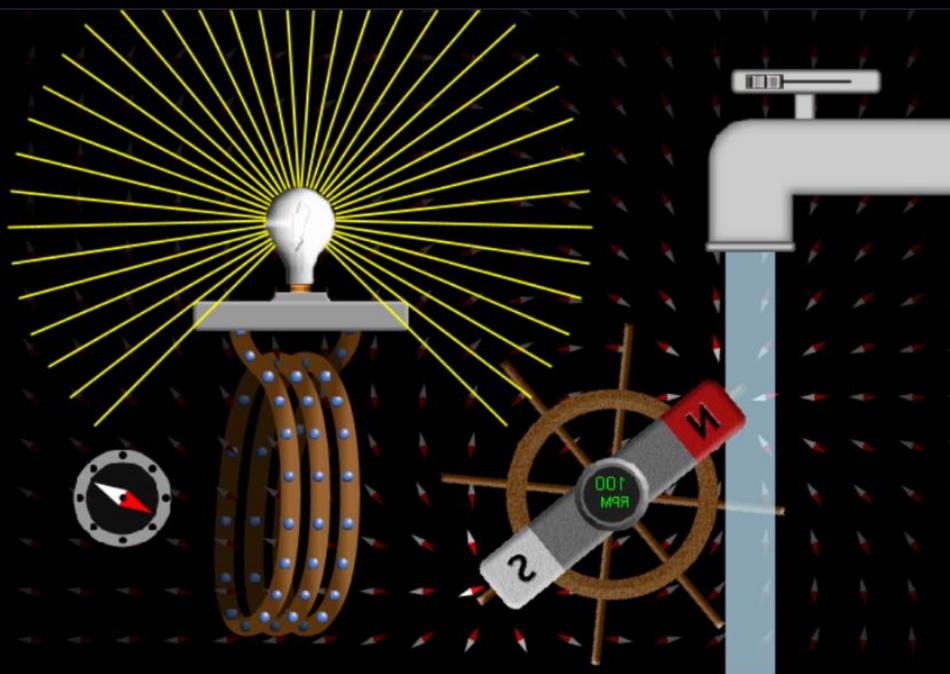


# PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MARIA REGINA FONSECA GUIMARÃES  
ANTONIO DOS ANJOS PINHEIRO DA SILVA

## O ESTUDO DA LEI DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA MEDIADO POR TECNOLOGIAS DIGITAIS



ppgecem

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS



**O ESTUDO DA LEI DA  
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA  
MEDIADO POR TECNOLOGIAS DIGITAIS**





**ppgecem**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

COLEÇÃO DE E-BOOKS *PRÁTICAS PEDAGÓGICAS E FORMAÇÃO DOCENTE*

# **O ESTUDO DA LEI DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA MEDIADO POR TECNOLOGIAS DIGITAIS**

Maria Regina Fonseca Guimarães  
Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva

## Copyright © dos autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores.

### Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Desenvolvimento do Acervo da Biblioteca Universitária da UFLA

---

Guimarães, Maria Regina Fonseca.

O ensino da lei da indução eletromagnética mediado por tecnologias digitais [recurso eletrônico] / Maria Regina Fonseca Guimarães, Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva. – Lavras: PPGCEM/UFLA, 2024.

1 recurso online (55 p.) : il. color.

Modo de acesso: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/56524>

Publicação digital (e-book) no formato PDF.

ISBN: 978-65-84982-11-6

1. Indução eletromagnética. 2. Socioconstrutivismo. 3. Alfabetização científica. 4. Metodologia ativa. 5. TDIC - Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação. I. Silva, Antonio dos Anjos Pinheiro da. II. Título.

CDD - 370

---

Bibliotecária: Defátima Aparecida Silva Pessoa - CRB6/1496

#### **Coordenador da Coleção de e-books *Práticas Pedagógicas e Formação Docente*:**

José Antônio Araújo Andrade

#### **Editor responsável:**

José Antônio Araújo Andrade

#### **Revisão:**

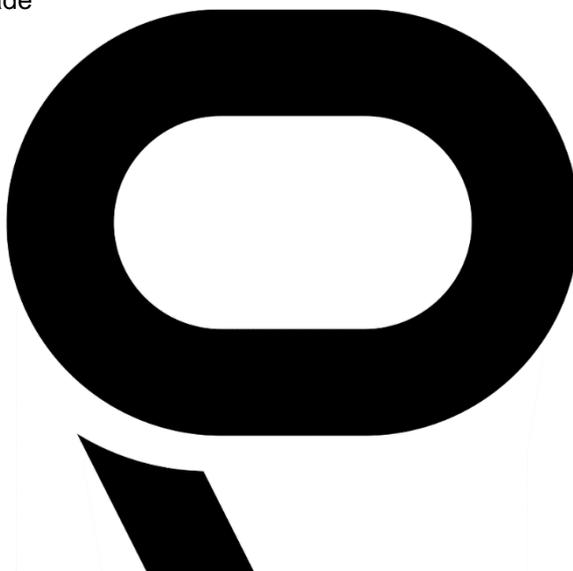
Natália Rodrigues Silva do Nascimento

#### **Capa:**

Maria Regina Fonseca Guimarães, Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva e José Antônio Araújo Andrade

#### **Diagramação:**

José Antônio Araújo Andrade



## **Coleção de e-books Práticas Pedagógicas e Formação Docente**

José Antônio Araújo Andrade

Marianna Meirelles Junqueira

Iraziet da Cunha Charret

### **Conselho Editorial**

Dra. Adair Mendes Nacarato – Universidade São Francisco – Brasil

Dra. Adriana Aparecida Molina Gomes – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Brasil

Dra. Adriana Correia de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dra. Cármen Lúcia Brancaglioni Passos – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Cristina Carvalho de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dr. Evandro Fortes Rozentalski – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Flávia Cristina Figueiredo Coura – Universidade Federal de São João Del Rei – Brasil

Dra. Francine de Paulo Martins Lima – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Frederico Augusto Totti – Universidade Federal de Alfenas – Brasil

Dr. Gildo Giroto Junior – Universidade Estadual de Campinas – Brasil

Dra. Iraziet da Cunha Charret – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. João Pedro da Ponte – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. José Antônio Araújo Andrade – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Leonor Santos – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. Luciano Fernandes Silva – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Maria do Carmo de Sousa – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Marianna Meirelles Junqueira – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Regilson Maciel Borges – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Regina Célia Grando – Universidade Federal de Santa Catarina – Brasil

Dr. Ronei Ximenes Martins – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Vitor Fabrício Machado Souza – Universidade Federal do Paraná – Brasil

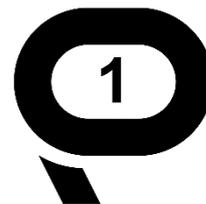
Dr. Wilson Elmer Nascimento – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAIS TEÓRICOS</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>13</b>
	<b>Aula 1:</b> Discutindo tensão e corrente induzida num circuito elétrico .....	<b>15</b>
	<b>Aula 2:</b> Formulando uma expressão matemática para a tensão elétrica induzida .....	<b>20</b>
	<b>Aula 3:</b> Lei de Faraday-Neumann .....	<b>24</b>
	<b>Aula 4:</b> Lei de Lenz .....	<b>29</b>
	<b>Aula 5:</b> Leis de indução de Faraday-Neumann e Lenz – Primeiras Aplicações ..	<b>33</b>
	<b>Aulas 6 e 7:</b> Apresentação de Seminários .....	<b>36</b>
	<b>Aula 8:</b> Resolução de problemas ( <i>Quiz On Line</i> ) .....	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>45</b>
	<b>ANEXO I: TAREFAS SOLICITADAS EM CADA AULA</b> .....	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>55</b>





## APRESENTAÇÃO

O material apresentado a seguir é uma proposta de sequência didática para o ensino/aprendizagem da lei da Indução eletromagnética de Faraday, que corresponde a uma das quatro equações de Maxwell, que fundamentam o Eletromagnetismo. O aprendizado deste tema está previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), através da Habilidade 6, na Competência Específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio (EM13CNT106), que afirma que os alunos devem ser capazes de: Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

Para compor o conjunto de atividades presentes na sequência didática, nos perguntamos: quais seriam as estratégias mais adequadas para a abordagem do tema?

Na tentativa de incluir os próprios alunos neste processo de escolha, decidimos ouvi-los e levar em conta as suas sugestões. Para isso usamos um questionário. As respostas demonstraram uma preferência por metodologias ativas (como lousa interativa, jogos e simuladores), além da preocupação com a preparação para os exames de ingresso em universidades e outros concursos.

Assim, o material resultante é uma sequência didática em que são propostas diversas atividades para incentivar a participação ativa dos alunos em todas as aulas, incorporando grande parte das demandas sugeridas por eles. O objetivo de ensino é promover a aprendizagem da lei da Indução Eletromagnética de Faraday e seus desdobramentos.

Havendo interesse, posso disponibilizar uma apresentação de slides que contempla toda a sequência de atividades propostas para as aulas; basta solicitar por

e-mail ([replanttheplanet@gmail.com](mailto:replanttheplanet@gmail.com)). No Anexo I são disponibilizadas todas as tarefas solicitadas em cada aula.



## REFERENCIAIS TEÓRICOS

Após consulta a alunos que estão no 3º EM, ficou evidente sua predileção por metodologias de ensino em que as experiências de aprendizagem fossem mais vivas e significativas. Tais metodologias, conhecidas como “ativas”, nada mais são do que métodos para tornar o estudante protagonista do seu processo de aprendizagem, e não mais elemento passivo na recepção de informações (CAMARGO; DAROS, 2018 p.44). As metodologias ativas baseiam-se em formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando resolver os desafios da prática social ou profissional em diferentes contextos. Uma forma de impulsionar o engajamento dos estudantes nos processos de ensino e aprendizagem, seria pela integração das mídias e das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) no desenvolvimento e na recriação de metodologias ativas, como sugerido por Bacich e Moran (2018, p.16).

Várias tendências pedagógicas possuem alguma relação com métodos ativos de aprendizagem. Nesta Sequência Didática, optamos por utilizar o Socioconstrutivismo, proposto pelo psicólogo russo Lev Vygotsky. Para os sócioconstrutivistas, o indivíduo aprende mais quando interage com outras pessoas, especialmente as que são mais experientes que ele. Nesta perspectiva, o papel do professor é promover a aprendizagem a partir da realização de atividades interativas coletivas, para que os estudantes se situem uns em relação aos outros. Assim, a maior parte das atividades aqui propostas, deverão ser realizadas em grupos.

O Blog de Psicologia da Educação da UFRGS apresenta uma boa síntese sobre o Construtivismo em Vygotsky<sup>1</sup>. Havendo interesse em se aprofundar no Socioconstrutivismo, segue uma relação das principais obras de Vygotsky traduzidas para o português: "A formação social da mente", "Linguagem, desenvolvimento e

---

<sup>1</sup> <https://www.ufrgs.br/psicoeduc/chasqueweb/vygotsky/construtivismo-em-vygotsky.htm>

aprendizagem", "A Construção do Pensamento e Linguagem" (obra completa), "Teoria e Método em Psicologia", e "Psicologia Pedagógica".



## SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As atividades da sequência didática foram distribuídas em 8 aulas. Em conformidade com a proposta socioconstrutivista, a maior parte das atividades propostas deverá ser realizada em grupos. O objetivo das aulas é abordar o fenômeno da indução eletromagnética de forma dinâmica e aprofundada, a fim de propiciar uma aprendizagem significativa deste tema. Em algumas aulas, são propostas atividades de aprofundamento, que o professor pode ou não realizar, a depender de seus objetivos e planejamento.

A sequência didática foi desenvolvida de forma a poder ser utilizada no ensino presencial, remoto ou híbrido. As aulas são compostas tanto de momentos de diálogo, conduzidos pelo professor em torno do tema, como de momentos mais “mãos na massa”, com a utilização de simuladores, resolução de problemas em grupos, socialização de resultados e produção de textos para explicar experimentos. É a partir destes materiais, que são descritos nas aulas como Tarefas, que o professor poderá avaliar o processo de aprendizagem dos alunos. Todas as Tarefas em que forem solicitadas aos alunos respostas por escrito, poderão ser entregues ao professor por meios digitais, (como o *Google Form*<sup>2</sup>, *Jamboard*<sup>3</sup> ou *Padlet*<sup>4</sup>) ou em papel. O Anexo I traz todas as tarefas solicitadas, organizadas por aula.

No planejamento das aulas, apresentado a seguir, estão discriminados: os objetivos de aprendizagem, os conhecimentos prévios e os materiais necessários para o desenvolvimento das atividades. A Quadro 1, apresentada a seguir, lista os temas e objetivos previstos para cada aula na Sequência Didática.

---

<sup>2</sup> <https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>

<sup>3</sup> [https://edu.google.com/intl/ALL\\_br/products/jamboard/](https://edu.google.com/intl/ALL_br/products/jamboard/)

<sup>4</sup> <https://pt-br.padlet.com/>

Quadro 1 – Temas e objetivos das aulas previstas na Sequência Didática.

Aulas	Temas	Objetivos
1	Discutindo tensão e corrente induzida num circuito elétrico	Investigar possíveis mecanismos que possam provocar o fenômeno de indução de tensão elétrica em um condutor, na presença de um campo magnético.
2	Formulando uma expressão matemática para a tensão elétrica induzida	Compreender o fenômeno de indução de tensão elétrica em um fio condutor que se move perpendicularmente a um campo magnético. Relacionar o fenômeno com a expressão matemática que o descreve.
3	Lei de Faraday-Neumann	Compreender o que é o fluxo de um campo vetorial e sua dependência com o ângulo de incidência em uma superfície. Relacionar o fenômeno da indução de tensão elétrica com a variação do fluxo magnético no circuito. Relacionar a Lei de Faraday-Neumann com a expressão matemática que a descreve.
4	Lei de Lens	Compreender o significado da lei de Lens. Conseguir resolver problemas envolvendo esta lei.
5	Leis de indução de Faraday-Neumann e Lens – Primeiras Aplicações	Compreender os princípios de funcionamento de um dínamo. Compreender o funcionamento e a necessidade de se utilizar transformadores.
6 e 7	Apresentação de Seminários	Associar as aplicações das leis da Indução eletromagnética na geração de energia elétrica com seus impactos socioambientais.
8	Resolução de problemas ( <i>Quiz On Line</i> )	Avaliar o desempenho dos alunos na resolução de questões sobre Indução eletromagnética, da forma como costumam ser cobradas no ENEM e outros vestibulares.

Fonte: Guimarães (2022).

---

---

## Aula 1: Discutindo tensão e corrente induzida num circuito elétrico

---

---

No início da 1ª aula, com o objetivo de “ativar” os conhecimentos prévios, necessários à compreensão do fenômeno da Indução eletromagnética (que deverão ser abordados nas semanas anteriores), revisamos os conceitos gerais de campos magnéticos e a fenomenologia associada ao experimento de Öersted, mais especificamente.

Quadro 2 – Objetivos, conteúdos e materiais.

<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Investigar possíveis mecanismos que possam provocar o fenômeno de indução de tensão elétrica em um condutor, na presença de um campo magnético.
<b>Conhecimentos prévios necessários</b>	Compreender os conceitos associados a campos magnéticos. Entender as implicações do experimento de Öersted.
<b>Materiais necessários</b>	Datashow ou Plataforma Digital. Apresentação de slides. Computadores com acesso à internet ou com arquivo executável do PhET.

Fonte: Guimarães (2022).

### Atividades propostas

- A **Atividade 1** inicia com um **momento de revisão**, a partir da análise de um pequeno vídeo, ilustrado na Figura 1, que apresenta o experimento de Öersted. Nele, presenciamos o movimento de oscilação da agulha de uma bússola, quando uma corrente elétrica se estabelece em um fio condutor próximo a ela. Se a aula for no formato presencial, o vídeo pode ser substituído pelo experimento real.
- **Tarefa 1:** O professor solicita que os alunos descrevam, na forma de uma produção textual, a fenomenologia mostrada no vídeo. O material pode ser recolhido para posterior análise. Em seguida, o professor pode revisar as conclusões obtidas a partir do experimento de Öersted.

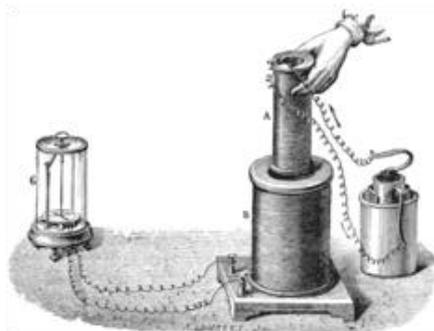
**Figura 1** – instantâneo retirado de um vídeo sobre o experimento de Öersted.



Fonte: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_y9sP9khil4](https://www.youtube.com/watch?v=_y9sP9khil4) (acesso em 16/07/2021).

- Na sequência, para reflexão e posterior elaboração de uma resposta, o professor coloca a seguinte questão problematizadora: **se corrente elétrica gera campo magnético, será que campo magnético também poderia gerar uma corrente elétrica?**
- Posta a questão, o professor faz uma breve apresentação de quem foi Michael Faraday, ressaltando que ele foi capaz de responder à tal questão utilizando alguns materiais simples: bússola, fios condutores e pilha (Figura 2). No entanto, aqui o professor não deve descrever o experimento que Faraday fez, nem as conclusões a que ele chegou. O objetivo é apresentar aos alunos os materiais utilizados e propor a Tarefa 2, em que irão reproduzir virtualmente o experimento.

**Figura 2** – Materiais utilizados por Michael Faraday em seus experimentos. (a) desenho que tenta reproduzir os objetos da forma como eram em 1831. (b) desenho que ilustra uma montagem do experimento utilizando versões mais modernas dos equipamentos.



a) Fonte:  
<https://www.pinterest.pt/pin/781233866595790800/> Acesso em 16/07/2021.



b) Fonte:  
<https://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/faraday/> Acesso em 16/07/2021.

## Conversando com o professor

Caro professor, a Atividade 2 desta aula, e mais algumas que propomos para outras aulas, serão desenvolvidas utilizando o Projeto PhET, da Universidade do Colorado (EUA). Para aqueles que ainda não conhecem, segue uma breve descrição:

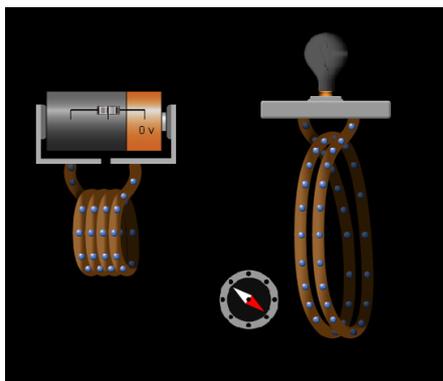
### PhET

Fundado em 2002 pelo prêmio Nobel Laureate Carl Wieman, o projeto de Simulações Interativas PhET, na Universidade do Colorado, em Boulder, oferece simulações de matemática e ciências divertidas, interativas e gratuitas. Todo o trabalho é baseado em extensas pesquisas educacionais, que incluem testes em sala de aula e entrevistas com estudantes. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas on-line ou copiadas para seu computador. Todas as simulações são de código aberto. Vários patrocinadores apoiam o projeto PhET, permitindo que estes recursos sejam livres para todos os estudantes e professores.

Para acessar as simulações, você poderá ir ao site já traduzido para o Português: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Estando ali, clique em Simulações, escolha Física, e no Menu ao lado esquerdo, selecione Eletricidade, Ímãs e Circuitos. Em seguida, descendo um pouco nos menus do lado esquerdo, encontre as opções de Compatibilidade e clique em Java. As versões em Java podem ser baixadas como um arquivo JAR executável e funcionam off-line, com melhor desempenho. No caso de nossa sequência, iremos utilizar a simulação denominada “Gerador”, cujo arquivo executável é o “generator\_pt\_BR”.

- A **Atividade 2** deverá ser realizada em duplas ou trios de alunos, utilizando a simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “transformador” (Figura 3) ([https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt_BR))
- A proposta consiste no seguinte desafio: utilizando esses materiais, encontre e descreva de quais maneiras se consegue induzir uma corrente elétrica na espira capaz de fazer a lâmpada acender (piscar). Caso esse simulador não tenha sido ainda utilizado por eles, convém explicar o que são os componentes (fios, elétrons, bateria, lâmpada e bússola).

**Figura 3** – Ilustração da simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “transformador”.



Fonte: PhET.

- **Tarefa 2:** Os grupos deverão explicar por escrito, através de uma produção textual, como fizeram e o que concluíram acerca desse experimento (em meios digitais ou papel).
- Em seguida, fazemos uma socialização oral das explicações dos grupos.
- Somente então serão apresentados pelo professor, os resultados de Faraday e suas conclusões.
- **Tarefa 3:** após a exposição do professor e com o intuito de avaliar a aprendizagem, os grupos devem refazer a produção textual mudando ou mantendo a sua argumentação anterior.
- A aula é encerrada com uma **tarefa para casa**: propor que os grupos elaborem uma resposta para o problema abaixo (texto baseado em questão do ENEM de 2018).
- *A tecnologia de comunicação da etiqueta RFID (chamada de etiqueta inteligente) é usada há anos para rastrear gado, vagões de trem, bagagem aérea e carros nos pedágios. Um modelo mais barato dessas etiquetas pode funcionar sem baterias e é constituído por três componentes: um microprocessador de silício; uma bobina de metal, feita de cobre ou de alumínio, que é enrolada em um padrão circular; e um encapsulador, que é um material de vidro ou polímero envolvendo o microprocessador e a bobina. Na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo leitor, a etiqueta transmite sinais. A distância de leitura é determinada*

*pelo tamanho da bobina e pela potência da onda de rádio emitida pelo leitor.  
Explique: como é possível que a etiqueta funcione sem pilhas?*

---

---

## Aula 2: Formulando uma expressão matemática para a tensão elétrica induzida

---

---

Quadro 3 – Objetivos, conteúdos e materiais.

<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Compreender o fenômeno de indução de tensão elétrica em um fio condutor que se move perpendicularmente a um campo magnético. Relacionar o fenômeno com a expressão matemática que o descreve.
<b>Conhecimentos prévios necessários</b>	Saber o que é necessário para a existência de uma força magnética. Saber prever a trajetória de cargas lançadas em campos magnéticos uniformes. Compreender como a força magnética se manifesta em fios retilíneos.
<b>Materiais necessários</b>	Datashow ou Plataforma Digital. Apresentação de slides.

Fonte: Guimarães (2022).

### Atividades propostas

- A **Atividade 1** desta aula será retomar a **tarefa de casa**, pedindo que os representantes dos grupos exponham suas respostas e argumentações para o problema.
- **Tarefa 1:** os grupos, após as apresentações, entregarão as respostas formuladas, para posterior análise.
- Apresentar a questão original e discutir qual das alternativas respondia corretamente à questão (slide 9 do Anexo I).

(Enem 2018) A tecnologia de comunicação da etiqueta RFID (chamada de etiqueta inteligente) é usada há anos para rastrear gado, vagões de trem, bagagem aérea e carros nos pedágios. Um modelo mais barato dessas etiquetas pode funcionar sem baterias e é constituído por três componentes: um microprocessador de silício; uma bobina de metal, feita de cobre ou de alumínio, que é enrolada em um padrão circular; e um encapsulador, que é um material de vidro ou polímero envolvendo o microprocessador e a bobina. Na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo leitor, a etiqueta transmite sinais. A distância de leitura é determinada pelo tamanho da bobina e pela potência da onda de rádio emitida pelo leitor.

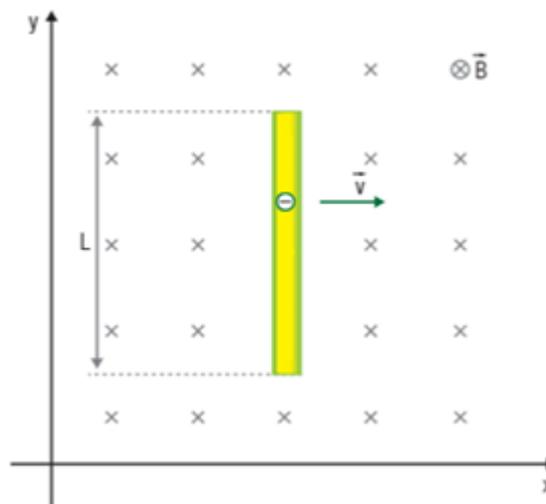
Disponível em: <http://eleletronicos.hsw.uol.com.br>. Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado).

A etiqueta funciona sem pilhas porque o campo

- Ⓐ elétrico da onda de rádio agita elétrons da bobina.
- Ⓑ elétrico da onda de rádio cria uma tensão na bobina.
- Ⓒ magnético da onda de rádio induz corrente na bobina.
- Ⓓ magnético da onda de rádio aquece os fios da bobina.
- Ⓔ magnético da onda de rádio diminui a ressonância no interior da bobina.

- Dando continuidade à aula, vamos para a Atividade 2, onde nos propomos a entender o que está por trás do fenômeno da Indução eletromagnética. Para isso, começaremos a ativar os conhecimentos prévios necessários. Diante da imagem de um fio condutor movendo-se em um campo magnético, o professor pode formular algumas questões orientadoras, visando estimular o debate em relação a situação colocada na figura:

**Figura 4** – Fio condutor de comprimento  $L$ , se movendo com velocidade  $\vec{v}$ , em um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ .



Fonte: adaptado de Dal Moro (2016).

- O que caracteriza um condutor elétrico?
- O que ocorre com cargas elétricas que se movem em campos magnéticos uniformes?
- O que a força magnética irá provocar?

- Se o fio estiver em repouso no campo magnético, a força magnética também se manifesta?
  - Após certo tempo, como as cargas elétricas (+ e -) estarão distribuídas ao longo do fio?
  - Pede-se aos alunos que representem essa distribuição através de um desenho.
- À medida que os alunos vão respondendo, o professor pode ir desenhando a força magnética e a separação de cargas que ocorre no interior do fio.
  - Seguimos com mais perguntas:
    - Você associa essa distribuição de cargas com algum dispositivo elétrico já conhecido? (Geradores/baterias/pilhas).
    - O que esses dispositivos têm em comum? (DDP ou força eletromotriz ( $\epsilon$ )).
  - Ao final, concluímos que o movimento do fio condutor perpendicularmente ao campo magnético faz com que ele fique submetido a uma força magnética que empurra os elétrons para uma das extremidades, gerando DDP ( $\epsilon$ ) e campo elétrico (fenômeno conhecido como efeito Hall).

### **Conversando com o professor**

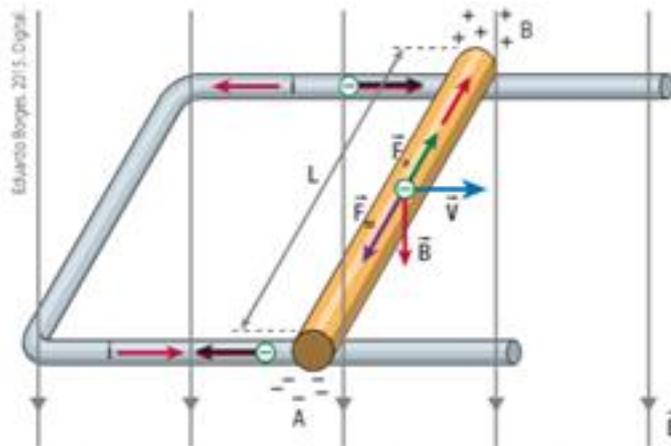
Caro professor, ao final da discussão acima mencionada, pode ser proposta a Tarefa 2, como aprofundamento. Caso julgue conveniente, você poderá ir direto à atividade 3.

- **Tarefa 2:** cada grupo com seus pares deverá construir uma possível expressão matemática que possa representar a DDP em função dos fatores que a determinam.
- **Atividade 3:** o professor, de uma forma dialogada, conclui a discussão, escrevendo a equação matemática que relaciona a tensão induzida ( $\epsilon$ ) ao

comprimento do fio ( $L$ ), à sua velocidade através do campo magnético ( $v$ ) e à intensidade do campo magnético ( $B$ ), isto é:  $\varepsilon \approx L \cdot v \cdot B$

Finalizamos a aula com o professor demonstrando que quando se conecta outro condutor àquele onde a DDP foi estabelecida, um circuito é fechado e passa a haver corrente elétrica. Ou seja, o 1º condutor se comporta como um gerador, induzindo o movimento ordenado dos elétrons no outro condutor (Figura 5).

**Figura 5** – O efeito Hall permite o surgimento de uma corrente elétrica  $i$  em um circuito fechado.



Fonte: adaptado de Dal Moro (2016).

---

---

### Aula 3: Lei de Faraday-Neumann

---

---

Esta aula apresenta um grau maior de complexidade e nela são propostas diversas tarefas, com o objetivo de ajudar os alunos a organizar suas ideias; havendo interesse, podem ser recolhidas para avaliação do professor.

Quadro 4 – Objetivos, conteúdos e materiais.

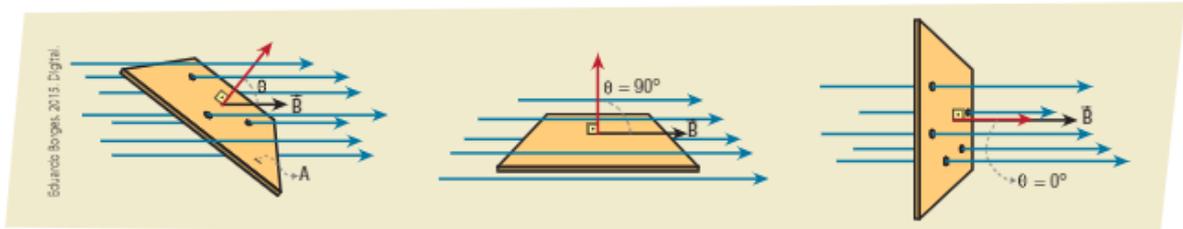
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Compreender o que é o fluxo de um campo vetorial e sua dependência com o ângulo de incidência em uma superfície. Relacionar o fenômeno da indução de tensão elétrica com a variação do fluxo magnético no circuito. Relacionar a Lei de Faraday-Neumann com a expressão matemática que a descreve.
<b>Conhecimentos prévios necessários</b>	Compreensão do fenômeno de indução de tensão elétrica em um fio condutor que se move perpendicularmente a um campo magnético. Saber relacionar o fenômeno com a expressão matemática que o descreve.
<b>Materiais necessários</b>	Datashow ou Plataforma Digital. Apresentação de slides. Lápis e papel.

Fonte: Guimarães (2022).

### Atividades propostas

- **Atividade 1:** A aula inicia com a definição de fluxo de um campo vetorial, informando que esta quantidade está associada ao número de linhas de força de um determinado campo vetorial, por unidade de área e por unidade de tempo, que atravessa uma certa superfície. Aqui o professor pode lembrar alguns campos vetoriais já conhecidos dos alunos, por exemplo, campo gravitacional, campo elétrico e campo magnético. Com o apoio da Figura 6, pode-se iniciar a discussão, revisando como definimos ângulos de incidência de vetores em planos e propondo em seguida a Tarefa 1.

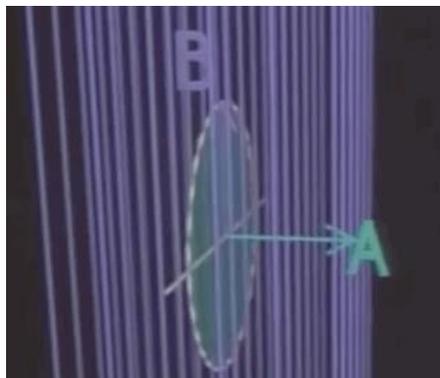
**Figura 6** – Fluxo de um campo vetorial  $\vec{B}$ , atravessando o plano A.



Fonte: Dal Moro, 2016.

- **Tarefa 1:** Observando a Figura 6, descrevam na forma de um pequeno texto para que ângulo de incidência (formado com a normal ao plano) o fluxo de vetores é máximo/mínimo?
- **Após** receber as respostas, o professor enfatiza que o fluxo será máximo numa incidência normal, com  $\theta = 0^\circ$ , e que diminuí e vai a zero quando  $\theta = +90^\circ$  ou  $-90^\circ$ . A partir desta informação, se coloca a seguinte questão: *que função trigonométrica descreve esse comportamento?* Então ajuda a lembrar que a função cosseno tem valor máximo em  $\theta = 0^\circ$  e valor mínimo em  $\theta = 90^\circ$  ou  $-90^\circ$ .
- Concluimos dizendo que a quantidade de linhas de força que cruzam a superfície do plano de área A, definem o fluxo  $\phi$  de campo magnético através dele. Em seguida, com a ajuda de um gif animado (Figura 7), o professor inicia a discussão acerca de quais fatores determinam o valor do fluxo de campo magnético através do plano em questão, e pedir a Tarefa 2.

**Figura 7** – Ilustração de fluxo magnético variando em função da rotação do plano A.



Fonte: <https://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/relatividade-restrita/lei-de-faraday/fluxo-magnetico-2/>; acesso em 16/07/21).

- **Tarefa 2:** é proposto aos grupos o seguinte desafio: enumerar os parâmetros relacionados ao plano A e ao campo vetorial magnético, que serão relevantes na determinação do fluxo de campo magnético através do plano. Esperamos aqui que os grupos mencionem que tais parâmetros sejam a área A do plano e a intensidade B do campo magnético. É possível que o papel do ângulo de incidência não apareça explicitamente neste primeiro momento. Se for o caso, o professor deverá provocar mais discussões em torno da situação.

### Conversando com o professor

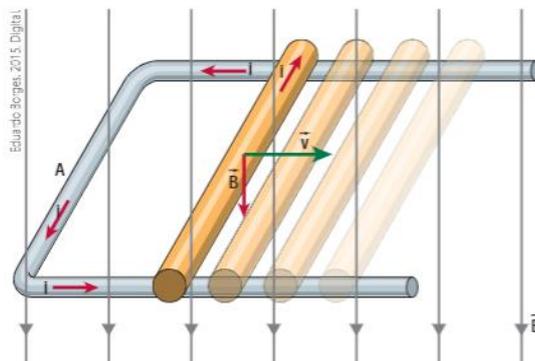
Prezado professor, aqui propomos a Tarefa 3, com o seguinte **desafio, como mais um aprofundamento:**

- **Tarefa 3:** como os grupos representariam na forma de uma equação matemática uma expressão para o fluxo magnético  $\Phi$ ? O material é recolhido para posterior análise e em seguida o professor formaliza explicando que a resposta correta deveria envolver os parâmetros A, B e  $\cos \theta$ , na forma de um produto:  
$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta.$$

Caso julgue conveniente, o professor pode apresentar diretamente e justificar a expressão matemática para o fluxo magnético, no caso:  $\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$ .

- **Atividade 2:** Agora que definimos o conceito de fluxo de um campo vetorial, e que já escrevemos uma expressão para o fluxo do campo magnético, podemos retomar à situação do movimento de um fio condutor sobre um circuito em forma de “U”, imersos em um campo.

**Figura 8** – Movimento de um fio condutor sobre um circuito em forma de U, ambos imersos em um campo magnético.



Fonte: Dal Moro, 2016.

- **Tarefa 4:** a partir desta figura o professor pode solicitar aos grupos que respondam às seguintes questões:

- 1) Com o fio em repouso não ocorre nenhuma tensão induzida no circuito. Neste caso, como ficaria a expressão do fluxo de campo magnético através da área delimitada pelo circuito em U? Este fluxo é constante ou variável?
- 2) Quando o fio se move com velocidade  $v$ , aparece agora uma tensão induzida  $\varepsilon$  no circuito. Neste caso discuta o que acontece com a intensidade  $B$  do campo que atravessa a área do circuito e com a própria área  $A$  do circuito. Em termos do fluxo do campo magnético, como você compara com aquele correspondente à pergunta 1?

Aqui esperamos que os grupos concluam que na primeira situação a área  $A$  e a intensidade do campo  $B$  são constantes e, portanto, o fluxo de campo magnético  $\phi = AB$ , também será constante. Neste caso a tensão induzida no circuito  $\varepsilon = 0$ . Na segunda situação a intensidade do campo  $B$ , permanece constante, mas a área  $A$  varia (aumente ou diminui). Assim o movimento implica numa variação da área  $\Delta A$ , levando a uma variação  $\Delta \phi$ , do fluxo do campo magnético através do circuito. Como esta é a única diferença entre as situações 1 e 2, então esperamos que os grupos atribuam a esta variação, o surgimento da tensão induzida  $\varepsilon$  diferente de zero no circuito.

- Para finalizar a aula, o professor pode formalizar explicando que o surgimento da tensão no fio condutor está associado à variação do fluxo magnético que atravessa o circuito. Assim, podemos matematizar, escrevendo a tensão induzida  $\varepsilon$  como

função da variação do fluxo magnético cruzando o circuito no decorrer do tempo, que é a expressão matemática da Lei de Faraday-Neumann.

$$\varepsilon \approx \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \approx \frac{\Delta(B \cdot A \cdot \cos\theta)}{\Delta t}$$

- Como **aprofundamento**, pode-se relacionar a expressão da Lei de Faraday-Neumann com aquela obtida na aula anterior, que associava a tensão induzida ao comprimento e velocidade do fio condutor, e intensidade do campo magnético. No fundo, são a mesma coisa, e é importante fazer essa demonstração.

$$\varepsilon \approx L \cdot v \cdot B$$

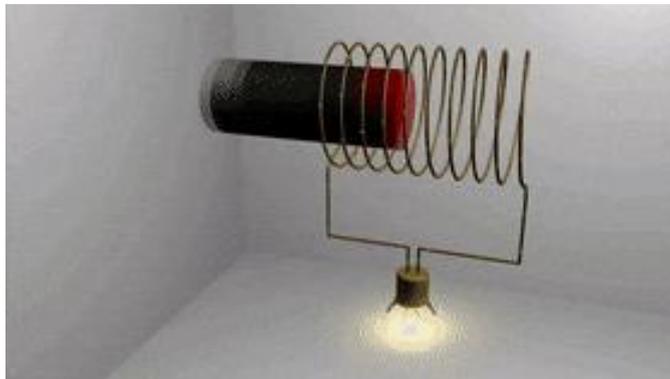
$$\varepsilon \approx L \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot B \approx \frac{\Delta A \cdot B}{\Delta t}$$

Em que “A” é a área do circuito.

$$\varepsilon \approx \frac{\Delta A \cdot B}{\Delta t} \approx \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- **Tarefa de casa:** a partir da análise de um “gif animado” (Figura 9) mostrando o movimento relativo entre um ímã e uma bobina, com o surgimento de corrente elétrica capaz de acender uma lâmpada ligada à bobina. Os alunos devem produzir um texto individual descrevendo o fenômeno e explicando por que ele ocorre.

**Figura 9** – Movimento relativo entre um ímã e uma bobina.



Fonte: <https://gfycat.com/terrificoptimalchevrotain>.

---

---

## Aula 4: Lei de Lenz

---

---

Agora que já construímos a forma geral da chamada lei da indução de Faraday-Neumann, vamos discutir a origem do sinal negativo que aparece na clássica equação de Maxwell, que ficou conhecido como Lei de Lenz.

Quadro 5 – Objetivos, conteúdos e materiais.

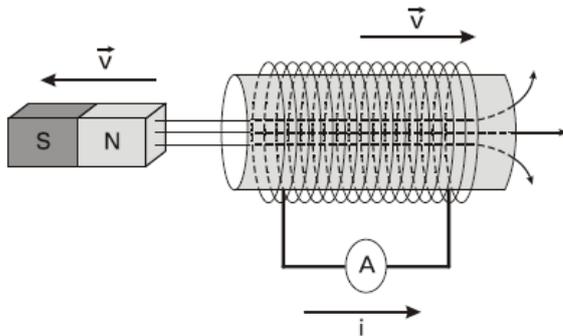
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Compreender o significado da lei de Lenz. Conseguir resolver problemas envolvendo esta lei.
<b>Conhecimentos prévios necessários</b>	Saber relacionar o fenômeno da indução de tensão elétrica com a variação do fluxo magnético no circuito.
<b>Materiais necessários</b>	Datashow ou Plataforma Digital. Apresentação de slides. Computadores com acesso à internet ou com arquivo executável do PhET. Lápis e papel.

Fonte: Guimarães (2022).

### Atividades propostas

- **Atividade 1:** Iniciamos a aula, apresentando a questão do ENEM de 2014, conforme a figura abaixo.

(Enem 2014) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. 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 ilustrado na figura.

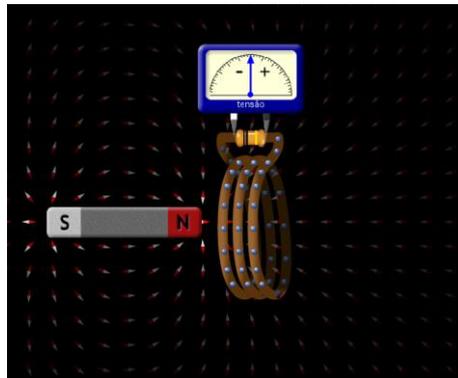


A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

- Ⓐ esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- Ⓑ direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- Ⓒ esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- Ⓓ direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- Ⓔ esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

- Em seguida, o professor propõe o seguinte **desafio** aos grupos: qual será a relação entre o sentido da corrente elétrica induzida na bobina e o movimento de aproximação ou afastamento relativo entre ímã e bobina? Neste momento, fica claro que ainda não sabemos como resolver a questão, mas ela servirá de base para despertar a curiosidade e introduzir a Lei de Lenz.
- **Tarefa1:** deverá ser realizada em duplas ou trios, utilizando a simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “solenoide”. ([https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt_BR)) Proposta: verificar a relação existente entre os movimentos relativos de aproximação / afastamento entre ímã e bobina, e o sentido da corrente elétrica que se estabelece no condutor. Os grupos deverão partilhar suas conclusões oralmente e por escrito, e o material produzido pelos grupos pode ser recolhido para análise posterior.

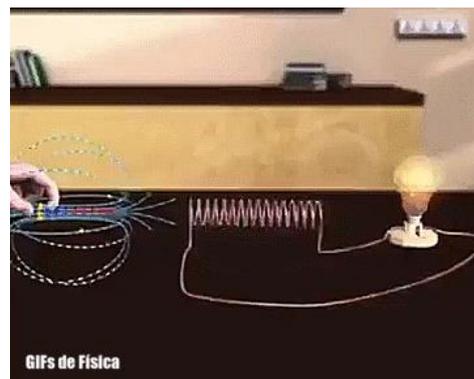
**Figura 10** – Ilustração da simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “solenóide”.



Fonte: PhET.

- A seguir, na **Atividade 2**, apresentamos a Lei de Lenz. Para apoiar a explicação, podemos utilizar uma figura ou um gif animado, como o apresentado na Figura 11, mostrando que para compensar a variação do fluxo magnético que afeta a espira (com a aproximação ou afastamento do ímã) surge nela um campo magnético oposto. Neste momento, introduzimos o sinal de menos na Lei de Faraday-Neumann, explicando que a corrente induzida é uma reação de oposição à variação do fluxo magnético externo:  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

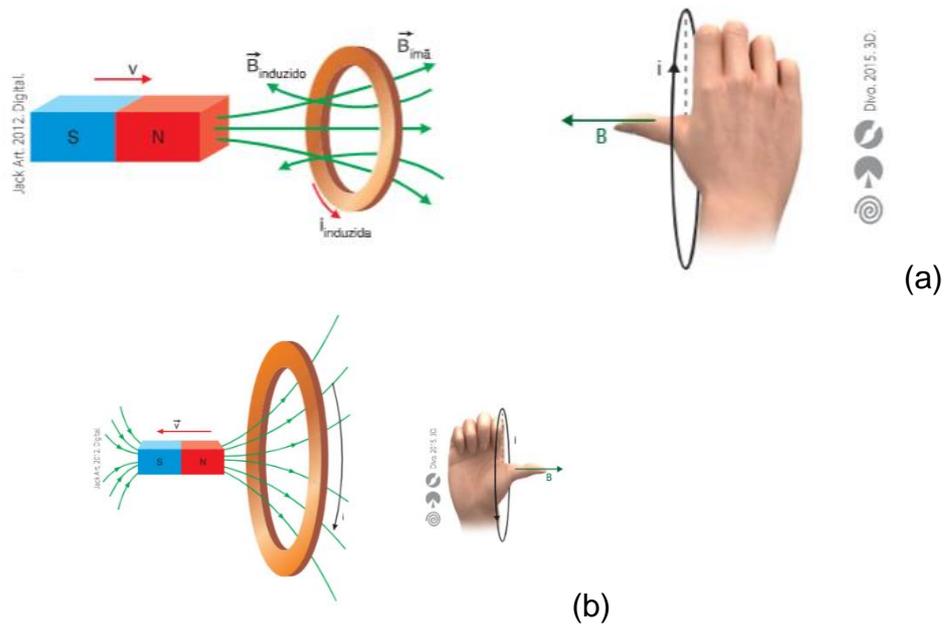
**Figura 11** – Experimento ilustrativo para a Lei de Lenz.



Fonte: <https://gifsdefisica.tumblr.com/post/181866625321/indu%C3%A7%C3%A3o-de-faraday-lenz>; acesso em 16/07/2021.

- Dando continuidade ao estudo da Lei de Lenz, podemos fazer alguns exercícios oralmente, analisando tanto a situação de aproximação quanto de afastamento de um ímã em relação a uma espira (Figura 12).

**Figura 12** – Ímã se aproximando da espira (a) e ímã se afastando da espira (b).



Fonte: Dal Moro, 2016.

- Por fim, voltamos à questão do ENEM apresentada no início da aula e propomos como **Tarefa 2**, a resolução da questão em duplas ou trios, escrevendo uma justificativa para a escolha da resposta; o professor poderá recolher a resolução proposta pelos grupos, para posterior análise.
- Após todos entregarem a Tarefa 2, discutimos a resolução todos juntos.

## Aula 5: Leis de indução de Faraday-Neumann e Lenz – Primeiras Aplicações

Consolidadas as leis da indução de Faraday-Neumann e a lei de Lenz, vamos agora apresentar alguns dispositivos tecnológicos cujo funcionamento está fundamentado nos princípios físicos estabelecidos por estas leis.

Quadro 6 – Objetivos, conteúdos e materiais.

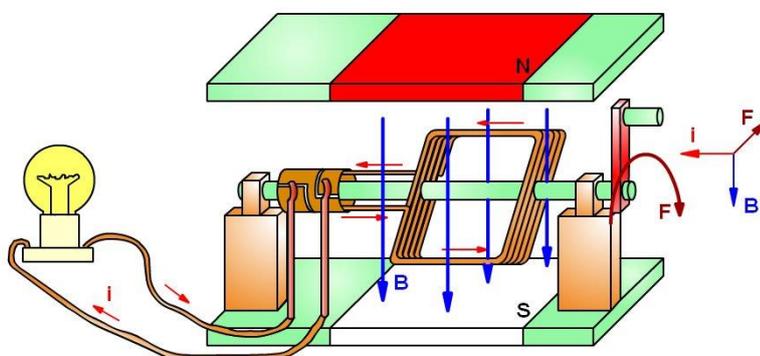
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Compreender os princípios de funcionamento de um dínamo; compreender o funcionamento e a necessidade de se utilizar transformadores.
<b>Conhecimentos prévios necessários</b>	Compreensão das leis de Faraday-Neumann e de Lenz.
<b>Materiais necessários</b>	Datashow ou Plataforma Digital; Apresentação de slides; Computadores com acesso à internet ou com arquivo executável do PhET.

Fonte: Guimarães (2022).

### Atividades propostas

- **Atividade 1:** Apresentar um desenho esquemático de um dínamo (Figura 13), indicando os elementos ali representados (ímãs, espira, manivela, fios condutores e lâmpada) e discutir oralmente as transformações de energia envolvidas, resgatando as conclusões de aulas anteriores.

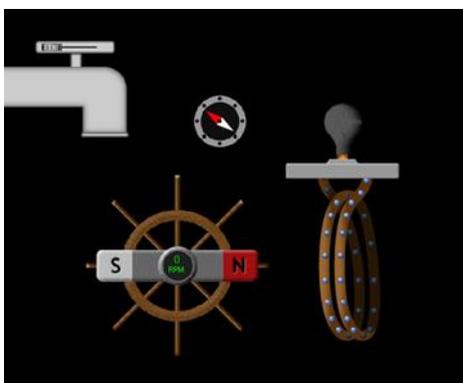
Figura 13 – Esquema de um dínamo.



Fonte: <http://joelprojetos.pbworks.com/w/page/82233886/dinamo>; acesso em 16/07/21.

- **Tarefa 1:** Propor a utilização da simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “gerador” (Figura 14, disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt_BR)). Orientar aos grupos que modifiquem os parâmetros (intensidade do ímã, vazão da água, número e área das espiras), analisando o que ocorre. Pedir que descrevam por escrito os processos de transformação de energia necessários para haver a indução de corrente elétrica na espira. Chamar atenção ao fato da corrente gerada ser alternada. Receber as respostas através de meios digitais ou papel.

**Figura 14** - Ilustração da simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “gerador”.



Fonte: PhET.

- **Atividade 2:** Apresentar imagens de linhas de transmissão e de transformadores, como na Figura 15, e perguntar: alguém sabe para que serve isso? Verificar o conhecimento prévio a respeito.

**Figura 15** – imagens de linhas de transmissão e transformadores.



Disponível em:  
<https://energiainteligenteufjf.com.br/como-funciona/transmissao-de-energia-eletrica/>

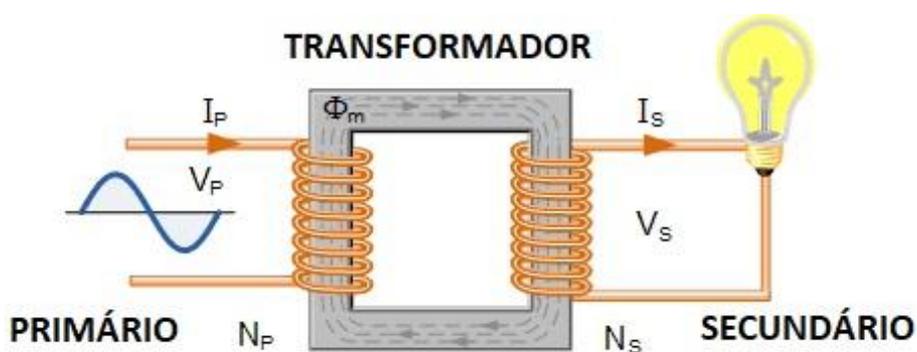


Disponível em:  
<https://www.tricurioso.com/2019/02/25/para-que-serve-o-transformador-de-energia-eletrica/>  
 Acesso em 16/07/21

- Em seguida, apresentamos um vídeo sobre transformadores (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GOBV4MMO0io&t=9s> acesso em 17/07/21).
- Finalizar a aula com uma discussão e conclusão sobre linhas de transmissão e transformadores, apresentando a Figura 16, resumindo a relação entre tensão elétrica (U), número de espiras (N) e correntes elétricas (i), nos enrolamentos Primário (P) e Secundário (S).

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{i_s}{i_p}$$

**Figura 16** – Esquema de um transformador.



Fonte: <https://aprendendoeletrica.com/o-que-e-um-transformador-e-como-funciona/> - acesso em 17/07/21.

---

---

## Aulas 6 e 7: Apresentação de Seminários

---

---

Após 5 aulas discutindo detalhadamente a lei da indução eletromagnética e algumas de suas aplicações, nessas duas aulas, teremos a oportunidade de verificar o desempenho dos alunos em relação à habilidade EM13CNT106 prevista na BNCC de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (*Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais*). Esperamos que os alunos tenham incorporado os conceitos relativos à lei da indução de Faraday-Neumann de forma significativa, pois o desenvolvimento das próximas atividades exige uma certa autonomia, que deve estar amparada na solidez destes conhecimentos.

Quadro 7 – Objetivos, conteúdos e materiais.

<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Associar as aplicações das leis da Indução eletromagnética na geração de energia elétrica com seus impactos socioambientais.
<b>Conhecimentos prévios necessários</b>	Compreensão das leis de Faraday-Neumann e de Lenz ; Compreensão dos conceitos de: trabalho, energia, potência e rendimento.
<b>Materiais necessários</b>	Datashow ou Plataforma Digital; Apresentação de slides;

Fonte: Guimarães (2022).

### Atividade proposta

As turmas deverão ser divididas em 4 grupos e cada um ficará responsável por preparar um seminário sobre uma modalidade de usina geradora de energia elétrica, que utiliza o princípio da indução eletromagnética: hidrelétricas, eólicas, termelétricas que utilizam combustíveis fósseis, e termelétricas que utilizam combustíveis nucleares. Tempo previsto: de 10 a 15 minutos por grupo.

## Conversando com o professor

Prezado professor, vale à pena indicar aos alunos sugestões de bons materiais para pesquisa. Assim, evitamos que peguem informações de um site qualquer. Seguem algumas sugestões, extraídas do trabalho desenvolvido por Cardoso (2017).

- BRASIL. Programa Nuclear Brasileiro (PNB). Programa Nuclear Brasileiro: Informações Gerais. 2010. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/acnen/pnb/Palestra1-ProgramaNuclear-Brasileiro.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2016.
- GONÇALVES, Odair Dias, ALMEIDA, Ivan Pedro S. de. A energia nuclear. Rev. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v.37, n.220, p 36-44, 2005.
- MELO, Elbia. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. Estud. av., São Paulo, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013. Disponível em: Acesso em: 08/05/2016
- Brasil um potencial gigante de produção de energia eólica. Portal ABEEólica, 2016. Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/artigos/2478-brasil-um-potencial-gigante-de-produ%C3%A7%C3%A3o-de-energia-e%C3%B3lica.html>. Acesso em 23 nov. 2016.
- O que é energia eólica? Entenda como turbinas geram energia elétrica a partir dos ventos. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/2899-o-que-e-energia-eolica-entenda-como-funciona-turbinas-geram-eletricidadeventos-vantagens-desvantagens-usina-parque-renovavel-limpa.html>. Acesso em: 15/04/2017.
- TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. Estud. av., São Paulo, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012. Disponível em: 48. Acesso em 12 nov. 2016.
- \_\_\_\_\_. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

- \_\_\_\_\_. Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord). – EPE: Rio de Janeiro, 2016
  
- **Tarefa:** cada grupo será orientado a pesquisar nas fontes sugeridas pelo professor e apresentar um seminário explicando o funcionamento de um tipo de usina. Os grupos deverão entregar o material usado em sua apresentação para posterior análise do professor. No seminário deverão ser abordados os seguintes tópicos:
  - As transformações de energia que ocorrem até a geração de energia elétrica;
  - Em que parte do processo se verifica a indução eletromagnética;
  - Eficiência energética da usina;
  - Relação custo/benefício;
  - Produção de resíduos;
  - Impactos socioambientais.

---

---

## Aula 8: Resolução de problemas (*Quiz On Line*)

---

---

Ao longo de toda a sequência didática procuramos utilizar as metodologias de ensino ativas, sugeridas pelos alunos. Dentre elas, aquela que eles apontaram como a favorita, foi o *Quiz On Line*. Assim, para fechar essa sequência de aulas, e buscando também atender à preocupação deles com o ENEM e outros vestibulares, adaptamos algumas questões do ENEM, FUVEST, UNEMAT e UFMG para compor o *Quiz*.

Quadro 8 – Objetivos, conteúdos e materiais.

<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Avaliar o desempenho dos alunos na resolução de questões sobre Indução eletromagnética, da forma como costumam ser cobradas no ENEM e outros vestibulares.
<b>Conhecimentos prévios necessários</b>	Compreensão das leis de Faraday-Neumann e de Lenz.
<b>Materiais necessários</b>	Datashow ou Plataforma Digital; Computadores ou <i>smartphones</i> com acesso à internet.

Fonte: Guimarães (2022).

### Conversando com o professor

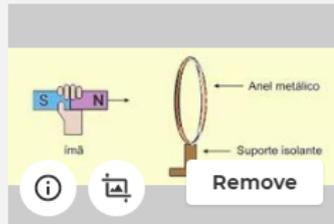
Caro professor, o Quiz foi montado através do site do Kahoot, que é um recurso digital pedagógico com o qual podemos criar testes de múltipla escolha em diversos formatos. Para iniciar, é necessário preencher um cadastro e criar uma conta através do site: <https://create.kahoot.it/auth/login>. Há uma versão gratuita que oferece muitos recursos e foi essa que utilizei. A Trinità Educativa elaborou um guia com informações e dicas de como utilizar o Kahoot, disponível no endereço: <https://porvir-prod.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2021/01/08175953/GUIA-PARA-UTILIZAR-O-KAHOOT.pdf>.

Esse *Quiz* pode ser jogado de forma presencial, em uma sala de informática ou utilizando *smartphones* com acesso à internet. Também pode ser agendado e realizado de forma remota, em um dia e horário pré-definidos. Quando feito de forma presencial, os alunos formam duplas ou trios para jogar e discutimos cada questão, assim que eles respondem. Quando realizado no ensino remoto, os alunos recebem

o link e respondem individualmente todas as questões; em seguida fazemos a correção, discutindo cada uma. Montei o Quiz, com 7 questões, apresentadas a seguir, e permitido um tempo máximo de 4 minutos para responder a cada uma.

### Questão 1

Um ímã está próximo a uma espira circular. Para que comece a haver corrente elétrica percorrendo a espira, devemos:



▲ Posicionar o ímã no centro da espira.

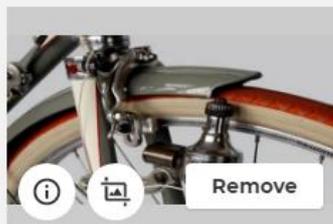
◆ Movimentar o ímã próximo à espira.

● Posicionar o ímã perpendicularmente ao diâmetro da espira.

■ Posicionar o ímã paralelamente ao diâmetro da espira.

### Questão 2 – adaptada do ENEM - MEC

Ao acoplar um dínamo ao pneu de uma bike, é gerada corrente elétrica a partir do movimento do pneu. Isso ocorre pois



▲ corrente elétrica no circuito fechado gera campo magnético nessa região.

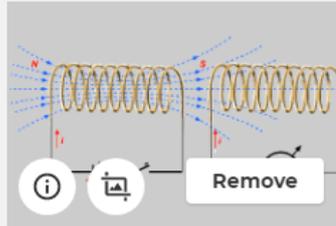
◆ bobina em circuito fechado no campo magnético gera corrente elétrica.

● corrente é gerada em circuito fechado se há variação do campo magnético.

■ bobina em atrito com campo magnético gera corrente elétrica.

### Questão 3

Na figura a seguir, a corrente elétrica induzida na bobina será:



▲ inversamente proporcional à intensidade do fluxo magnético;



◆ proporcional à intensidade do fluxo magnético;



● tanto maior quanto maior for a resistência da bobina;

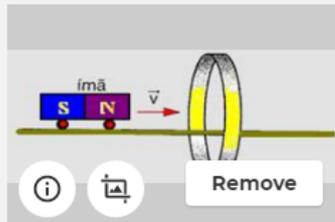


■ nula, quando o fluxo magnético que atravessa a bobina for constante;



### Questão 4 – adaptada da FUVEST - SP

Um ímã move-se com velocidade constante em um trilho. Envolvendo o trilho há uma espira. A corrente elétrica na espira



▲ existe somente quando o ímã se aproxima da esfera;



◆ existe somente quando o ímã está dentro da espira;



● existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.

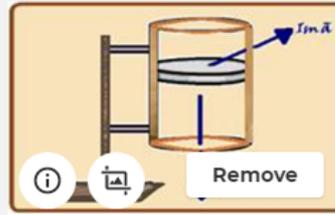


■ existe somente quando ímã se afasta da espira;



Questão 5 – adaptada da UNEMAT - MT

A figura mostra um ímã caindo dentro de um tubo. De acordo com o experimento, assinale a alternativa correta.



▲ A velocidade do ímã aumenta se o tubo for de ferro.



◆ O ímã cai mais rapidamente se o tubo for de plástico, ao invés de alumínio.



● O tempo de queda do ímã é o mesmo se o tubo for de ferro ou alumínio.

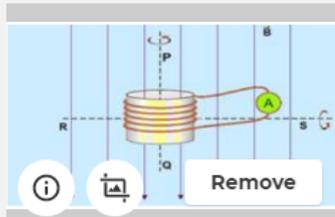


■ Se o ímã cai dentro do tubo de plástico, há uma corrente induzida no tubo.



Questão 6 – adaptada da UFMG - MG

A figura mostra uma bobina condutora imersa em um campo magnético. O amperímetro acusará corrente elétrica se a bobina



▲ for deslocada horizontalmente com eixo paralelo ao campo magnético.



◆ for deslocada verticalmente, com seu eixo paralelo ao campo magnético.



● for girada em torno do eixo PQ.

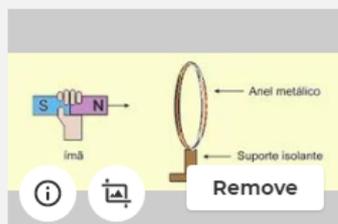


■ for girada em torno da direção RS.



Questão 7 – adaptada da FUVEST – SP

Aproxima-se um ímã de um anel metálico fixo em um suporte isolante (vide figura).  
O movimento do ímã, em direção ao anel



▲ produz corrente alternada no anel.



◆ faz com que o polo sul do ímã vire polo norte e vice-versa.



● produz corrente elétrica no anel, causando atração entre anel e ímã.



■ produz corrente elétrica no anel, causando repulsão entre anel e ímã.







## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta Sequência Didática, após avaliada e com as recomendações propostas pela banca, foi desenvolvida na escola piloto onde desempenho minhas atividades. Esperamos que as atividades previstas nesta sequência didática e as estratégias propostas na composição das mesmas, sejam efetivas, cumprindo, de modo satisfatório, os objetivos de ensino e de pesquisa previstos no trabalho.



## **ANEXO I: TAREFAS SOLICITADAS EM CADA AULA**

### **Aula 1: Discutindo tensão e corrente induzida num circuito elétrico**

#### **Tarefa 1 – em grupos**

Descrevam na forma de uma produção textual a fenomenologia mostrada na animação (bússola na presença de corrente elétrica).

#### **Tarefa 2 – em grupos**

Utilizando os materiais disponíveis na simulação do PhET Gerador, na modalidade Transformador

([https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt_BR)), encontrem e descrevam de quais maneiras se consegue induzir uma corrente elétrica na espira capaz de fazer a lâmpada acender (pisca). Expliquem através de uma produção textual, como fizeram e o que concluíram acerca desse experimento.

#### **Tarefa 3 – em grupos**

Refazer a produção textual da tarefa 2, após a explicação do Professor, mudando ou mantendo a sua argumentação anterior.

#### **Tarefa para casa – em grupos**

Elaborem uma resposta para o seguinte problema (entregar na próxima aula):

*A tecnologia de comunicação da etiqueta RFID (chamada de etiqueta inteligente) é usada há anos para rastrear gado, vagões de trem, bagagem aérea e carros nos pedágios. Um modelo mais barato dessas etiquetas pode funcionar sem baterias e é constituído por três componentes: um microprocessador de silício; uma bobina de metal, feita de cobre ou de alumínio, que é enrolada em um padrão circular; e um encapsulador, que é um material de vidro ou polímero envolvendo o microprocessador*

e a bobina. Na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo leitor, a etiqueta transmite sinais. A distância de leitura é determinada pelo tamanho da bobina e pela potência da onda de rádio emitida pelo leitor. Explique: como é possível que a etiqueta funcione sem pilhas?

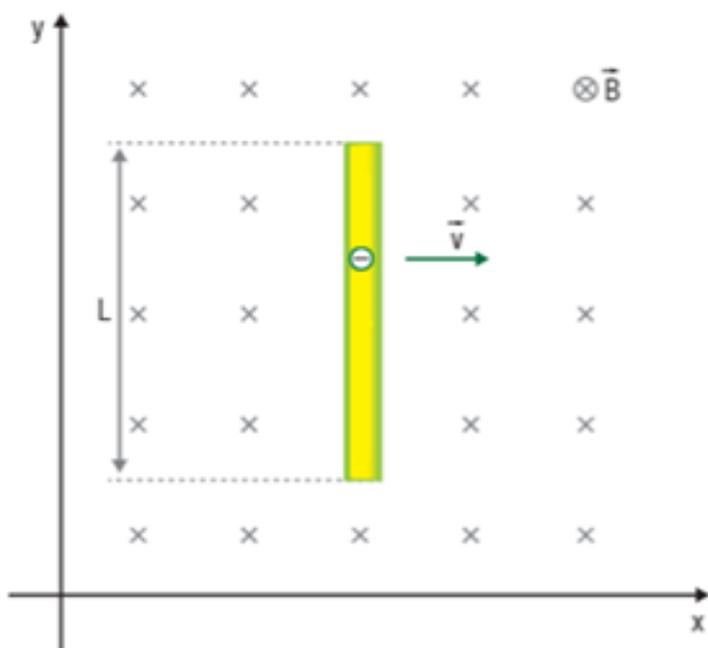
## Aula 2: Matematizando uma expressão para a tensão elétrica induzida

### Tarefa 1 – em grupos

Após exposição oral, entregar a Tarefa de casa, proposta na aula anterior.

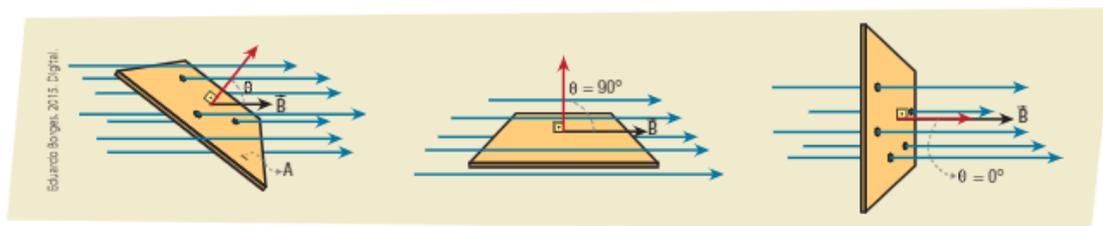
### Tarefa 2 – em grupos

Construir uma possível expressão matemática que possa representar a DDP induzida quando um fio conductor de comprimento  $L$  cruza as linhas de força de um campo magnético de intensidade  $B$ , com velocidade  $v$ , conforme ilustrado na figura a seguir.



### Aula 3: Lei de Faraday-Neumann

#### Tarefa 1 – em grupos



Observando a ilustração acima, descrevam na forma de um pequeno texto para que ângulo de incidência (formado com a normal ao plano) o fluxo de vetores é máximo/mínimo? Que função trigonométrica descreve esse comportamento?

#### Tarefa 2 – em grupos

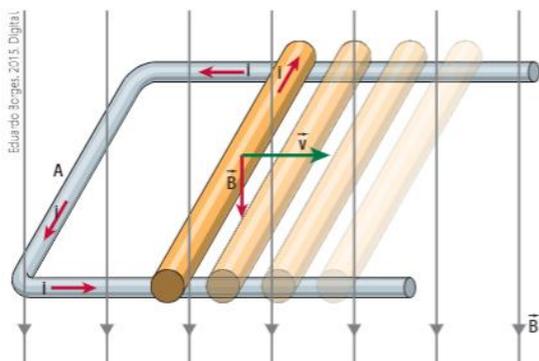
Desafio: enumerem os parâmetros relacionados ao plano A e ao campo vetorial magnético, que serão relevantes na determinação do fluxo de campo magnético através do mesmo.

#### Tarefa 3 – em grupos

Desafio: como representariam na forma de uma equação matemática uma expressão para o fluxo magnético  $\phi$ ?

#### Tarefa 4 – em grupos

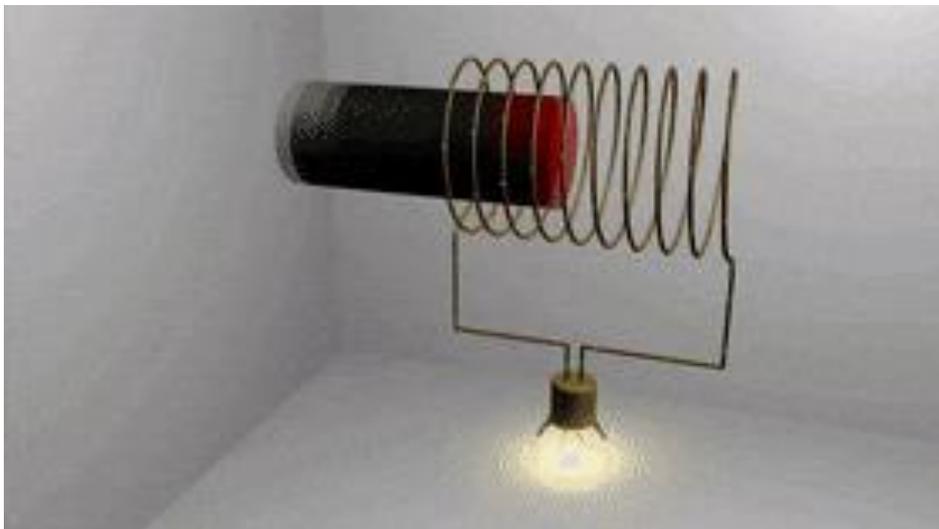
A partir da imagem a seguir, respondam as seguintes questões:



- 1- Com o fio em repouso não ocorre nenhuma tensão induzida no circuito. Neste caso, como ficaria a expressão do fluxo de campo magnético através da área delimitada pelo circuito em U? Este fluxo é constante ou variável?
- 2- Quando o fio se move com velocidade  $v$ , aparece agora uma tensão induzida  $\varepsilon$  no circuito. Neste caso discuta o que acontece com a intensidade  $B$  do campo que atravessa a área do circuito e com a própria área  $A$  do circuito. Em termos do fluxo do campo magnético, como você compara com aquele correspondente a pergunta 1?

### **Tarefa de casa - individual**

A partir da análise do “gif animado” mostrando o movimento relativo entre ímã e bobina, e o surgimento de corrente elétrica capaz de acender uma lâmpada ligada à bobina, elabore um texto individual descrevendo o fenômeno e explicando por que ele ocorre. Deverá ser entregue no início da próxima aula.



## Aula 4: Lei de Lens

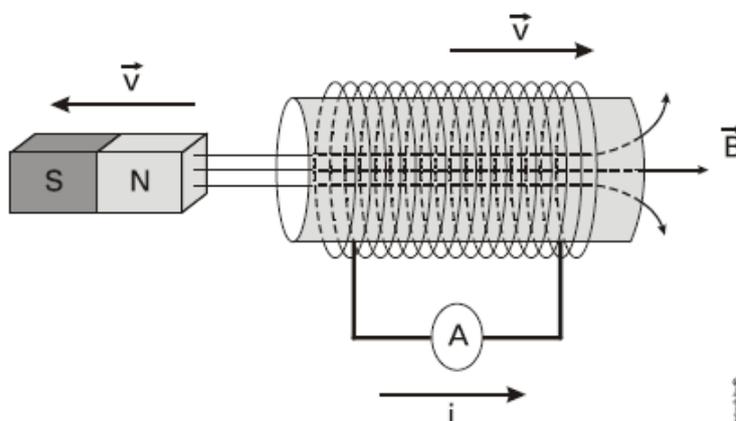
### Tarefa 1 – em grupos

Utilizando a simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “solenóide”. ([https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt_BR)) verificar a relação existente entre os movimentos relativos de aproximação / afastamento entre ímã e bobina, e o sentido da corrente elétrica que se estabelece no condutor. Os grupos deverão partilhar suas conclusões oralmente e por escrito.

### Tarefa 2 – em grupos

Resolver a questão, justificando a resposta.

(Enem 2014) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. 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 ilustrado 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

- 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.
- E esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

## Aula 5: Leis de indução de Faraday-Neumann e Lens

### Primeiras Aplicações

**Tarefa** – em grupos:

Utilizar a simulação do PhET “Gerador”, na modalidade “gerador” ([https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=generator&locale=pt_BR))

Modifiquem os parâmetros (intensidade do ímã, vazão da água, número e área das espiras), analisando o que ocorre.

Descrevam por escrito os processos de transformação de energia necessários para haver a indução de corrente elétrica na espira.

## Aulas 6 e 7: Apresentação de Seminários

**Tarefa em grupos:** pesquisar e apresentar um seminário explicando o funcionamento de um tipo de usina que foi sorteado para o seu grupo. No seminário deverão ser abordados os seguintes tópicos:

- As transformações de energia que ocorrem até a geração de energia elétrica;
- Em que parte do processo se verifica a indução eletromagnética;
- Eficiência energética da usina;
- Relação custo/benefício;
- Produção de resíduos;
- Impactos socioambientais.

O material utilizado nas apresentações deverá ser entregue ao professor.

**Aula 8: Resolução de problemas (*Quiz On Line*)**

Tarefa – individual ou em grupos: responder às questões propostas no Quiz.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACICH, L. E J. MORAN. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Penso, 2018. e-PUB. Editado como livro impresso em 2018. ISBN 978-85-8429-116-8

CARDOSO, P. M. **Fontes energéticas do Brasil e conceitos de física correlacionados na literatura didática do Ensino Fundamental e Médio**. 2017. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

CARMARGO, F. E T. DAROS. **A sala de aula inovadora** [recurso eletrônico]: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018. e-PUB. Editado como livro impresso em 2018. ISBN 978-85-8429-116-8

DAL MORO, G. A. **Física: ensino médio**. Curitiba: Positivo, 2016. Volume 12, livro do Professor.

VYGOTSKY, L. S., A.R. LURIA E A.N. LEONTIEV. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone/EDUSP, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia Pedagógica**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2004.

VYGOTSKY, L. S. **Teoria e Método em Psicologia**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.



---

## **A RESPEITO DOS AUTORES**

### **Maria Regina Fonseca Guimarães**

Bacharel e licenciada em Física pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e doutora em Oceanografia Física pela Universidade de São Paulo (USP). Trabalhou durante oito anos como oceanógrafa na iniciativa privada, colaborando em relatórios de impacto ambiental. Em 2011 mudou-se para o sul de Minas Gerais e desde 2012 vem trabalhando como professora de Educação Básica nas escolas públicas da região. Foi supervisora do PIBID entre 2012 e 2015. Em 2019, buscando se aprofundar na área de Ensino, participou da seleção de candidatos do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, e ingressou em 2020.

### **Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva**

Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Santa Maria (1984). Mestrado em Física pela Universidade Federal de Pernambuco (1989) e Doutorado em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1999). Iniciou sua carreira docente na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) atuando nos campi de Três Lagoas, Corumbá e Campo Grande. Atualmente é professor Titular na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foi coordenador adjunto do curso de graduação em Física. Como docente atua e orienta na graduação e no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Faz parte do grupo de professores que coordena e orienta alunos no projeto PIBID Física da UFLA. Na área do Ensino em Física trabalha com a inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.





