



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



## **PRODUTO EDUCACIONAL**

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

**SERGIO AMARAL DA SILVA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**Abril de 2019**



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

**PRODUTO EDUCACIONAL**

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

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

Orientadores:

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

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**Abril de 2019**



## SUMÁRIO

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

## INTRODUÇÃO

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

Este Produto Educacional consiste de uma Sequência Didática a qual baseia-se nos princípios e passos citados por Moreira (2011), e, utiliza um conjunto de experimentos, juntamente com uma simulação computacional selecionada no grupo PhET<sup>1</sup> para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

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

---

<sup>1</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/generator](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator)

## 1. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

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

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

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

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

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

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

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

Tabela 1: Estrutura da sequência didática

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



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

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

### 2.1. Indução Eletromagnética

#### 2.1.1. Lei da Indução de Faraday

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

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

onde  $\Phi_B$  é o fluxo magnético e pode ser calculado por

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

sendo que para mais de uma espira, tem-se

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

onde  $N$  é o número de espiras.

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

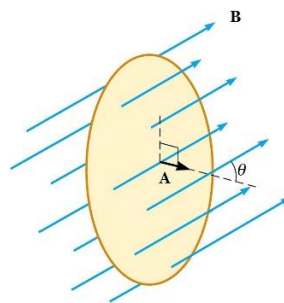
De acordo com Halliday, Walker e Resnick (2016), o fluxo de campo magnético pode ser entendido como a quantidade de linhas de campo magnético que atravessa a área da

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

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

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

Figura 1: Fluxo magnético através da área envolvida pela espira



Fonte - (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

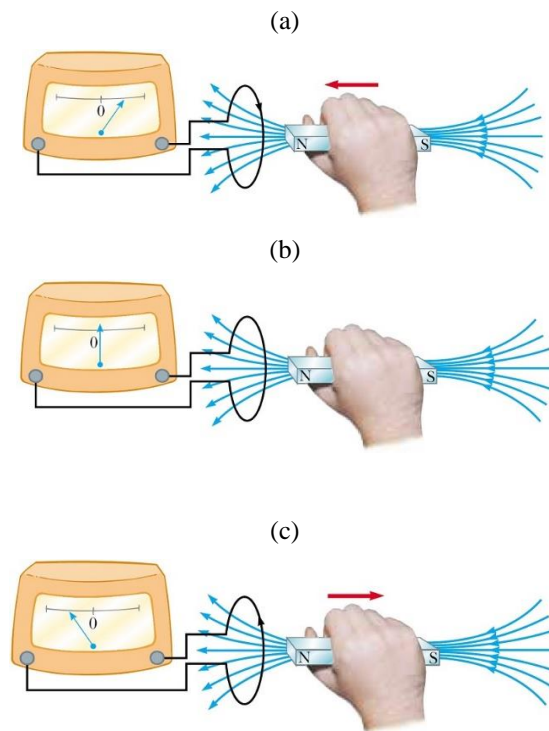
Para entender como uma fem pode ser induzida em um circuito, consideremos uma espira de condutor metálico conectada a um galvanômetro como ilustrado na Figura 2. Quando um ímã é movido em direção a se aproximar de uma espira ligada a um galvanômetro, a agulha deste se desvia em uma direção. Quando o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

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

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

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

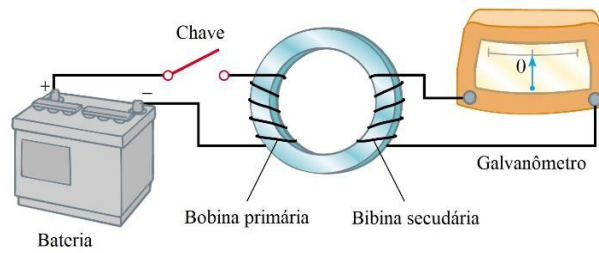
Figura 2: (a) Quando o ímã se move em direção a uma espira conectada a um galvanômetro, este indica que uma corrente é induzida na espira. (b) Quando o ímã fica parada próximo a uma espira, nenhuma corrente é induzida nesta (c) Quando o ímã se move afastando da espira, o galvanômetro indica uma corrente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



Fonte - (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

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

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



Fonte - (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

Por fim, a fem pode ser expressa como

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

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

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

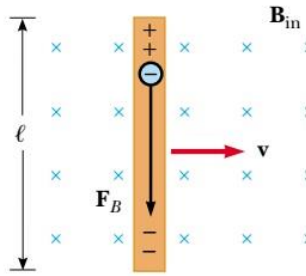
De acordo com Alvares e Luz (2005), em um intervalo de tempo não tão pequeno, a Lei da Indução de Faraday (Equação 2.1) pode ser aproximada por

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

### 2.1.2. Força eletromotriz induzida devido ao movimento do circuito

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

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



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

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

$$qE = qvB \quad 2.7$$

ou

$$E = vB \quad 2.8$$

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

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

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

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

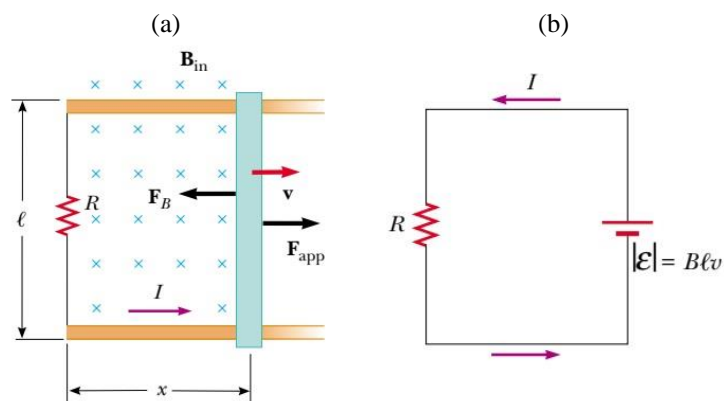
então

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

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

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

Figura 5: Barra condutora deslizando sobre trilhos



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

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

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

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

$$\Phi_B = Blx \quad 2.12$$

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

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

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

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

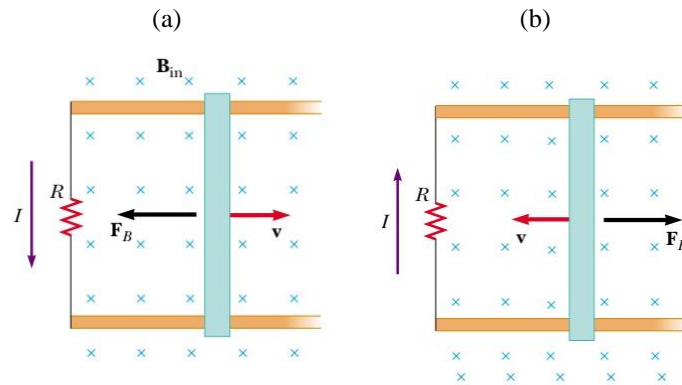
O diagrama do circuito equivalente é mostrado na Figura 5b.

### 2.1.3. Lei de Lenz

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

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

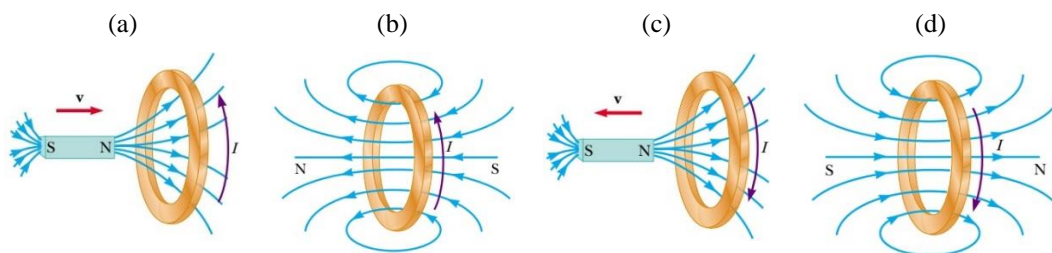
Figura 6: Barra condutora deslizando para direita e para esquerda sobre trilhos.



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

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

Figura 7: Demonstração da Lei de Lenz



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)



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

#### 2.1.4. Forças e torque em sistemas com campo magnético

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

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

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

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

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

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

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

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

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

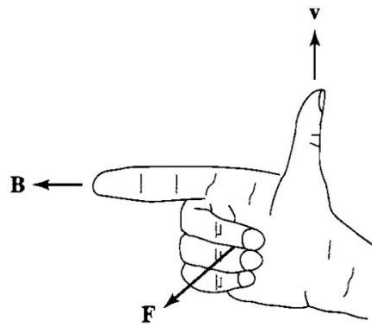
ao produto das magnitudes de  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$  e o seno do ângulo entre eles. Essa direção poderá ser encontrada seguindo a **regra da mão direita** Figura 8, que estabelece que quando se tem o polegar da mão direita na direção de  $v$  e o dedo indicador na direção de  $\vec{B}$ , a força que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

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

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

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

Figura 8: Regra da mão direita

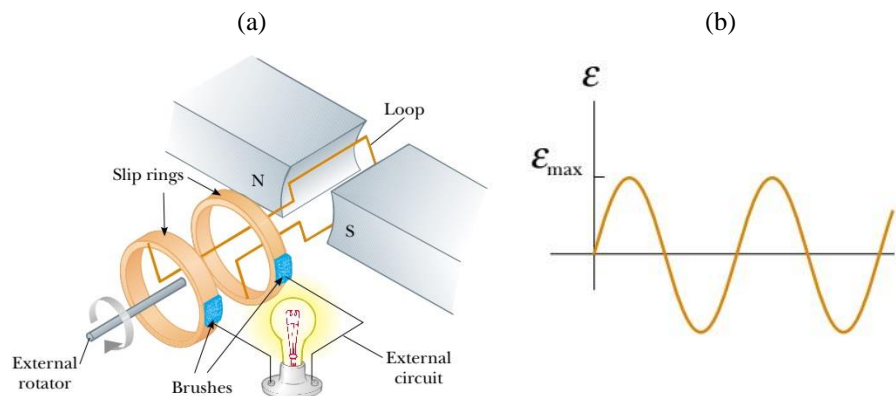


Fonte - (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2003)

### 2.1.5. Geradores e motores

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

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



Fonte – (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)

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

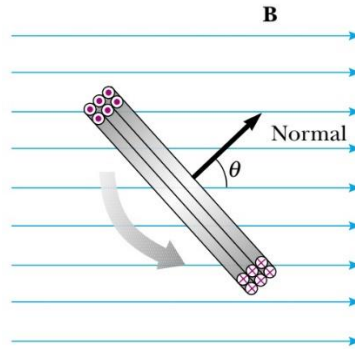
A forma de onda da fem gerada pode ser vista na Figura 9b. Este gráfico mostra que a corrente alterna seu sentido por causa do movimento giratório do enrolamento (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

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

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

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

Figura 10: Bobina dentro de um campo magnético.



(FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2003)

Seja a força eletromotriz induzida em uma bobina igual a

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

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

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

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

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

### **2.2.1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 2.2.2. Os 3 Momentos Pedagógicos

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

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

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

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

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

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



### **3. APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

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

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

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

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

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

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

Quadro 1: Questionário 1

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

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

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

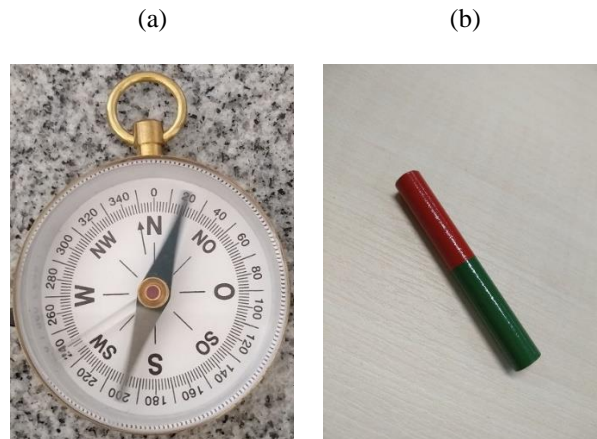
Para melhor motivar a turma, o professor poderá utilizar um aplicativo de bússola para *smartphone* (Figura 12a) no lugar da bússola real.

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

Quadro 2: Questionário 2

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

Figura 11: Material para experimento inicial sobre campo magnético



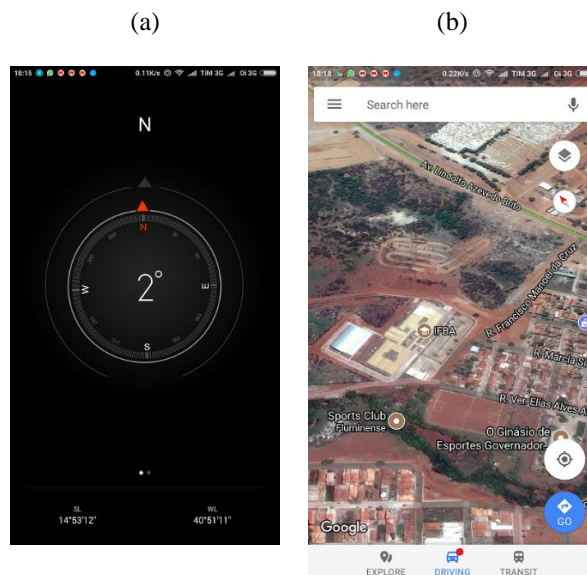
Fonte – Autoria própria

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

Quadro 3: Questionário 3

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

Figura 12: Bússola e Google Maps



Fonte – Autoria própria

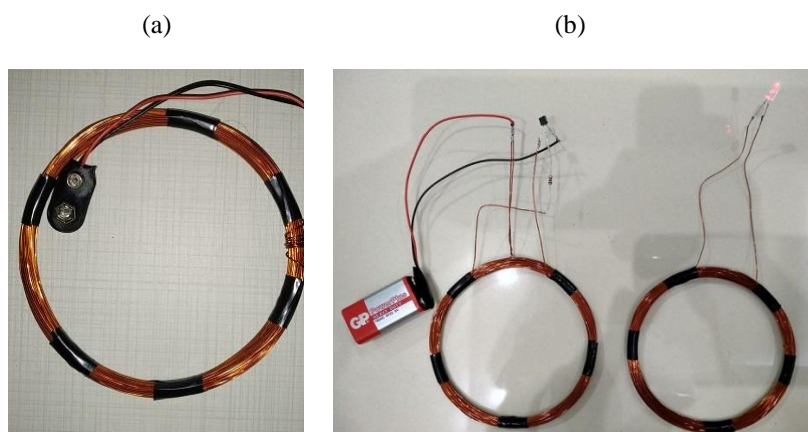
### 3.2. Aula 2 - O campo magnético e a indução de corrente elétrica

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

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

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

Figura 13: Material para experimento sobre indução eletromagnética

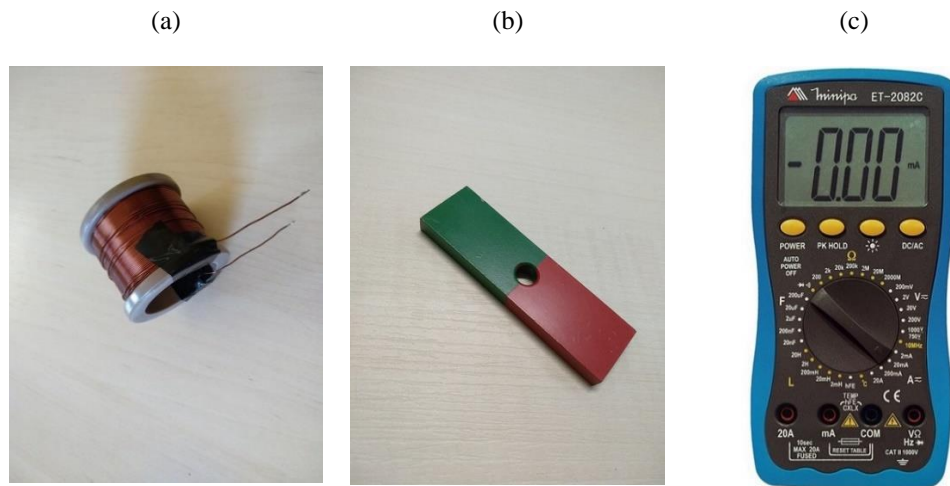


Fonte – Autoria própria

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

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

Figura 14: Material para experimento sobre indução eletromagnética



Fonte – Autoria própria

Quadro 4: Questionário 4

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

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

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

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

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

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

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

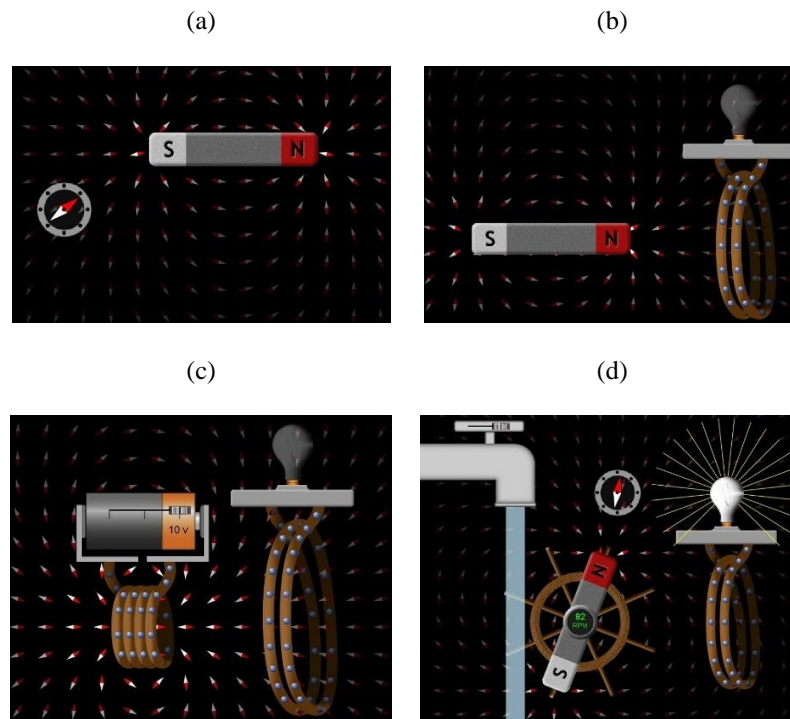
Assim, o simulador será utilizado para executar exercícios que permita ao estudante explorar a parte do conteúdo o qual foi realizado com os experimentos reais.

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

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

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

Figura 15: Simulações computacionais a serem apresentadas



Fonte – Autoria própria

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

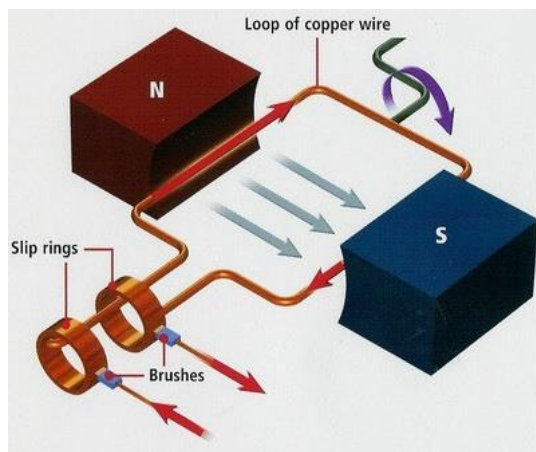
- Tema: O processo de geração de energia elétrica.
- Objetivo geral: Aplicar o conhecimento de indução eletromagnética adquirido nas aulas anteriores.
- Objetivos específicos:
  - Apresentar um vídeo sobre como é o processo de geração da energia elétrica;
  - Discutir os conceitos acerca do assunto;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

Esta aula iniciar com a exibição de um vídeo sobre o processo de geração de energia na usina hidroelétrica Itaipú<sup>2</sup>. Após a exibição do vídeo, o professor poderá enfatizar os aspectos discutidos nas aulas anteriores utilizando a Figura 16 a qual demonstra a possibilidade de transformar energia mecânica em energia elétrica. Segundo (HALLIDAY; RESNICK;

<sup>2</sup> <https://youtu.be/48IlepuOvLw>

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

Figura 16: Esquema de um gerador de corrente alternada



Fonte – Lugar nenhum<sup>3</sup>

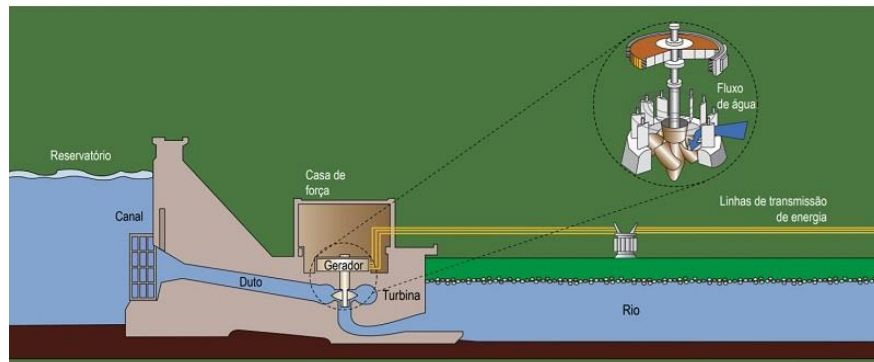
Na Figura 16 é demonstrado o esquema de um gerador de corrente alternada. Em tal esquema, pode observar o que é chamado de armadura (bobina), onde duas extremidades ligam se a anéis condutores, a que se apoiam escovas de carbono. A armadura gira e surge uma corrente fluindo através da mesma. A escova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

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



Figura 17

(a) Esquema de funcionamento de uma usina hidrelétrica



(b) Usina hidrelétrica de Itaipú



Fonte – (a)<sup>4</sup> ; (b)<sup>5</sup>

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

<sup>4</sup> [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf)

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

## REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

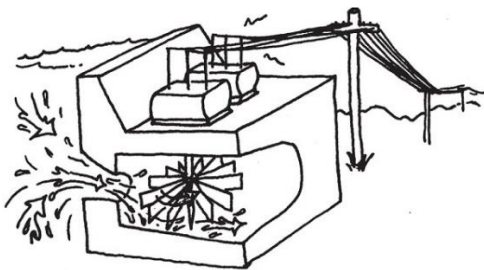
SOUZA, R. R. de; GUSKEN, E.; GONÇALVES, A. M. Brincando com correntes induzidas. *Física na Escola*, v. 11, n. 2, p. 6–8, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num2/a03.pdf>>.



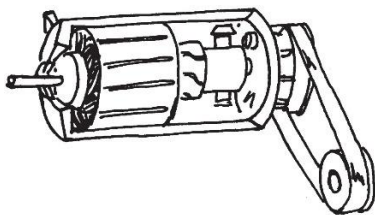
## APÊNDICE A – A produção da energia elétrica

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

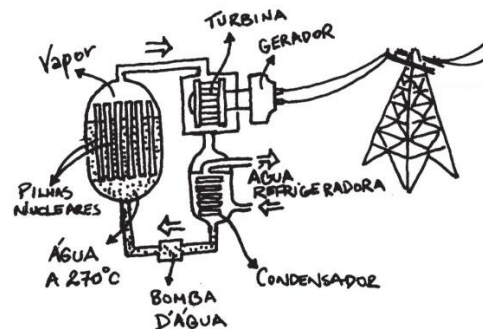
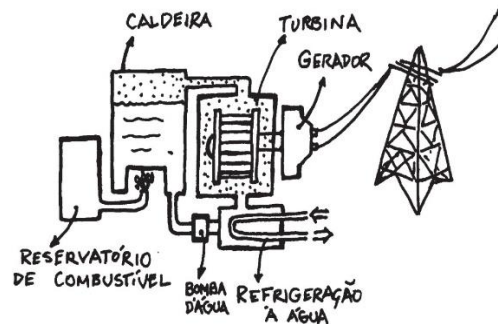
A maior parte da energia elétrica utilizada no Brasil provém de usinas hidrelétricas, usinas que convertem a energia mecânica da queda d'água em energia elétrica. Nessas usinas a água é represada por meio de barragens, que têm a finalidade de proporcionar um desnível de água capaz de movimentar enormes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



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



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



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

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

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





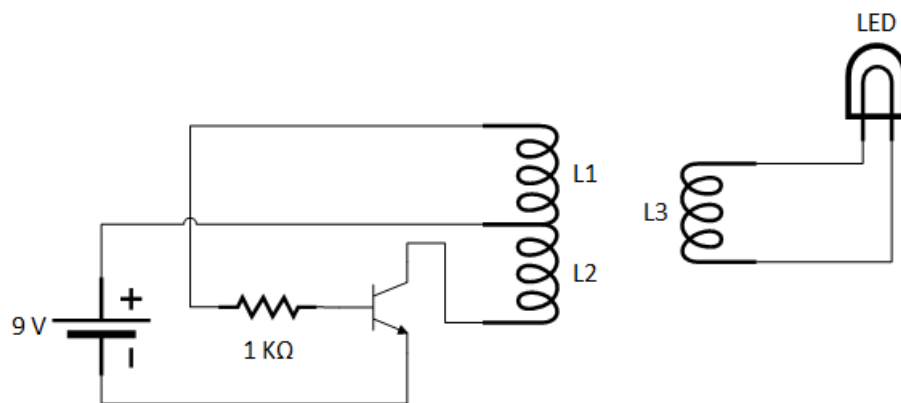
## APÊNCICE B – Construção do circuito oscilador de transmissão

Materiais:

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

Construção:

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







## APÊNCICE C – Roteiro para realização da atividade com experimento real

### Objetivos

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

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

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

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

Figura 18: Experiência física 1



Fonte – Autoria própria (2018)

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

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

Figura 19: Experiência física 2



Fonte – Autoria própria (2018)

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

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

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

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

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

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

Figura 20: Experiência física 3



Fonte – Autoria própria (2018)

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

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

Figura 21: Experiência física 4



Fonte – Autoria própria (2018)

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

## **APÊNCICE D – Roteiro para realização da atividade com experimento virtual**

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

#### **Objetivos**

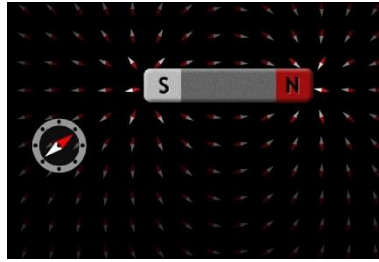
- Compreender o funcionamento de uma bússola;
- Conhecer o que é campo magnético;
- Relacionar campo magnético com a indução de corrente elétrica;
- Entender o fenômeno da indução eletromagnética;
- Entender o princípio de funcionamento dos geradores de energia elétrica.

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

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

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

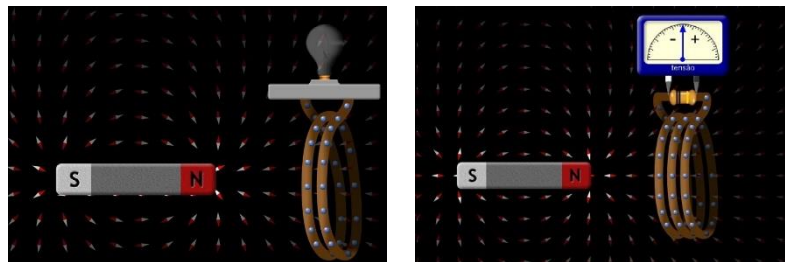
Figura 22: Experiência virtual 1



Fonte – Autoria própria (2018)

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

Figura 23: Experiência virtual 2



Fonte – Autoria própria (2018)

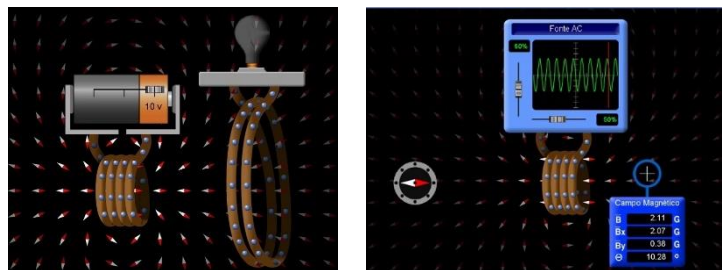
Nesta simulação (Figura 23) você tem um ímã e uma bobina de fio presa a uma lâmpada incandescente. Siga as instruções:

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

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

### Experiência 3 - O eletroímã

Figura 24: Experiência virtual 3



Fonte – Autoria própria (2018)

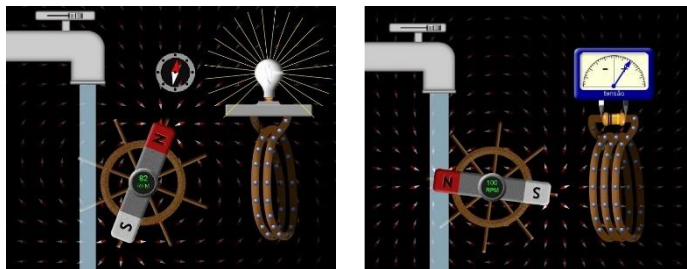
Esta simulação (Figura 24) é constituída de uma bússola e uma fonte de alimentação (bateria) conectada a uma bobina de fio. Responda:

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

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

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

Figura 25: Experiência virtual 4



Fonte – Autoria própria (2018)

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

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