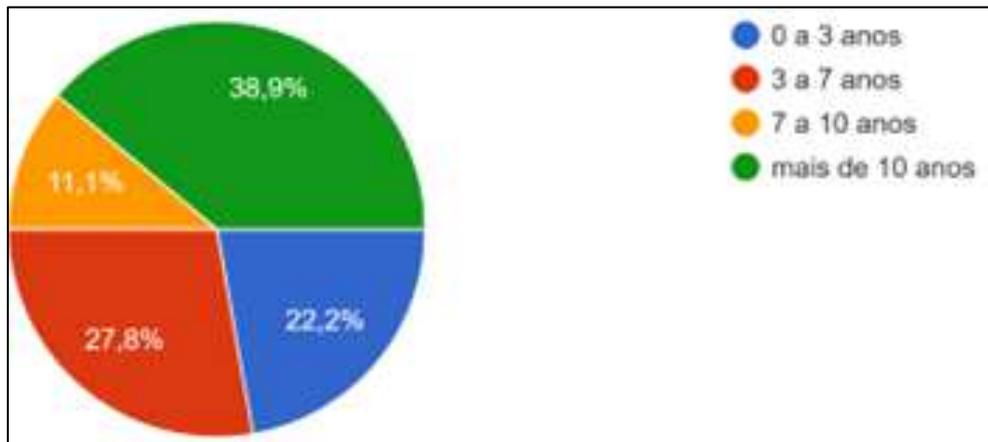


Fonte: Autor, 2021

O tempo de docência é fator importante para o desenvolvimento do processo de ensino, visto que o docente deve possuir habilidade e competência para abordar os conteúdos. “As habilidades docentes referem-se à capacidade de saber fazer, mediante as competências adquiridas, como: o domínio, o planejamento e estratégias da abordagem dos conteúdos” (SFORNI; GALUCH, 2006, p. 20). O

gráfico 2 (dois) evidencia que 38,9% dos docentes possuem mais de 10 (dez) anos de experiência, o que favorece o processo de ensino-aprendizagem da Lei de Faraday.

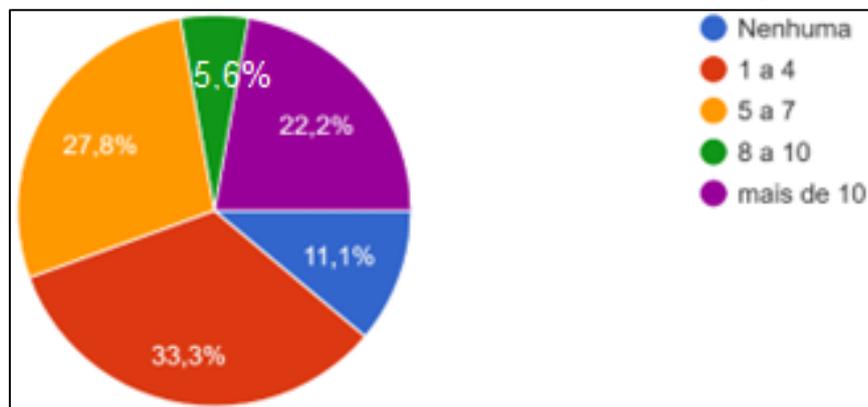
**Gráfico 2:** Tempo de Magistério



Fonte: Autor, 2021

A questão 3 (três) demonstra algo interessante, uma vez que 33,3% dos docentes lecionaram de 1 a 4 vezes eletromagnetismo demonstrando que o professor tem passado muito tempo lecionando em uma mesma série, o que pode acarretar uma acomodação profissional. Por outro lado, o professor pode desenvolver um trabalho mais eficiente através da utilização de práticas pedagógicas. Outros professores (11,1%) admitem que ainda não tiveram a oportunidade de lecionar eletromagnetismo no Ensino Médio (ME), mesmo sendo experientes.

**Gráfico 3 –** Quantidade de vezes que lecionou Magnetismo

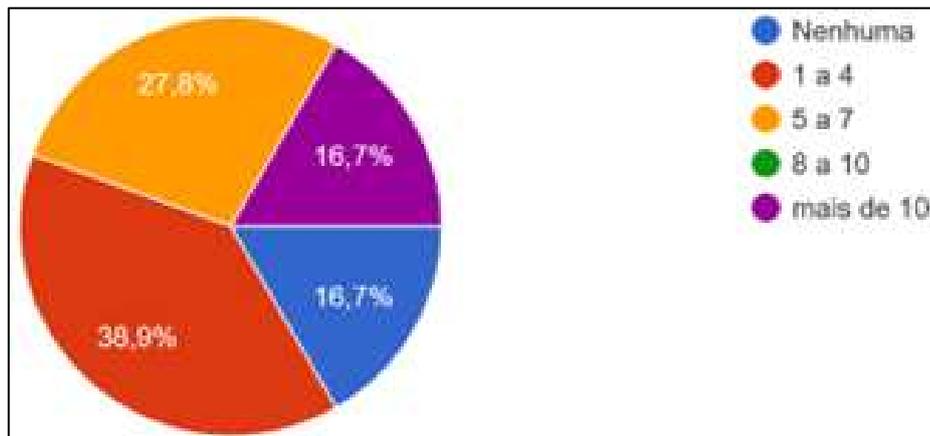


Fonte: Autor, 2021

A Lei de Faraday é abordada nas questões 4 (quatro) e 5 (cinco). A questão 4 (quatro) relacionada a quantidade de vezes que os discentes ministraram a lei de Faraday nas escolas. Pode-se verificar no gráfico 4 (quatro) que 16,7% dos participantes da pesquisa não ministraram o conteúdo, porém, 38,9% admitem ter lecionado de uma a quatro vezes a indução eletromagnética na escola. O que ainda é uma quantidade insignificante se comparada com a quantidade de vezes que o eletromagnetismo foi ministrado e o tempo de labuta discriminado pelos docentes. Embora o conteúdo mencionado seja visto como importante para o conhecimento dos discentes os dados demonstram que geralmente os professores não conseguem abordar a disciplina.

Todos os conteúdos de física são importantes, mas devido o momento tão difícil que a humanidade enfrentou com a pandemia do COVID - 19, onde os alunos e professores tiveram que se adaptar as aulas online. Foi uma situação muito difícil para os professores que não tinham habilidades com a informática. Nesse momento a priorização dos conteúdos mais relevantes seria uma alternativa.

**Gráfico 4** – Quantidade de vezes que foi lecionado a Lei de Faraday

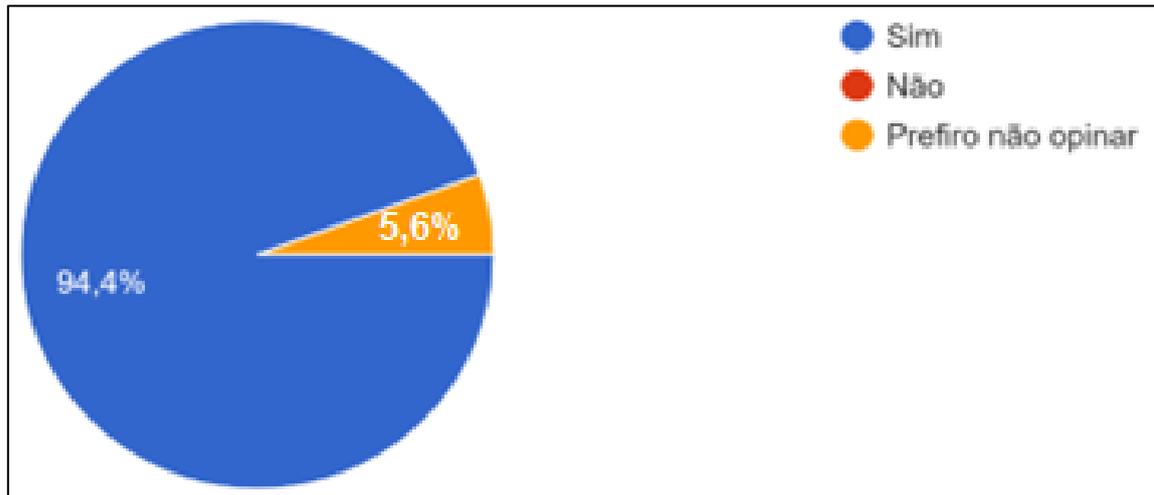


Fonte: Autor, 2021

A relevância da aprendizagem da lei de Faraday no processo de geração e distribuição de energia elétrica é abordada na questão 5 (cinco). Deve-se ressaltar que o advento da energia elétrica foi de suma importância para o desenvolvimento da tecnologia e da humanidade. Essa concepção fez com que 94,4% dos

professores admitissem tal relevância, mas, ainda há alguns (5,6%) que talvez por falta de conhecimento preferem não optar e isto pode dificultar a propagação do conteúdo no Ensino Médio (ME).

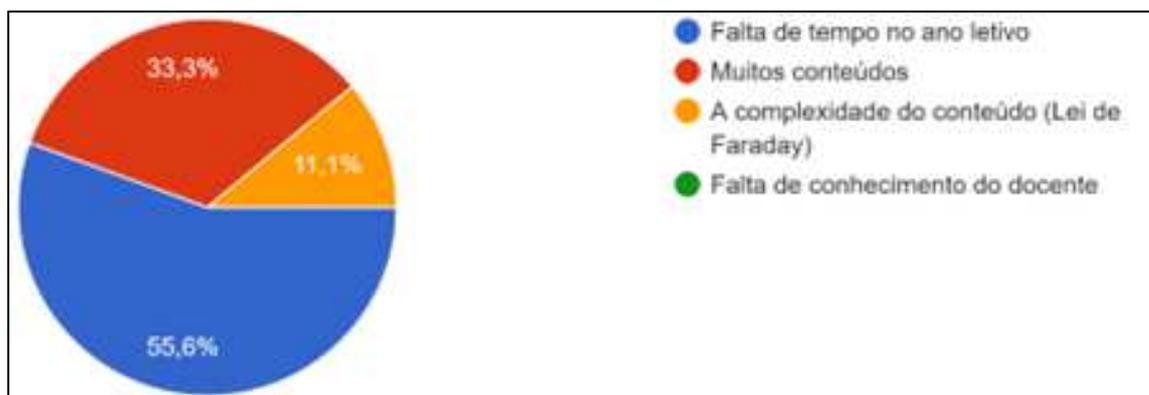
**Gráfico 5** – Concepções da Lei de Faraday



Fonte: Autor, 2021

Um dos fatores que contribuem para que a Lei de Faraday não seja abordada nas escolas de Ensino Médio (ME), é a falta de tempo no ano letivo, uma vez que o assunto geralmente é ministrado no final do ano. Essa situação foi admitida por 55,6% dos que responderam ao questionário. Pode-se verificar também através do gráfico 6 que 33,3%, afirmam que a quantidade de conteúdo também é um empecilho na abordagem e outros 11,1% relacionam que com a complexidade do conteúdo também influencia, pois teríamos a relação da eletricidade com o magnetismo.

**Gráfico 6** – Fatores que contribuem para a Lei de Faraday não ser ministrada



Fonte: Autor, 2021

Podemos verificar através dos resultados obtidos que o ensino da Indução Eletromagnética ainda precisa melhorar nas escolas de Manaus, mas para que isso ocorra é necessário proporcionar meios que auxiliem o professor no desenvolvimento das aulas.

## **7.2 PRIMEIRO ENCONTRO**

O questionário apresenta o objetivo de fazer um levantamento dos subconceitos relacionados a corrente elétrica, campo elétrico e o magnetismo, porque a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, que deve ser dado início a tentativa de ancoragem de novas informações nas estruturas cognitivas. Procura-se relacionar o questionário com o cotidiano dos alunos, para que haja uma maior relação com a realidade.

A primeira questão é relacionada como o processo de geração de energia elétrica uma vez que esse conceito é abordado desde o ensino fundamental (8º ano). A intenção dessa questão é verificar se os alunos reconhecem que a energia não é criada através de processos, mas, transformadas em outros tipos. Na segunda questão são abordadas as características de um ímã, pois, desde criança os alunos já tiveram direta ou indiretamente contato com um ímã. A causa do funcionamento dos equipamentos elétricos quando ele ligado na tomada, ou faz uso de pilhas e bateria foi verificado na terceira questão. A intenção é reconhecer os subconceitos que leva o funcionamento dos equipamentos elétricos. A quarta questão aborda as concepções de campo magnético, pois ele interage com a distância e a última questão diagnóstica refere-se as propriedades da eletricidade e magnetismo, porque interação da eletricidade e o magnetismo é finalidade deste trabalho.

Em relação à confecção do questionário, cada pergunta apresenta um potencial subconceito como alvo de identificação e catalogação dos resultados para a partir daí saber-se-á o conteúdo que deve ser reforçado durante desenvolvimento da sequência didática.

O experimento de Oersted possui a finalidade de comprovar a relação entre eletricidade e o magnetismo. Os alunos ficarão livres para montar os experimentos e buscar solução para a resposta das cinco perguntas propostas. O experimento é similar ao elaborado por Oersted, mas, ao invés de pôr a bússola próxima ao fio será

aproximado o circuito elétrico e um ímã próximo de uma bússola, porque desta forma fica mais evidente visualizar o fenômeno.

Essa atividade experimental busca uma abordagem com alto grau de liberdade intelectual, cabendo ao professor a distribuição do material e intermediar a execução da atividade. Nessa perspectiva, os alunos ficam livres para planejar, propor hipóteses e coletar dados, ou seja, realizar a atividade de maneira autônoma.

### **Tabela 2**

#### **Primeiro Encontro – Questionário Diagnóstico – Respostas dos Alunos**

Fonte: Autor,2021

Como pode-se observar na tabela o resultado da primeira questão foi satisfatório, uma vez que a maioria dos alunos (18) reconhecem que o processo de geração de energia nas termelétricas (Figura 21), deve-se a queima de combustíveis que faz girar as hélices da turbina. A energia obtida nessas usinas é a térmica, obtida pela combustão de madeira, carvão, petróleo ou gás natural, no caso do Brasil.

Questões	a	b	c	d
1° Questão	9	12	18	9
2° Questão	23	3	17	5
3° Questão	8	3	33	4
4° Questão	5	15	6	22
5° Questão	18	8	4	18

**1 - O processo de geração de energia elétrica em grande quantidade foi uma grande descoberta que contribuiu para desenvolvimento da tecnologia. Nas hidrelétricas, por exemplo, a energia é gerada a partir da energia acumulada nas quedas de águas dos rios que, através do impacto com hélices no final da queda, gira o eixo de um dínamo que por sua vez gera energia para toda uma população. Com base no texto. Determine a alternativa que melhor representa a geração de energia nas usinas termoeletricas::**

- a) Um gerador de energia, quando energizado por corrente elétrica, alimenta a energia elétrica de toda uma cidade;
- b) A energia da queima de combustíveis dentro de uma câmara de explosão, através de um conjunto mecânico, faz girar um eixo de um dínamo que alimenta a energia elétrica de uma população;
- c) A energia de queima de combustíveis aumenta a pressão dentro de uma câmara de vapor que faz girar uma turbina, onde por sua vez está acoplada a uma máquina transformadora de energia de movimento em energia elétrica;
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

**Figura 21:** Questionário diagnóstico (1ª Questão – c). Fonte: autor, 2021

Pode-se observar, também, que alguns alunos (9) ainda não possuem concepções de como ocorre o processo de geração de energia elétrica (Figura 22) em uma termoeletrica, pois, acreditam que um gerador pode produzir energia suficiente para manter uma cidade.

- a) Um gerador de energia, quando energizado por corrente elétrica, alimenta a energia elétrica de toda uma cidade;
- b) A energia da queima de combustíveis dentro de uma câmara de explosão, através de um conjunto mecânico, faz girar um eixo de um dínamo que alimenta a energia elétrica de uma população;
- c) A energia de queima de combustíveis aumenta a pressão dentro de uma câmara de vapor que faz girar uma turbina, onde por sua vez está acoplada a uma máquina transformadora de energia de movimento em energia elétrica;
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

**Figura 22:** Questionário diagnóstico (1ª Questão – d). Fonte: autor, 2021

Os demais alunos acreditam que a geração de energia elétrica não ocorre através de transformação de energia. Em raros casos associaram o surgimento de energia elétrica à corrente elétrica (Figura 23). A compreensão era de que os entes físicos que propiciam o movimento dos geradores, como a água, o vento ou o vapor d'água não poderiam ser utilizados na geração de energia elétrica.

- Um gerador de energia, quando energizado por corrente elétrica, alimenta a energia elétrica de toda uma cidade;
- b) A energia da queima de combustíveis dentro de uma câmara de explosão, através de um conjunto mecânico, faz girar um eixo de um dínamo que alimenta a energia elétrica de uma população;
- c) A energia de queima de combustíveis aumenta a pressão dentro de uma câmara de vapor que faz girar uma turbina, onde por sua vez está acoplada em uma máquina transformadora de energia de movimento em energia elétrica;
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

**Figura 23:** Questionário diagnóstico (1ª Questão – a). Fonte: autor, 2021

A resposta dada na segunda questão (Figura 24) é surpreendente, visto que certa quantidade de alunos (17) demonstra que teve algum contato com as propriedades do magnetismo, como a atração de polos diferentes e a repulsão de polos iguais, mas, o conceito formado na estrutura cognitiva que predomina, é que o ímã pode atrair todos os tipos de metal (23). Esse é um conceito que deve ser desconstruído, pois, metais como o alumínio, o magnésio, a platina e o sulfato de cobre são metais (paramagnéticos), que ao serem aproximados a um campo magnético externo, magnetizam-se de maneira a causar um pequeno aumento no valor desse campo. Há alguns docentes (3) que acreditam que ao partir um ímã ao meio, ele perde a sua propriedade magnética através da formação de um monopolo magnético.

- 2 – O magnetismo teve sua origem na Grécia antiga, em uma região de Magnésia, onde foi verificado que uma pedra chamada magnetita (ímã) tinha a capacidade de atrair pedaços de metal. Hoje o efeito magnético é visto no HD do computador, em uma ressonância magnética e muitas outras aplicações. Com relação ao ímã:**
- a) Qualquer pedaço de metal posto nas proximidades de um ímã permanente toma-se magnetizado e passa a ser atraído por ele.
- Tomando-se um ímã permanente em forma de barra e partindo-o ao meio eles param de interagir.
- c) Ao aproximarmos dois ímãs permanentes, eles podem se atrair ou repelir dependendo da polaridade.
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

**Figura 24:** Questionário diagnóstico (2ª Questão – b). Fonte: autor, 2021

As concepções de corrente elétrica são abordadas na terceira questão (Figura 25). Os resultados obtidos evidenciam que a maioria dos alunos (33), já possuem um conceito formado de corrente elétrica o facilitará no desenvolvimento do trabalho.

- 3 – Os equipamentos elétricos como lâmpadas, ferro elétrico, ventiladores e outros aparelhos utilizamos no dia a dia só funcionam quando estão ligadas as fontes de energia, tais como bateria, pilhas e tomadas. Quando isso é feito se estabelece ..... no interior desses aparelhos.**
- a) **Uma força que faz os equipamentos elétricos funcionarem.**
  - b) **Um fluido que se encontra nas tomadas, nas pilhas e baterias.**
  - c) **Uma corrente elétrica que percorre os fios do equipamento elétrico.**
  - d) **Nenhuma das anteriores.**

**Figura 25:** Questionário diagnóstico (3ª Questão – a). Fonte: autor, 2021

Mas, ainda há aqueles (3) que precisam de restauração cognitiva, pois, acreditam que a corrente elétrica é um fluido, assim como Charles Dufay em 1740 que propôs a existência de dois tipos de virtude elétrica, com efeitos opostos, devido aos materiais por ele utilizado, vidro e resina. Há ainda um discente que mesmo estando no 3º ano do ensino médio, assinalou que não tem nenhum conceito de corrente elétrica, isto pode ser a falta de compreensão do conteúdo, uma vez que ele já foi passado pelo professor. Existem aqueles (8) que acreditam, que para os equipamentos elétricos funcionarem é necessária uma força. Esse fato corre por haver uma força que faz as cargas elétricas movimentarem.

- a) **Uma força que faz os equipamentos elétricos funcionarem.**
- b) **Um fluido que se encontra nas tomadas, nas pilhas e baterias.**
- c) **Uma corrente elétrica que percorre os fios do equipamento elétrico.**
- d) **Nenhuma das anteriores.**

**Figura 26:** Questionário diagnóstico (3ª Questão – d). Fonte: autor, 2021

Novamente abordou-se o conceito de campo magnético na questão quatro (Figura 27). Os resultados obtidos são esperados, pois, a maioria dos alunos (d-22) reconhece que o campo magnético causa um desvio no movimento da agulha

magnética da bússola, de forma a atraí-la ou repeli-la. Em contrapartida observou-se que alguns (c-6) assinalaram que não ocorre nenhum efeito (Figura 31). Esta é uma informação importante, porque demonstra que ainda não desenvolveram conhecimento prévio e a abordagem científica sobre o conteúdo será algo novo que contribuirá no processo de aprendizagem da lei de Faraday.

**4 – Os ímãs mais comuns têm forma de barra ou forma de ferradura. Os efeitos magnéticos do ímã são mais intensos nas extremidades, comumente denominados de polos. Os polos podem ser denominados em norte e sul. A atração ocorre entre polos de natureza diferentes. Em qualquer caso a interação acontece à distância, evidenciando a existência de um campo magnético. Quando aproximamos uma bússola de um ímã ocorre:**

- a) Um desvio, pois a bússola é usada apenas para orientação;
- b) Um desvio na direção do campo magnético em cada ponto em torno do ímã;
- c) Nenhum efeito, pois a bússola é usada apenas para orientação;
- d) Um desvio (repulsão), pois o campo magnético repele a agulha da bússola;
- e) Nenhum das anteriores

**Figura 27:** Questionário diagnóstico (4ª Questão – d). Fonte: autor, 2021

- a) Um desvio, pois a bússola é usada apenas para orientação;
- b) Um desvio na direção do campo magnético em cada ponto em torno do ímã;
- c) Nenhum efeito, pois a bússola é usada apenas para orientação;
- d) Um desvio (repulsão), pois o campo magnético repele a agulha da bússola;
- e) Nenhum das anteriores

**Figura 28:** Questionário diagnóstico (4ª Questão – c). Fonte: autor, 2021

Os resultados obtidos na quinta questão (Figuras 92 e 30) evidência o que era esperado, pois nesse período os discentes já estudaram eletrostática na escola. Alguns alunos assinalaram as letras “b e c” de forma equivocada, porém, este resultado deve-se ao fato de os estudantes pensarem que não existe semelhança

entre a eletricidade e o magnetismo. Isso também ocorreu com alguns cientistas do século XVII que as consideravam como fenômenos distintos.

*“Um dos motivos para considerá-los fenômenos distintos devia-se ao fato de, apesar de os fenômenos magnéticos também apresentarem propriedades de atração e repulsão, todos os fenômenos magnéticos estarem relacionados apenas com os ímãs naturais, enquanto as atrações e repulsões elétricas apareceram em várias situações distintas” (LUZ, Antônio Máximo; AVARENGA, Beatriz; GUIMARÃES, Carla da Costa. Física: contexto e aplicação. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2016, p. 153)*

**5 – Muitos fenômenos físicos estão presentes no nosso cotidiano, entre eles podemos citar a eletricidade e o magnetismo, eles possuem propriedades semelhantes. Na eletricidade, o âmbar quando atritado tinha a capacidade de atrair pequenos objetos. O magnetismo, por sua vez, pode atrair alguns metais. Assinale a alternativa que melhor apresenta a propriedade da eletricidade ou do magnetismo.**

- a) Eletricidade – Apresenta situação de atração e de repulsão
- b) Magnetismo – A ocorrência pode ser resultado de atrito
- c) Magnetismo – Pode causar choque;
- d) Eletricidade – A ocorrência pode ser resultado de atrito.
- e) Nenhuma das respostas anteriores.

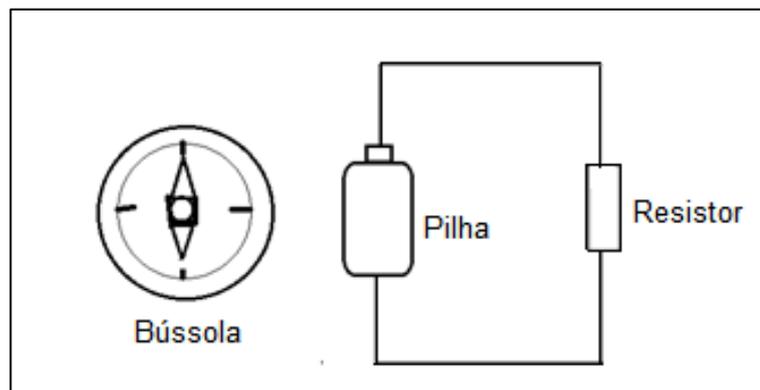
**Figura 29:** Questionário diagnóstico (5ª Questão – b). Fonte: autor, 2021

- a) Eletricidade – Apresenta situação de atração e de repulsão
- b) Magnetismo – A ocorrência pode ser resultado de atrito
- c) Magnetismo – Pode causar choque;
- d) Eletricidade – A ocorrência pode ser resultado de atrito.
- e) Nenhuma das respostas anteriores.

**Figura 30:** Questionário diagnóstico (5ª Questão – c). Fonte: autor, 2021

Este estudo possibilitou conhecer os conceitos que os alunos possuem entre eletricidade, magnetismo e corrente elétrica, o que servirá de subsunções na abordagem da indução eletromagnética.

O experimento (Figura 31) de possui a finalidade de comprovar a relação entre eletricidade e o magnetismo. Os alunos ficarão livres para montar os experimentos e buscar solução para a resposta das cinco perguntas proposta. O experimento é similar ao elaborado por Oersted, mas, ao invés de pôr a bússola próxima ao fio serão aproximados um circuito elétrico e um ímã da bússola, porque desta forma ficou mais evidente visualizar como ocorre o fenômeno. Essa atividade experimental busca uma abordagem com alto grau de liberdade intelectual, cabendo ao professor a distribuição do material e intermediar a execução da atividade. Nessa perspectiva, os alunos ficam livres para planejar, propor hipóteses e coletar dados, ou seja, realizar a atividade de maneira autônoma.



**Figura 31:** Experimento de Oersted. **Fonte:** autor, 2021

Os resultados do experimento de Oersted foram excelentes, pois as respostas do questionário (Figuras 32 e 33) dadas por alguns estudantes relataram que conseguiram visualizar que a agulha da bússola defletiu comprovando que a corrente elétrica pode gerar campo magnético, e, assim a interação entre a eletricidade e o magnetismo se tornou real para os alunos. Embora alguns alunos não tenham conseguido visualizar o fenômeno com a utilização do circuito elétrico os resultados ainda satisfatórios, uma vez que os alunos conseguiram observar o efeito magnético na bússola.

**Questionário:**

1 – O que você observa quando o ímã se aproxima da bússola?

*A agulha fica desorientada conforme movemos o ímã marcando Norte e Sul, e virando o ímã marca Oeste e Leste*

2 – Quando você afasta o ímã da bússola o que acontece?

*A bússola para ficando no seu estado normal.*

3 – Quando você aproxima o circuito elétrico da bússola o que você observa?

*A agulha fica novamente desorientada com o ímã*

4 – Quando é afastado o circuito elétrico do ímã o que você observa?

**Figura 32:** Experimento de Oersted (resultados obtidos 1). **Fonte:** autor, 2021

Questionário:

1 – O que você observa quando o ímã se aproxima da bússola?  
O ÍMÃ FICA GIRANDO CONFORME O ÍMÃ GIRA

2 – Quando você afasta o ímã da bússola o que acontece?  
A BUSSOLA REPELE

3 – Quando você aproxima o circuito elétrico da bússola o que você observa?  
A BUSSOLA SE MOVE MAS É BEM POUCO

4 – Quando é afastado o circuito elétrico do ímã o que você observa?  
NÃO ACONTECEU NADA

5 – O que você pode concluir com esse experimento?  
APRENDEMOS BASTANTE SOBRE O MAGNETISMO

**Figura 33:** Experimento de Oersted (resultados obtidos 2). **Fonte:** autor, 2021

### 7.3 SEGUNDO ENCONTRO

Neste encontro os alunos foram levados para a sala de vídeo, onde no primeiro momento foi passado 4 vídeos relacionados com o motor elétrico e o fenômeno da indução eletromagnética. No segundo momento ocorreu um debate entre os alunos sobre os vídeos passados, onde o professor assumirá o papel de mediador, visando manter a organização para melhor aprendizagem.

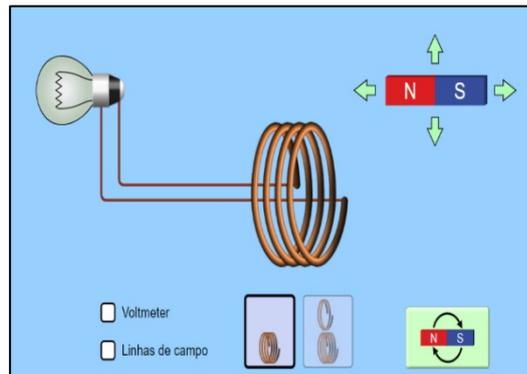
Quando começou a problematização dos vídeos buscou-se a participação crítica dos alunos em relação ao que tinham visto. Desta forma, almejar através do diálogo problematizador a contribuição para o conhecimento do processo de geração de energia elétrica e o funcionamento do motor elétrico. Esse método pode possibilitar, que o educador proponha alternativas de compreensão do conhecimento científico, mas é necessário o pleno domínio do conteúdo abordado pelo professor

para que a participação ativa do educando nos debates e discussões sejam encaminhadas de tal modo a desenvolver no aluno a capacidade de participação em público para explicar algo ou expor seus pensamentos.

#### 7.4 TERCEIRO ENCONTRO

O terceiro encontro foi interessante uma vez que se utilizou o laboratório de informática da escola. Os alunos demonstraram entusiasmo ao manusear o simulador Phet Física da indução eletromagnética. Esse momento foi importante, pois ficou bem evidente a animação e o interesse dos alunos.

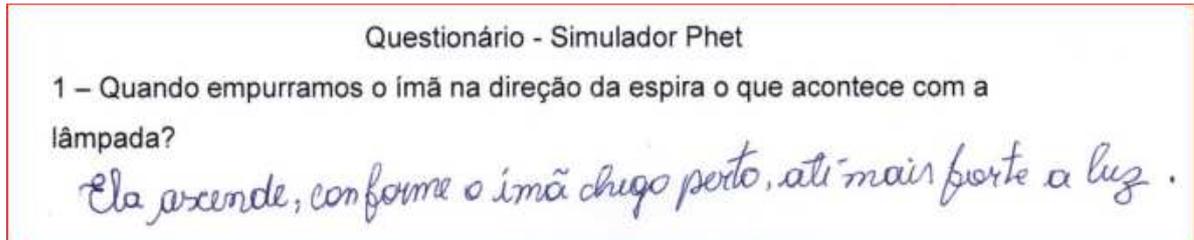
No início do encontro foi demonstrado aos alunos como funciona o simulador. Logo após foi solicitado que os alunos respondessem o questionário, para verificar a aprendizagem dos discentes quanto a utilização do simulador.



**Figura 34:** Terceiro Encontro – Simulador Phet Física. **Fonte:** Lei de Faraday - Campo Magnético | Ímãs - Simulações PhET Interativas, 2021

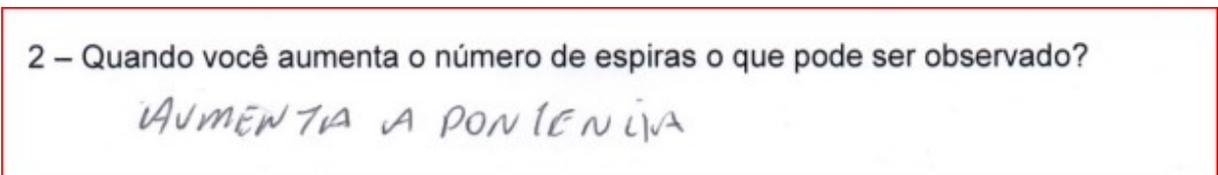
Nesse encontro houve algumas dificuldades, uma vez que alguns alunos faltaram e outros não quiseram responder o questionário, porém a quantidade que participou, 21 (vinte um), contribuíram significativamente com os resultados obtidos. A análise das respostas demonstra que o uso do simulador Phet Física contribui bastante para o processo de ensino, uma vez que proporciona aos discentes a capacidade de visualizarem como ocorrem alguns fenômenos, que não podem ser visualizados na prática de laboratório.

Os dados obtidos na primeira questão foram coerentes, porque todos os alunos conseguiram perceber, que a luz acende ao aproximar o ímã da espira. Mas, três respostas foram excelentes, pois, identificaram que quanto mais o ímã se aproxima da espira a intensidade luminosa da lâmpada aumenta.



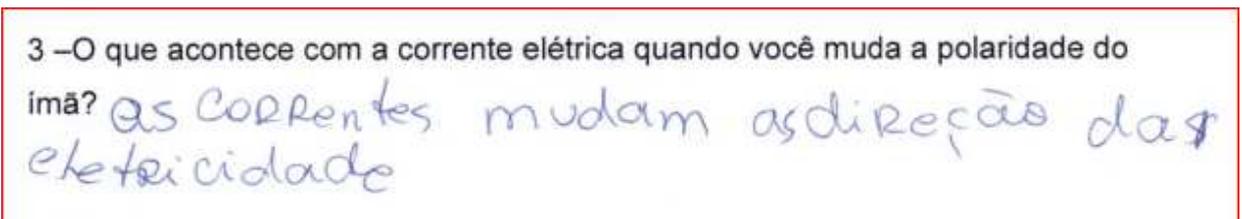
**Figura 35:** Questionário - Simulador Phet (Questão 1). Fonte: Autor, 2021

Na segunda questão, dois discentes afirmaram que o aumento do número de espiras aumenta a energia e outros dois propõe que a potência da lâmpada aumenta. Isto ocorre devido ao aumento da luminosidade da lâmpada causada pelo aumento do número de espiras.



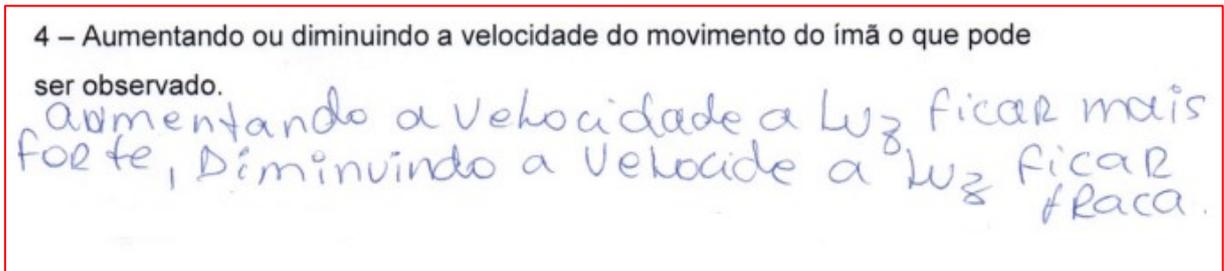
**Figura 36:** Questionário – Simulador Phet (Questão 2). Fonte: Autor, 2021

O sentido da corrente elétrica é abordado na terceira questão. Apenas um aluno conseguiu identificar que o sentido da corrente varia com a mudança da polaridade do ímã. Essa teoria corresponde a Lei de Lenz, onde o polo norte do ímã ao se aproximar da espira faz com que o sentido da corrente elétrica induzida seja anti-horário, regra da mão direita, e o polo sul no sentido horário. Em ambos os casos o ímã está se aproximando da espira.



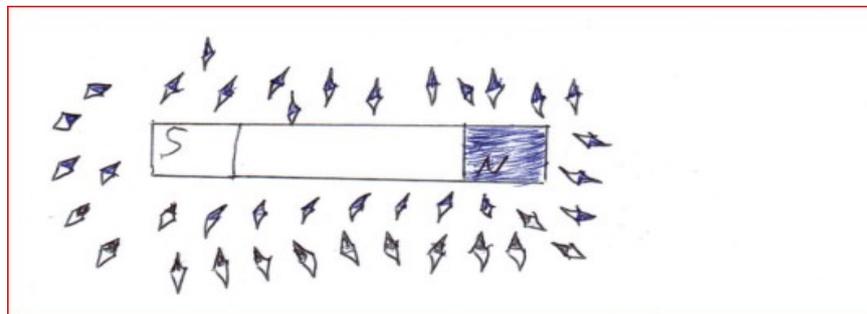
**Figura 37:** Questionário – Simulador Phet (Questão 3). Fonte: Autor, 2021

A quarta questão se refere a velocidade de aproximação do ímã. Observou-se que três alunos relacionam a velocidade com a variação da voltagem positiva e negativa. Esta resposta é coerente, porque o movimento dos elétrons ocorre devido a uma diferença de potencial, que dá origem a força eletromotriz (fem), causada pelo movimento do ímã.



**Figura 38:** Questionário – Simulador Phet (Questão 4). Fonte: Autor, 2021

Na última questão, o resultado novamente foi favorecido pela visualização das linhas de campo demonstrado no simulador. Todos os alunos conseguiram visualizar que as linhas de campo saem do polo norte e entram no sul. O conhecimento dessas linhas de campos é importante, pois, é a variação do número das espiras que geram a força eletromotriz.



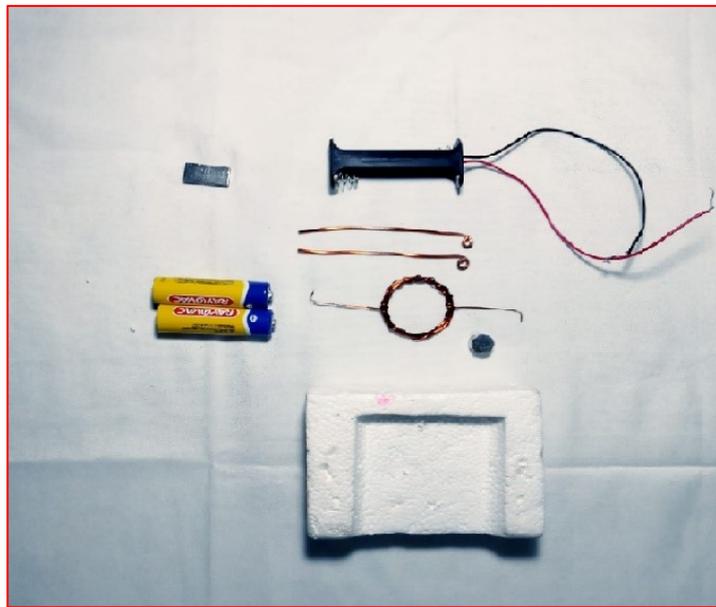
**Figura 39:** Questionário – Simulador Phet (Questão 5). Fonte: Autor, 2021

## 7.5 QUARTO ENCONTRO

Neste encontro os alunos ficaram livres para montar os experimentos 2 e 3, que estão relacionados com motor elétrico e a indução eletromagnética. O propósito neste encontro é saber se a interação entre os vídeos, vistos no encontro 2, formaram ancoradouro. O professor apenas orientará a prática, de tal forma que os alunos sejam protagonistas do seu próprio aprendizado.

Os experimentos sempre atraem a atenção dos alunos. Ao chegar à sala com os materiais os alunos ficaram animados para montar os experimentos. Foi muito interessante ver o entusiasmo deles.

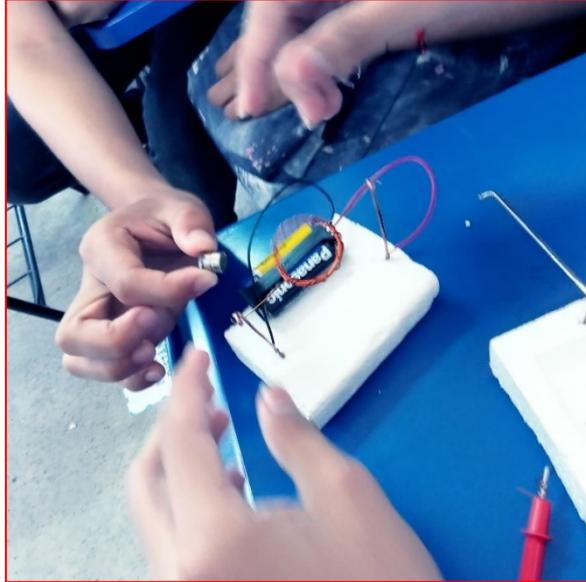
O primeiro experimento a ser elaborado foi o motor elétrico devido a facilidade na montagem e envolvimento dos alunos. Alguns alunos lembravam dos vídeos do motor elétrico, que foi passado no encontro 2, isso facilitou bastante o desenvolvimento do experimento. Cada grupo estava empenhado em fazer o motor elétrico funcionar.



**Figura 40:** Material – Motor elétrico. **Fonte:** Autor, 2021

Logo após a construção do motor elétrico os alunos queriam saber o que fazia a espira girar. Então foi explicado que ao interligar o suporte das bobinas nas pilhas a corrente elétrica passa a fluir através do fio. A passagem da corrente elétrica cria um campo magnético ao redor do fio o que dá origem ao campo magnético ao redor da bobina. Ao aproximar um ímã da espira ocorre a interação entre os campos magnéticos, e isso implica no aparecimento de um par de forças magnéticas que produz o torque e faz girar a bobina. Nos lados da espira que formam ângulos de  $0^\circ$  e  $180^\circ$  entre ímã e a bobina, não surgem forças magnéticas ( $\vec{F}_m$ ), porque o ângulo formado entre o fio e o campo magnético (ângulo entre  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ ) faz com que a força

seja nula. Nos outros lados a força magnética ( $\vec{F}_m$ ) não são nulas, mas, possuem a mesma intensidade e sentidos opostos, as quais causam a rotação na espira.



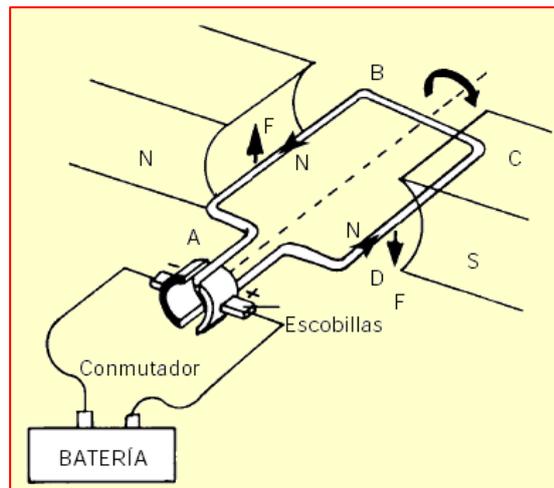
**Figura 41:** Experimento - Motor elétrico 1. Fonte: Autor, 2021

As forças magnéticas dos lados da bobina se invertem em comparação com à posição inicial. Desta forma, logo depois da passagem da bobina pelo plano vertical, as forças magnéticas mudam de sentido em relação a posições anteriores o que pode reduzir o movimento das bobinas.



**Figura 42:** Experimento - Motor elétrico 2. Fonte: Autor, 2021

À medida em que a espira gira a partir da posição normal (Figura 43), as forças constituintes  $\vec{F}_m$  e  $-\vec{F}_m$  vão diminuindo, devido ao ângulo que vai aumentando, diminuindo a rotação. Quando o plano da espira é perpendicular as linhas de campo magnéticas e as forças  $\vec{F}_m$  e  $-\vec{F}_m$  se alinham e deixam de produzir torque. Como a espira está em movimento, ela continua a girar por inércia. Então, as forças magnéticas fazem a espira girar novamente.



**Figura 43:** Funcionamento do motor elétrico.

Fonte: [funcionamento do motor elétrico simples - Bing](#), 2021

O segundo experimento, indução eletromagnética, houve um pouco de dificuldade, porque os alunos tiveram que movimentar o ímã em direção ao solenoide, mas o suporte que sustentava a haste não permitia movimentos bruscos. A montagem do experimento foi mais fácil, uma vez que foi aproveitado a mesma base do motor elétrico. Os alunos apenas montavam os experimentos para evitar o manuseio do material pelos alunos devido as restrições impostas ao COVID - 19. Mesmo que os alunos estivessem em grupo foi solicitado que permanecessem com máscaras e higienizassem as mãos.



**Figura 44:** Material - Indução eletromagnética. **Fonte:** Autor, 2021

No início desse experimento foi feita uma situação-problema: “A corrente elétrica em fio condutor é acompanhada de um campo magnético. E o oposto é possível? Campo magnético pode ser acompanhado de uma corrente elétrica em um fio condutor?”

Buscou-se seguir a forma como Faraday fez suas experiências. Primeiro foi solicitado para os alunos que apenas aproximassem o ímã do solenoide e observassem o que acontece no voltímetro. Todos os grupos observaram que nada aconteceu.

A resposta para a situação-problema foi dada pelo experimento, pois os alunos conseguiram observar que ao mover o ímã na direção do solenoide o voltímetro oscilava, e quanto mais rápido o ímã se aproximava, maior era o valor da voltagem. A formação de conceitos nesse momento é muito importante, pois à medida que o aluno consegue visualizar que o fluxo do campo magnético variando no tempo produz corrente elétrica induzida é crucial para entendimento do fenômeno físico.



**Figura 45:** Experimento - Indução eletromagnética. Fonte: Autor, 2021

A explicação do fenômeno foi feita com base nas usinas hidrelétricas, onde a queda d'água faz girar as turbinas anexadas ao eixo de um de um dínamo, dando origem ao campo elétrico e consequentemente a corrente elétrica induzida.

## 7.6 QUINTO ENCONTRO

A abordagem teórica teve início pelo relato histórico que contribuíram para desenvolvimento da lei de Faraday. Com a continuação foi falado sobre a vida e obras de Faraday.

Ao abordar o conteúdo pode-se perceber que alguns alunos tinham constituído subsunçores, de como ocorre o fenômeno Indução Eletromagnética, mas, não foi fácil, uma vez que a explicação do conteúdo requer conhecimento de eletricidade e magnetismo. Logo após compartilhou-se a contribuição para o desenvolvimento tecnológico. Foi chamada atenção dos alunos para o fato de que no cotidiano se está em contato com aparelhos, que dependem de energia elétrica para funcionar, como: motores elétricos, transformadores, celulares, lâmpadas, dentre outros equipamentos. A abordagem teórica teve como base as respostas dadas pelos alunos nos questionários, pois a intenção é trazer as respostas de forma que os alunos possam refletir.

## 7.7 QUESTIONÁRIO FINAL

Neste encontro será feita a análise sobre o produto educacional aplicado. Far-se-á, ainda, a exposição de resultados das dificuldades encontradas durante o processo de formação do desenvolvimento do conhecimento científico e comprovar o desenvolvimento dos subsunçores. Para uma melhor apresentação examinar-se-á a lista de exercícios aplicada ao fim da TAS.

As dificuldades enfrentadas estão relacionadas a quantidade de alunos que participaram do questionário, pois, devido estar no final do ano letivo, muitos deixaram de frequentar a escola.

**Tabela 3**

Questionário Final – Respostas dos Alunos

	a	b	c	d
1° Questão	9,5%	36%	45%	9,5%
2° Questão	54%	46%	-	-
3° Questão	-	-	-	-
4° Questão	19%	54%	-	27%
5° Questão	-	9,5%	9,5%	81%

Fonte: Autor,2021

### 1° Questão

A primeira questão trata de uma característica importante da Lei de Faraday, pois se refere a variação do fluxo magnético através de uma bobina. Pelos resultados obtidos verificou-se que ainda houve dúvida entre os alunos a respeito da produção de força eletromotriz e corrente elétrica induzida. Mas, isso ocorreu também com Faraday, que no início de suas pesquisas elaborou um experimento com duas bobinas estacionárias que não produzia corrente.

Os resultados demonstram que a maioria dos alunos que participaram 45% assinalaram a letra “c”, compreendendo que ao movimentar um ímã na direção da espira, gera uma corrente que flui pela espira e quanto mais rápido o ímã se move, mais corrente é produzida, ou seja, o que importa é o movimento que varia no tempo.

1 – Em um condutor fechado (espira), a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se por algum motivo o fluxo variar, o que acontece?

- a) Curto-circuito
- b) Interrupção da corrente elétrica
- c) O surgimento de corrente elétrica
- d) A magnetização permanente do condutor

**Figura 46:** Questionário final (1ª Questão - b). **Fonte:** Autor, 2021

- 1 – Em um condutor fechado (espira), a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se por algum motivo o fluxo variar, o que acontece?
- a) Curto-circuito
  - b) Interrupção da corrente elétrica
  - c) O surgimento de corrente elétrica
  - d) A magnetização permanente do condutor

**Figura 47:** Questionário final (1ª Questão – c). **Fonte:** Autor, 2021

- 1 – Em um condutor fechado (espira), a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se por algum motivo o fluxo variar, o que acontece?
- a) Curto-circuito
  - b) Interrupção da corrente elétrica
  - c) O surgimento de corrente elétrica
  - d) A magnetização permanente do condutor

**Figura 48:** Questionário final (1ª Questão – d). **Fonte:** Autor, 2021

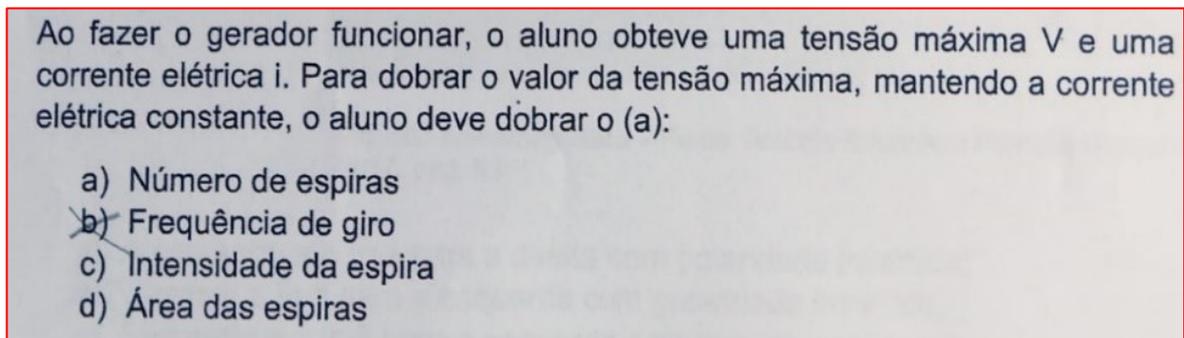
- 1 – Em um condutor fechado (espira), a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se por algum motivo o fluxo variar, o que acontece?
- a) Curto-circuito
  - b) Interrupção da corrente elétrica
  - c) O surgimento de corrente elétrica
  - d) A magnetização permanente do condutor

**Figura 49:** Questionário final (1ª Questão – a). **Fonte:** Autor, 2021

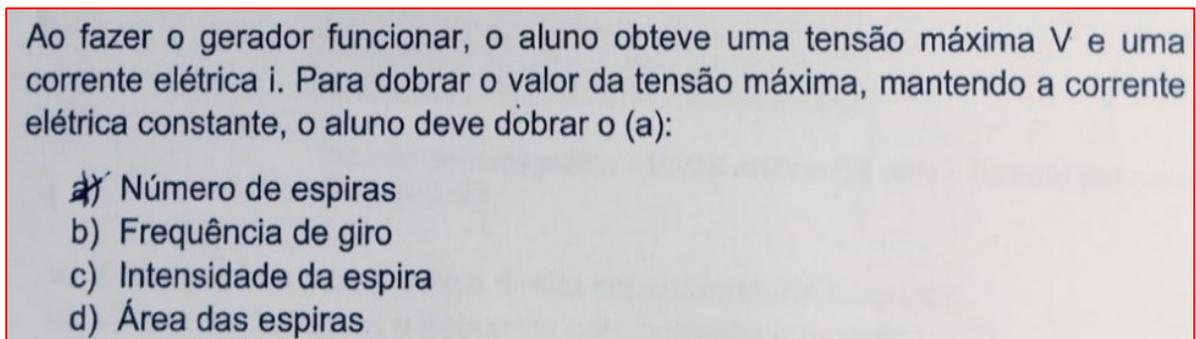
### 2° Questão

Os resultados obtidos para a segunda questão são aceitáveis, porque as respostas alternam entre as letras “a” e “b”. O número de espiras faz com que uma força eletromotriz induzida, ocorra em cada volta e o total no circuito é a soma dos valores individuais, e, isto faz a voltagem (tensão) aumente. Sendo assim, a alternativa “a” correta, mas a frequência mantém a voltagem.

As alternativas “c” e “d”, não foram assinaladas, porém, a área da espira influência na passagem do fluxo magnético.



**Figura 50:** Questionário final (2ª Questão – b). **Fonte:** Autor, 2021

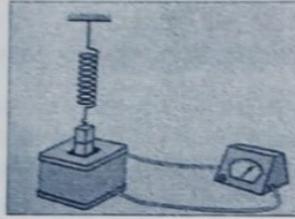


**Figura 51:** Questionário final (2ª Questão – a). **Fonte:** Autor, 2021

### 3° Questão

A terceira questão é discursiva e poucos alunos responderam. Houve uma diversificação na resposta. Um aluno respondeu que não sabia e outros relacionam a oscilação do ímã com a oscilação do ponteiro do voltímetro. Isto é coerente uma vez que ao aproximar o ímã da bobina, o ponteiro deflete para uma posição e ao afastar o ímã, o ponteiro deflete no sentido oposto.

3 – A figura abaixo mostra um ímã em forma de barra, preso a uma mola, oscilando para dentro e para fora da bobina ligada em série a um voltímetro.



Gerador de energia - fonte: Alberto Gaspar, 2013, pag. 188

O que acontece com o ponteiro do voltímetro? Explique.

*devido a mola irá subir e descer, por  
o ponteiro se move gerando energia.*

**Figura 52:** Questionário final (3ª Questão). Fonte: Autor, 2021

O que acontece com o ponteiro do voltímetro? Explique.

*Não sei.*

**Figura 53:** Questionário Final (3ª Questão 1). Fonte: Autor, 2021

O que acontece com o ponteiro do voltímetro? Explique.

*O ponteiro sobe ~~resaca~~ e desce rapidamente.  
Isso acontece pelo fato da polaridade do ímã subir e descer na  
bobina e então a bobina conduzir o fluxo magnético.*

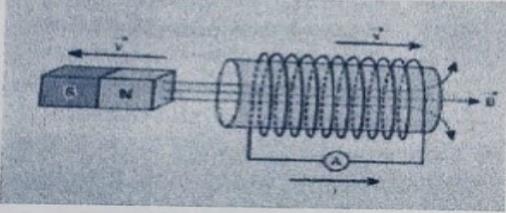
**Figura 54:** Questionário Final (3ª Questão 2). Fonte: Autor, 2021

#### 4º Questão

A lei de Lenz é abordada na quarta questão. Observa-se que 54% dos alunos tiveram como base para responder à questão a figura dada. Outros 27% acreditam que fixando o ímã, e movendo a bobina para a direita, é a melhor resposta, mas, ao afastar a bobina do ímã não haverá fluxo magnético, passando na bobina e conseqüentemente não haverá corrente induzida. Apenas 19% acertaram a questão,

pois, a outra forma do sentido de a corrente permanecer, é aproximar o polo sul do ímã à bobina, que deve mover-se na direção do ímã (para esquerda).

4 – O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como mostrado na figura. A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a:



Indução eletromagnética – Fonte: Antônio Eduardo e Pâmella Gonçalves, 2017, pag. 53

a) A esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida;  
 b) Direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida;  
 c) Esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade;  
 d) Direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.

**Figura 55:** Questionário Final (4ª Questão – d). Fonte: Autor, 2021

a) A esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida;  
 b) Direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida;  
 c) Esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade;  
 d) Direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.

**Figura 562:** Questionário final (4ª Questão – a). Fonte: Autor, 2021

a) A esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida;  
 b) Direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida;  
 c) Esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade;  
 d) Direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.

**Figura 57:** Questionário final (4ª Questão – b). Fonte: Autor, 2021

### 5° Questão

Na última questão 81% dos discentes conseguiram identificar alguns instrumentos que foram criados a partir da lei de Faraday. Este fato ocorre devido a abordagem feita do conteúdo onde foi demonstrado várias aplicações no cotidiano.

- a) Transformadores, micro-ondas e panela elétrica
- b) Gerador, ferro de passar e chuveiro elétrico
- c) Televisão, motores elétricos e lâmpadas incandescente
- d) Transformadores, geradores e motores elétricos

**Figura 58:** Questionário final (5ª Questão – b). **Fonte:** Autor, 2021

- 5 – Uma das grandes descobertas da Física que impactou a humanidade foi o processo de indução eletromagnética feita pelo cientista inglês Michael Faraday em 1831. Dentre as contribuições da chamada lei de Faraday destaca-se a geração de energia elétrica em grande escala e os dispositivos, como:
- a) Transformadores, micro-ondas e panela elétrica
  - b) Gerador, ferro de passar e chuveiro elétrico
  - c) Televisão, motores elétricos e lâmpadas incandescente
  - d) Transformadores, geradores e motores elétricos

**Figura 59:** Questionário Final (5ª Questão – d). **Fonte:** Autor, 2021

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de ensino-aprendizagem em meio ao Mundo Globalizado tem proporcionado maior acesso à informação e conhecimento aos alunos do Ensino Médio. Isto faz com que a forma de ensino seja mais diversificada e contextualizada, o que exigirá maior preparo do docente.

Devido as atividades desenvolvidas durante a TAS, foi observado que os estudantes escolheram as demonstrações e as atividades em que eles têm participação em grupo, como por exemplo, laboratório e aplicação no dia a dia, esse tipo de atividade dá ao aluno autonomia que os indivíduos necessitam para uma vida em sociedade.

O processo ensino aprendizagem no ensino de Física deve ter como base, aquilo que o aluno precisa saber para ser um cidadão crítico, mas, para isso é necessário que ele tenha a capacidade interpretar os fenômenos físicos e o mundo ao seu redor. Desta forma, os conceitos físicos e a experiência devem ser os mais trabalhados para que os alunos consigam ter uma aprendizagem para vida.

A Lei de Faraday ainda continua sendo muito importante para humanidade, mas, infelizmente poucos alunos conseguem estudar no ensino médio nas escolas públicas, pois, geralmente não há tempo e os alunos perdem a oportunidade de conhecer um fenômeno tão importante e que possui muita aplicabilidade.

Por fim, acredita-se que o ensino de física requer uma metodologia, que promova uma melhoria na qualidade do ensino, que ao mesmo tempo em que estimula e incentiva a participação dos alunos, dá liberdade para que esse mesmo aluno resolva as situações-problemas e melhore a relação professor-aluno, além de favorecer para a construção do conhecimento científico.

## REFERÊNCIAS

BARROS, Antônio Eduardo Alexandria de; BARRETO, Pâmela Gonçalves. **Eletromagnetismo: uma viagem do macro ao micro**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

BELÉNDEZ, Augusto. La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la síntesis electromagnética de Maxwell. Revista Brasileira de Física, v.30, n. 2, 2008.

BERGER, Peter L; LUCKMANN, Thomas. **A construção social da realidade: tratado de sociologia do conhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2004.

BISCOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Física 3: eletricidade: física moderna**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

Brasil. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**, 2020  
Carvalho, Anna Maria de; Sasseron, Lúcia Helena. **Ensino e Aprendizagem de Física no Ensino Médio e a Formação de Professor**. Estudo Avançado, 2008, p. 43.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; Sassaron, Lúcia Helena. **Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores**. Estudos avançados, 2018, p. 40.

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência afinal?**. [SI]: Editora Brasiliense, 1993.

COELHO, Rafael Otto. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002, p.39.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e problematizações. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2 ed. ver.- Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005.

DIAS, Claudia; FERNANDES, Denise. **Pesquisa e métodos científicos**. 2000, p. 3.

DIAS, Penha Maria Cardoso; MORAIS, Rodrigo Fernandes. **Os fundamentos mecânicos do eletromagnetismo**. Revista Brasileira de Física, v. 36, n. 3, 2014.

DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto de Andrade, 2014 apud LIMA, Dyego Soares de. **Ensino de Física por Investigação: uma proposta para o ensino da Lei de Faraday**. Dissertação de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. Pará: Universidade Federal do Pará, 2020, p. 23.

DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto de Andrade. **Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética**. Ciência & Educação, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 517 - 30, 2004.

FARADAY, M. **Historical sketch of electro-magnetsm**. *Annals of Philosophy*. v. 2, p. 195 – 290, 1821a.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa**. 2. ed. Porto alegre: Bookman, 2004. p. 20

FUZARI, Alexsandro Fernandes. **Uma proposta de UEPS para o ensino de indução eletromagnética**. Dissertação (Mestrado Profissional Nacional de Ensino de Física). Cariacica, 2017.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

GAUTHIER, Clermont; TARDIF, Maurice. **A pedagogia: teorias e práticas da Antiguidade aos nossos dias**. Tradução de Lucy Magalhães. 3ª ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2013.

GODOY, A. S. **Refletindo sobre critério de qualidade da pesquisa quantitativa.** Revista Eletrônica de Gestão Organizacional. v. 3, n. 2, 2005, p. 81-89.

GRF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 3: Eletromagnetismo.** 5. ed. 6. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2017.

HALLYDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth F. **Física 3.** Traduzido por Pedro Manuel Calas Lopes; Leydervan de Souza Xavier; Paulo Pedro Kenedi. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de física conceitual.** Tradução Trieste Ricci. Porto Alegre: Bookman, 2009. 440p.

JR, Orlando Aguiar. **Situações potencialmente conflitivas na educação em ciências: revistando um debate. Controvérsias na Pesquisa em Ensino de Física.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014, p. 305. (Vários autores).

KELLER, J; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física 3.** v.2. Tradução: Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Makron Books, 1999.

LAHERA. Jesús; FORTALEZA, Ana. **Ciências físicas nos ensinamentos fundamental e médio: modelos e exemplos.** Traduzido por Antônio Feltrin. Porto Alegre: Artmed, 2006.

LARANJEIRA, Cássio Costa. **A educação científica na convergência de práticas educativas cientificamente referenciadas.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

LIMA, Dyego Soares de. **Ensino de Física por Investigação: uma proposta para o ensino da Lei de Faraday.** Dissertação de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Universidade Federal do Pará, Pará: 2020, p. 2.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física: contexto e aplicação: ensino médio.** 2. ed. São Paulo: Editora Scipione, 2016.

MACHADO, Kleber Daum. **Teoria do Eletromagnetismo.** Ponta Grossa: Editora UEPG, v.2. 2002.

MARQUES, Mário Osório. **Educação nas ciências: interlocução e complementariedade.** Ijuí: Unijuí, 2002.

MARTINS, 1986 apud Fuzari, Alexandro Fernandes. **Uma proposta de UEPS para o ensino de indução eletromagnética.** Dissertação (Mestrado Profissional Nacional de Ensino de Física). Cariacica, 2017, p.32.

MARTINS, Nelson. **Introdução à teoria da eletricidade e do magnetismo.** São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

MARTINS, R. A. **Orsted e a descoberta do eletromagnetismo.** Caderno de História da Filosofia da Ciência. Campinas. v. 10, 1986, p. 367.

MAXWELL, 1892 apud SILVA, R. T da; CARVALHO, H. B de. **A indução eletromagnética: análise conceitual e fenomenológica**. Revista Brasileira de Física, v. 36, n. 3, 2014, p. 3.

MCKELVERY, John P.; GROATCH, Howard. **Física 3**. Traduzido por Evia Dorta Dias Nunes. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1979.

MOREIRA, 2011 apud. Caetano, Fabiana Cristina. **Luz e cor: uma proposta didática interdisciplinar**. Tese Mestrado Profissional Nacional de Ensino de Física, 2020.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO, **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EDU, 1995.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica**. v.4. 1ª ed. São Paulo: Ed. Blucher, 1998.

PAVAN, Fabiana Cruz. **Densidade Cultural e Aprendizagem Significativa na Construção da Cidadania**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, ano 1, v. 9, 2016, p. 10.

PEDUZZI, Sônia S. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora/ Concepções alternativas em Mecânica**. 2. ed. ver. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005. 24p.

PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2 ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Angel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Traduzido por Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROCHA, José Fernando M. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

ROONEY, Anne. **A História da Física**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2013.

SASSERON, Lucia Helena. **Ensinar, aprender e avaliar em aulas de Física: interagindo para construir argumentos e argumentando em favor das interações**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014, p. 39.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento, para estudos de argumentos no ensino de ciências**. Rev. Ensaio. Belo Horizonte. V. 13, n. 03, 2011, p. 243 - 262.

SFORNI, Marta Sueli de Farias; GALUCH, Terezinha Bellanda. **Aprendizagem conceitual nas séries iniciais do ensino fundamental**. Curitiba: Editora UFPR, n. 28, p. 217-29.

SILVA, Daniele Socorro Ribeiro da; SANTOS, Jayanny Sá; TEIXEIRA, Sandro Mateus Ferreira. **Produção de vídeos aulas como ferramenta educacional no processo de ensino e aprendizagem de física no ensino médio**. Revista do professor de Física. v. 3, n. especial, 2019.

SILVA, R. T da; CARVALHO, H. B de. **A indução eletromagnética: análise conceitual e fenomenológica**. Revista Brasileira de Física, v. 36, n. 3, 2014.

SOLIS VILLA, R. **Ideias institutivas y apredizaje de las ciências**. Enseñanza de las Ciências, v. 2, p. 83 - 89, 1994).

SOUZA, Ródnei Almeida de. **Teoria da aprendizagem significativa e experimentação em sala de aula**. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História da Ciência). Universidade Federal da Bahia: 2011, p. 32.

STEINBRUCH, Alfredo. **Geometria analítica**. São Paulo: Pearson Makron Books, 1987.

TIPLER, Paul Allan. **Física para cientistas e engenheiros**. v. 2: eletricidade e magnetismo, óptica. Tradução Fernando Ribeiro da Silva, Mauro Speranza Neto. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Traduzido por Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998, 224p.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Perguntas Referente a 1ª Aula

#### Questionário Diagnóstico - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

1 - O processo de geração de energia elétrica em grande quantidade foi uma grande descoberta que contribuiu para desenvolvimento da tecnologia. Nas hidrelétricas, por exemplo, a energia é gerada a partir da energia acumulada nas quedas de águas

dos rios que, através do impacto com hélices no final da queda, gira o eixo de um dínamo que por sua vez gera energia para toda uma população. Com base no texto. Determine a alternativa que melhor representa a geração de energia nas usinas termoelétricas:

- a) Um gerador de energia, quando energizado por corrente elétrica, alimenta a energia elétrica de toda uma cidade;
- b) A energia da queima de combustíveis dentro de uma câmara de explosão, através de um conjunto mecânico, faz girar um eixo de um dínamo que alimenta a energia elétrica de uma população;
- c) A energia de queima de combustíveis aumenta a pressão dentro de uma câmara de vapor que faz girar uma turbina, onde por sua vez está acoplada em uma máquina transformadora de energia de movimento em energia elétrica;
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

2 – O magnetismo teve sua origem na Grécia antiga, em uma região de Magnésia, onde foi verificado que uma pedra chamada magnetita (ímã) tinha a capacidade de atrair pedaços de metal. Hoje o efeito magnético é visto no HD do computador, em uma ressonância magnética e muitas outras aplicações. Com relação ao ímã:

- a) Qualquer pedaço de metal posto nas proximidades de um ímã permanente torna-se magnetizado e passa a ser atraído por ele.
- b) Tomando-se um ímã permanente em forma de barra e partindo-o ao meio eles param de interagir.
- c) Ao aproximarmos dois ímãs permanentes, eles podem se atrair ou repelir dependendo da polaridade.
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

3 – Os equipamentos elétricos como lâmpadas, ferro elétrico, ventiladores e outros aparelhos que utilizamos no dia a dia só funcionam quando estão ligadas as fontes de energia, tais como bateria, pilhas e tomadas. Quando isso é feito se estabelece ..... no interior desses aparelhos.

- a) Uma força que faz os equipamentos elétricos funcionarem.
- b) Um fluido que se encontra nas tomadas, nas pilhas e baterias.
- c) Uma corrente elétrica que percorre os fios do equipamento elétrico.

d) Nenhuma das anteriores.

4 – Os ímãs mais comuns têm forma de barra ou forma de ferradura. Os efeitos magnéticos do ímã são mais intensos nas extremidades, comumente denominados de polos. Os polos podem ser denominados em norte e sul. A atração ocorre entre polos de natureza diferentes. Em qualquer caso a interação acontece à distância, evidenciando a existência de um campo magnético. Quando aproximamos uma bússola de um ímã ocorre:

- a) Um desvio, pois a bússola é usada apenas para orientação;
- b) Um desvio na direção do campo magnético em cada ponto em torno do ímã;
- c) Nenhum efeito, pois a bússola é usada apenas para orientação;
- d) Um desvio (repulsão), pois o campo magnético repele a agulha da bússola;
- e) Nenhum das anteriores

## **APÊNDICE B – Questionário Referente ao Experimento de Oersted**

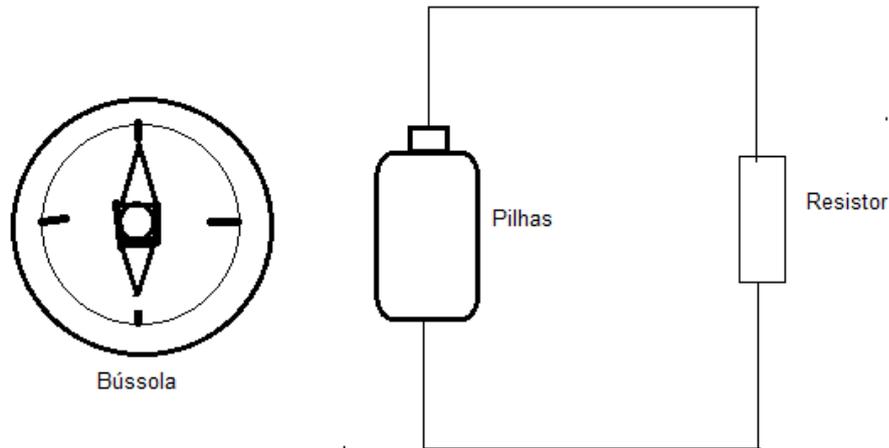
### **Experimento 1 – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física**

#### Material Utilizado

- Duas pilhas alcalinas
- Suporte para pilhas
- Uma bússola
- Um ímã bastão

- Fios
- Um resistor de  $100 \Omega$

Nesse experimento os alunos receberão do professor os materiais para execução do experimento e orientações para a montagem do circuito, pois a intenção é que haja liberdade entre os participantes para buscar a melhor forma de obter os resultados. Logo após a montagem do experimento o professor deve distribuir o questionário para que os alunos respondam com base no experimento.



**Figura 1** – experimento de Oersted. Fonte – Autor, 2021

Questionário:

- 1 – O que você observa quando o ímã se aproxima da bússola?
- 2 – Quando você afasta o ímã da bússola o que acontece?
- 3 – Quando você aproxima o circuito elétrico da bússola o que você observa?
- 4 – Quando é afastado o circuito elétrico do ímã o que você observa?
- 5 – O que você pode concluir com esse experimento?

### **APÊNDICE C – Questionário Referente a 3ª Aula**

#### **Questionário - Simulador Phet**

- 1 – Quando empurrarmos o ímã na direção da espira o que acontece com a lâmpada?
- 2 – Quando você aumenta o número de espiras o que pode ser observado?

3 – O que acontece com a corrente elétrica quando você muda a polaridade do ímã?

4 – Aumentando ou diminuindo a velocidade do movimento do ímã o que pode ser observado.

5 – Faça um desenho representando as linhas de campo dos polos do ímã.

### **APÊNDICE D – Questionário Final**

#### **Questionário – Indução Eletromagnética**

1 – Em um condutor fechado (espira), a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se por algum motivo o fluxo variar, o que acontece?

- a) Curto-circuito
- b) Interrupção da corrente elétrica
- c) O surgimento de corrente elétrica
- d) A magnetização permanente do condutor

2 – No processo de transformação de energia mecânica em energia elétrica, um aluno da escola Inspetora Dulcineia constrói um pequeno gerador utilizando:

- Um fio de cobre de diâmetro  $D$  enrolado em  $N$  espiras circulares de área  $A$ ;

- Dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade  $B$ ;
- Um sistema que permite girar as espiras em torno de um eixo com uma frequência  $f$ .

Ao fazer o gerador funcionar, o aluno obteve uma tensão máxima  $V$  e uma corrente elétrica  $i$ . Para dobrar o valor da tensão máxima, mantendo a corrente elétrica constante, o aluno deve dobrar o (a):

- Número de espiras
  - Frequência de giro
  - Intensidade da espira
  - Área das espiras
- 3 – A figura abaixo mostra um ímã em forma de barra, preso a uma mola, oscilando para dentro e para fora da bobina ligada em série a um voltímetro.

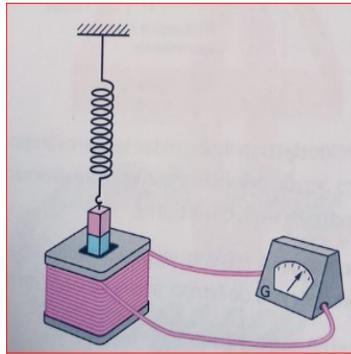
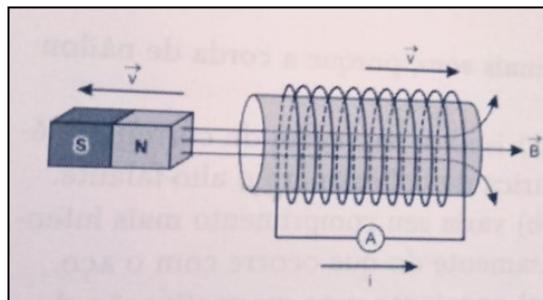


Figura 2: Gerador de energia. Fonte: Alberto Gaspar. Compreendendo a Física, 2014, p. 188

O que acontece com o ponteiro do voltímetro? Explique.

4 – O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como mostrado na figura. A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a:



### Figura 3: Indução eletromagnética

Fonte: Antônio Eduardo e Pâmella Gonçalves, 2017, pag. 53

- a) A esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida;
- b) Direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida;
- c) Esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade;
- d) Direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.

5 – Uma das grandes descobertas da Física que impactou a humanidade foi o processo de indução eletromagnética feita pelo cientista inglês Michael Faraday em 1831. Dentre as contribuições da chamada lei de Faraday destaca-se a geração de energia elétrica em grande escala e os dispositivos, como:

- a) Transformadores, micro-ondas e panela elétrica
- b) Gerador, ferro de passar e chuveiro elétrico
- c) Televisão, motores elétricos e lâmpadas incandescente
- d) Transformadores, geradores e motores elétricos