



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**FÁBIO LÚCIO DA SILVA**

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA  
COM O USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

**CAMPINA GRANDE  
2021**

**FÁBIO LÚCIO DA SILVA**

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA  
COM O USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

**Área de concentração:** Ensino de Física

**Orientador:** Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire.

**CAMPINA GRANDE-PB  
2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586p Silva, Fábio Lúcio da.  
Uma proposta para o ensino da produção da energia elétrica com o uso de simulação computacional [manuscrito] / Fabio Lucio da Silva. - 2021.  
33 p. : il. colorido.

Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire , Coordenação do Curso de Física - CCT."

1. Ensino de Física. 2. Laboratório virtual. 3. Atividades experimentais. 4. Energia elétrica. I. Título

21. ed. CDD 371.334

## FÁBIO LÚCIO DA SILVA

### UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA COM O USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

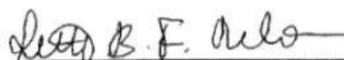
**Área de concentração:** Ensino de Física

Aprovada em: \_\_03\_\_ / \_\_11\_\_ / 2021\_\_\_\_\_.

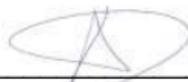
#### BANCA EXAMINADORA



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ruth Brito de Figueiredo Melo  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alex da Silva  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*À minha família, pela dedicação,  
companheirismo e amizade, DEDICO.*

*“Viver é como andar de bicicleta: É preciso estar em constante movimento para manter o equilíbrio.”*

Albert Einstein

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 TIPOS DE ENERGIA E ALGUNS ASPECTOS DA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL .....</b>	<b>9</b>
<b>3 SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....</b>	<b>12</b>
<b>4 PROPOSTA DE ENSINO COM O USO DE SIMULADOR COMPUTACIONAL: A PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Primeiro encontro .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2 Segundo encontro.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Terceiro encontro.....</b>	<b>24</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>
<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM .....</b>	<b>31</b>
<b>APÊNDICE B - ATIVIDADE.....</b>	<b>32</b>

# UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA COM O USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

## A PROPOSAL FOR TEACHING THE PRODUCTION OF ELECTRIC ENERGY WITH THE USE OF COMPUTATIONAL SIMULATION

*Fábio Lúcio da Silva<sup>1</sup>*

### RESUMO

As escolas de ensino fundamental e médio podem não dispor de laboratórios didáticos, contudo, parte do pressuposto que elas possuem laboratórios de informática, e isso favorece experimentos de física, com o auxílio de simulações computacionais, um substituto aos dos laboratórios de ciências/física - um complemento para a prática de atividades experimentais, possível para os professores ministrarem aulas práticas que são executados também a partir de softwares, plataformas ou sites. A elaboração de propostas de atividades experimentais realizadas por meio das simulações computacionais, podem facilitar a aprendizagem dos estudantes e contribuem para um maior interesse pela componente curricular física. Dessa forma, o objetivo com o presente trabalho foi criar uma proposta de ensino para geração de energia elétrica usando simulações computacionais. Para isso se beneficiou do *Phet* desenvolvido pela Universidade do Colorado, dos Estados Unidos, que disponibiliza diversas simulações, todas gratuitas, de fáceis utilização e instalação. As simulações permitem uma interação com estudante como elementos e dispositivos imitando o laboratório real.

**Palavras-chave:** Ensino médio. Laboratório virtual. Atividades Experimentais. Energia elétrica

### ABSTRACT

Elementary and secondary schools may not have teaching laboratories; however, it is assumed that they have computer labs, and this favors physics experiments, with the aid of computer simulations, a substitute for science/physics labs – a complement for the practice of experimental activities, possible for teachers to teach practical classes that are also run from software, platforms or websites. The elaboration of proposals for experimental activities carried out through computer simulations can facilitate student learning and contribute to a greater interest in the physical curriculum component. Thus, the objective of this work was to create a teaching proposal for electricity generation using computer simulations. For this, it took advantage of the virtual environment developed by the University of Colorado, in the United States, which offers several simulations, all free, easy to use and install. Simulations allow student interaction with elements and devices mimicking the real laboratory.

**Keywords:** High School. Virtual Laboratory. Experimental Activities. Electric Power.

---

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, e-mail: fabio.lucio@aluno.uepb.edu.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da Revolução Industrial, um dos enfoques da educação refere-se aos sistemas produtivos, pois, a fabricação passou a ser em massa (TAJRA, 2008, apud JUNGES e ORLOVSKI, 2014). No entanto, com a evolução dos tempos, o contexto de produção passou a ser também qualitativo. O ensino, hoje, desempenha um papel bem mais relevante na vida do estudante, formando-o e adaptando para essa nova realidade.

Em se tratando das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na educação escolar, o desenvolvimento das atividades pode se tornar prazeroso devido aos muitos recursos que chegam às mãos dos estudantes. Com o computador, por exemplo, pode-se pesquisar, redigir textos, desenhar, efetuar cálculos e simular situações, fazerem atividades curriculares diversas que podem ser momentos imperdíveis, desde que mediada por professores.

No mundo de hoje, não prevalece mais a ideologia de produção seriada (em série), dos tempos da Revolução Industrial, e sim a ideia de um profissional proativo, com capacidade empregatícia, tendo conhecimentos e habilidades múltiplas, ser motivado e estimulado para resolver problemas, além de se comunicar de forma abrangente (TAJRA, 2008, apud JUNGES e ORLOVSKI, 2014).

Souza (2010, apud JUNGES e ORLOVSKI, 2014) consuma dizendo que o computador tem um papel dentro das escolas, o papel de fortalecer e intensificar o processo de aprendizagem. Valente (1993) esclarece que “na educação, de forma geral, a informática tem sido utilizada tanto para ensinar sobre computação, o chamado *computer literacy*<sup>2</sup>, como para ensinar praticamente qualquer assunto por intermédio do computador”.

Dentro do ensino, proliferam cursos de informática ou tecnologia da informação para que o estudante possa manusear os computadores com propriedade, ou seja, adquirir conceitos computacionais, como princípios de funcionamento do computador, noções de hardware e software, além de usos sociais das TICs.

Contudo, a maior parte desses cursos, oportunizam em sua maioria a modalidade tecnicista, em que estudantes dessa área aprendem a manusear a máquina em sua composição tão somente, levando a um resultado mercadológico pouco educacional, desvirtuando o verdadeiro propósito, que é levar o conhecimento de um futuro informatizado para dentro da sala de aula. Sobre isso, Valente (2003, apud, ROCHA, 2008) enfatiza que isto tem contribuído para tornar esta modalidade de utilização do computador extremamente nebulosa, facilitando sua utilização como chamarisco mercadológico, uma maneira equivocada de buscar e usar a tecnologia dentro do ambiente escolar – por isso a importância da mediação do professor.

Hoje sabemos da importância da tecnologia da informação em nossas vidas nos mais diversos setores, principalmente a TICs, que tem consentido inúmeras avanços em todas as áreas. Mesmo a educação inclusiva propõe o uso de tecnologias que auxiliem o trabalho dos professores em sala de aula, ao mesmo tempo que, sejam integrativas.

As TICs permitem capturar, interpretar, armazenar e transmitir informações é um termo abrangente que inclui toda a gama de ferramentas eletrônicas por meio do qual podemos gravar e armazenar informações, e por meio do qual podemos trocar

---

<sup>2</sup> Trata-se da alfabetização informática, que é definida como o conhecimento e a capacidade de utilizar computadores e tecnologias relacionadas de forma eficiente. As habilidades constituem de múltiplas versatilidades, no sentido que vão desde o uso elementar até a programação e resolução de problemas/assuntos avançados.

informações e distribuir para os outros (UNESCO, 2010, apud OLIVEIRA e FREIRE, 2011).

As TICs tornam-se benéficas quando aplicadas em todo o ensino e abordadas dentro do Plano de Desenvolvimento Educacional (PDE), sendo revisado anualmente. Escolas que atendem estudantes em condições especiais, importantes e complexas devem incluir um plano de desenvolvimento das tecnologias que seja eficaz e que condiga com as reais necessidades dos estudantes. Esse plano deve conter os seguintes itens: (1) Descreve o objetivo e a função das tecnologias no contexto geral de ensino da escola; (2) Incluir uma declaração da situação atual do uso na escola; (3) Mudanças e melhorias almejadas no próximo ano; (4) Alocação realista dos recursos (funcionários, tempo e dinheiro) para alcançar esses objetivos (UNESCO, 2011).

Dentro do PDE, dever ser elaborado, tendo como base as “boas práticas” das tecnologias e estar relacionado às metas da escola e dos governos locais e regionais e deve ser, sobretudo: gerenciável; envolver a equipe sênior no planejamento; ter um impacto no planejamento de aula de aula; estar relacionado à avaliação e o desempenho dos estudantes; contar o apoio de todos os participantes incluindo as associações de pais; ser integrado no planejamento financeiro e orçamentário da escola; considerar as opiniões dos especialistas e a experiência das pessoas e dos professores com deficiência; Implementar o desenvolvimento profissional contínuos das equipes (UNESCO, 2011).

Com relação ao uso das tecnologias no ensino de física, sabe-se que ela é uma especialidade do ensino desta ciência exata que explora inúmeros recursos e, como a relação afetiva entre professor e estudante tem sido muito discutida nesses últimos tempos, embora distante, tal sentimento pode ser trabalhado dentro de um contexto, onde o professor possa ser o mediador de informações, atuando como questionador e incentivador dos estudantes, ouvindo e respeitando suas opiniões para desenvolverem por si mesmos a curiosidade pelo conhecimento que os libertará e os tornará livres e atuantes em sua sociedade e em vida pessoal como cidadãos importantes (VIEIRA, 2014; SILVA et al., 2018). No entanto, deve-se ressaltar que a questão das TICs na relação da afetividade é realmente uma questão que deve ser debatida de forma calorosa pelos cientistas ao longo dos tempos.

Atualmente, o desenvolvimento tecnológico da sociedade vem sendo associado ao desenvolvimento das ciências aplicadas, No entanto, a prática pedagógica na área das ciências naturais, como enfatizado por Zara (2011) mesmo baseada na utilização de quadro-negro e giz, às vezes sem uso atividades experimentais ou de novas tecnologias de ensino, isso mudou. Os professores utilizam das variadas abordagens, como as conceituais e as de resolução de problemas. Neste trabalho propõe o uso de simulações computacionais.

O uso do computador pode contribuir para o ensino devido à capacidade de apresentar ao estudante aspectos do conteúdo difíceis de serem visualizados. A afetividade aliada à interação online<sup>3</sup> beneficia tanto professor quanto estudante, fazendo com que haja liberdade de expressão, principalmente para estudantes com dificuldade de expressar-se oralmente. A ferramenta disponibiliza uma estrutura adequada de comunicação que facilita o envolvimento dos estudantes em atividades curriculares com dispositivos tecnológicos. Dessa forma, com esse trabalho se teve o objetivo criar uma proposta para o ensino da geração de energia elétrica usando

---

<sup>3</sup> Termo que significa conectado ao computador e pronto para ser utilizado direta ou remotamente

simulações computacionais. As simulações utilizadas foram a da plataforma PhET (*Interactive Simulation*).

## **2 TIPOS DE ENERGIA E ALGUNS ASPECTOS DA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL**

Tudo em nossa vida é energia, somos energia e vivemos em torno dela. Habitamos numa sociedade seja do tipo simples ou complexa como é a sociedade globalizada em que a energia prevalece ou domina; pois se sabe quanto a sua dimensão e notoriedade para sobrevivência das pessoas e assim a propriedade e engrenagem em todo contexto, lugar, área, setor, ramo etc. de qualquer atividade humana.

Na física, embora, a energia tem conceito abstrato, trata-se de uma quantidade que sempre é conservada. De acordo com o princípio da conservação da energia estabelece que "a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída" (CAMPOS, 2014). Segundo Oliveira (2005), para que um corpo possa trabalhar ou mudar de temperatura, é preciso que outro corpo transfira parte de sua energia para ele. Essa transferência de energia de um corpo para outro pode sofrer transformações expressas de várias formas: potencial, cinética, térmica, elétrica, química, nuclear entre outras.

Não se tem uma definição exata na física de energia. Trata-se de um conceito, em que a energia se manifesta de diferentes formas e está relacionada com a capacidade de produzir trabalho; desempenhando um papel essencial em todos os setores da vida. Como exemplo: tem-se os seres vivos que dependem da energia para sobreviver, obtendo da alimentação, em forma de energia química.

Precisa-se de energia para a movimentação de veículos automotivos. No caso da energia elétrica, para os funcionamentos dos equipamentos que utilizamos diariamente; como os eletrônicos (TVs, computadores, smartphones etc.); fogões ou forno para aquecimentos dos alimentos; lâmpadas para iluminação dos ambientes residenciais e comerciais. Trata-se de um termo de complexa conceituação e que na maioria das vezes é intuitivo. Por isso, o interesse foi em apresentar a geração da energia elétrica na sala de aula; tendo como pressuposto que a energia elétrica é usada no cotidiano dos estudantes.

Os métodos de geração de energia elétrica, em tempos atuais, são muitos. De acordo com Serni (2013), os diferentes tipos de energia elétrica causam resultados e impactos diferentes, por isso é fundamental conhecê-los.

Os tipos de energia que se conhece são (1) Energia solar, (2) Energia Eólica, (3) Energia Nuclear, (4) Energia Geotérmica e (5) Energia Hidrelétrica que são tidas como energias renováveis. No entanto, também, dispomos de Energias Não Renováveis (6).

(1) Energia Solar: Produzida através dos raios solares, esse tipo de energia elétrica é captado por painéis solares que são chamados de: Fotovoltaico - transforma o calor diretamente em energia elétrica) e Heliotérmico - converte o calor em energia térmica, e depois esta é transformada em eletricidade (BIANCHINI, 2013). Ela é bem conhecida, no entanto, seu custo ainda é alto e sua instalação não é fácil.

(2) *Energia Eólica*: Produzida através da força dos ventos, esse tipo de energia movimenta turbinas e aerogeradores. Sua movimentação produz energia mecânica com pouco impacto ambiental, embora seu funcionamento ainda precise de uma infraestrutura adequada (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020). A seguir descreve-se, resumidamente, cada uma delas

(3) *Energia Nuclear*: Considerada uma das principais fontes de energia e extraída a partir da fusão do núcleo de urânio, material altamente radioativo, esta corresponde a 14% da produção mundial. Todavia, não representa uma fonte renovável, é perigoso, apesar do baixo custo de produção e pela alta procura (VEIGA, 2018).

(4) *Energia Geotérmica*: Formada através do calor proveniente do interior da Terra, depois convertido em energia térmica, é considerada uma fonte renovável por ser o calor uma fonte inesgotável, contudo, por afetar o ecossistema ao redor das usinas de produção, não pode ser considerada sustentável (CAMPOS et al., 2017).

(5) *Energia Hidrelétrica*: Como o nome já diz, esse tipo de energia é produzido através de recursos hídricos, embora, tal recurso sirva apenas pela força, gerando produção mecânica, o que faz com que esta seja renovável, por não utilizar fontes finitas (QUEIROZ et al., 2013).

(6) *Energia Não Renovável*: As fontes de energia não renováveis são aquelas que são geradas por recursos naturais que não se renovam, ou seja, são esgotáveis. Exemplos de fontes não renováveis: os combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural e xisto) e a energia nuclear (MARQUES, 2007).

Com relação à energia hidrelétricas tem-se que uma usina hidrelétrica gera energia elétrica, a partir do potencial hidráulico de um rio, ou seja, vazão do rio (volume de água em um período de tempo) e é composta por reservatório, canal duro, turbina, casa de força e linhas de transmissão (QUEIROZ et al., 2013). A água é encaminhada aos tubos que levam às turbinas que movimentam a água para gerar energia mecânica em elétrica. Esse processo leva às linhas de transmissão de energia, essas mesmas águas, após passarem por esse processo são devolvidas novamente ao meio ambiente da mesma forma em que foram encontradas, antes de gerarem energia (CHAGAS et al., 2020).

As usinas hidrelétricas brasileiras correspondem a 90% da energia elétrica produzida no país. As barragens foram construídas no século XIX, contudo a relevância das usinas só aconteceu após a Segunda Grande Guerra Mundial (1939 – 1945) (CUNHA, 2012).

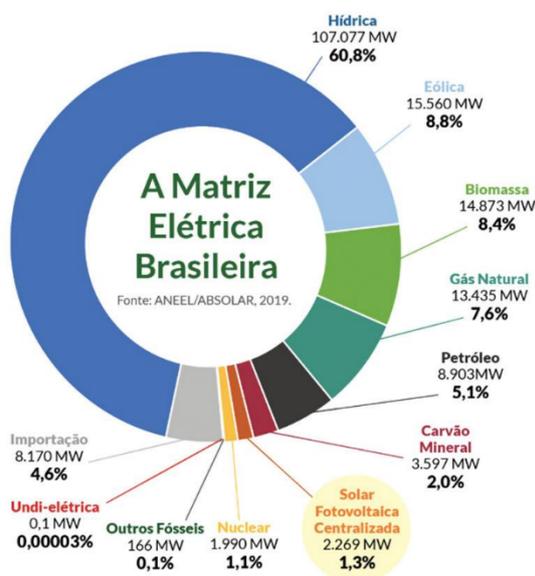
O Brasil possui 12 bacias hidrográficas, compõe-se de 12% de água doce superficial da terra, o que o torna o terceiro maior potencial hidráulico do mundo, ficando atrás somente da China e da Rússia (SILVA-JUNIOR, 2013); no entanto, o país importa parte da energia elétrica que consome, isso devido à maior usina hidrelétrica das Américas e a segunda maior do mundo, Itaipú, não sendo ao todo totalmente brasileira. O Paraguai fica com 50% da produção e por não possuir potencial energético para consumir esse montante, vende o excedente para nosso país, que também compra energia produzida pelas hidrelétricas de Garabi e Yaceritá -Argentina (NATTRODT; DIAS, 2021).

Na Figura 1 é apresentado um gráfico da matriz da energia elétrica brasileira, corroborando com os achados aqui mencionados onde as hidrelétricas correspondem a maior parcela de produção. Produzir energia elétrica no Brasil, depende de dois sistemas integrados de grande porte: o Sul/Sudeste/Centro-Oeste e o Norte/Nordeste. Esses sistemas correspondem ao todo, 70% e 25% da produção de energia elétrica de todo o país. Dentre as várias usinas distribuídas por todo o território brasileiro, cinco se destacam (CÂMARA, 2008): Itaipú (Paraná), Belo Monte (Pará), São Luiz do Tapajós (Pará), Tucuruí (Pará), e Santo Antônio (Rondônia).

Precisa-se dizer que o Brasil é dotado de uma riqueza de recursos energéticos, que esperava-se superar a demanda dos próximos anos. Se comparar com outros países a matriz energética brasileira é mais renovável do mundo. Pois grande parte vem de usinas hidrelétricas com 60,8%. Logo em seguida tem-se a eólica com 8,8%

e com um cenário em que a energia solar com 1,3% ultrapassando a nuclear com 1,1%.

**Figura 1** - Percentuais das fontes de Energia utilizadas pelo Brasil para geração da energia elétrica.



Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2019

A matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável do que a energética, isso porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. A energia eólica vem crescendo bastante, e a energia solar atualmente; contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável. Pode-se dizer a partir do gráfico (Figura 1) que a matriz elétrica brasileira é baseada em fontes renováveis de energia, na contra mão da matriz elétrica mundial.

No Brasil na geração da energia elétrica além de possuírem menores custos de operação, as usinas que geram energia a partir de fontes renováveis em geral emitem bem menos gases de estufa. Alguns anos atrás cientista já relatavam em debates calorosos nas assembleias legislativas, Câmaras municipais e estaduais; e até na assembleia legislativa brasileira, Câmara dos deputados e o Senado Federal de que se o investimento não for suficiente no aumento de produção de fontes renováveis, como a hidroeletricidade e outras fontes alternativas; o geramos não seria suficiente a curto e médio prazo.

O conteúdo geração de energia elétrica é recomendado no currículo de física para os alunos do ensino médio. Dessa forma, pode-se demonstrar a geração de energia elétrica através de uma hidrelétrica. Através de uma proposta didática, o professor pode escolher as diferentes abordagens nas suas decisões e postura crítica em relação ao conteúdo. Mas, se estiver nenhum caminho pode usar a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente); pois o professor ao se debruçar na temática abre espaço para diversas áreas e se depara com propósitos da abordagem CTSA ou até a de resolução de problemas.

Como no Brasil por décadas a hidrelétrica é uma fonte de geração de energia elétrica por vários motivos, pela abundância de recursos hídricos, pela sua competitividade e por ser uma fonte renovável no sentido de não emitir gases do efeito

estufa (AHMER et al., 2016; TOLMASQUIM, 2012). De acordo com Tomalsquim (2016) o relevo do local e as quedas de água que são promovidas criam um potencial que pode ser aproveitado pelas hidrelétricas.

Foi graças a Lei de Faraday, que a civilização, em dias atuais, desenvolveu-se baseada no uso da eletricidade. O crescimento da sociedade está inteiramente ligado a utilização da força eletromotriz (energia potencial por unidade de carga elétrica produzida por geradores elétricos, como baterias ou pilhas), não se pensa no mundo sem a presença dela (SANTIAGO et al., 2018)

A energia elétrica só existe dessa forma porque Faraday descobriu uma maneira de transformar a energia do movimento em eletricidade, ou seja, é sempre o movimento relativo entre a espira e o ímã que transforma a energia de uma modalidade em outra (DELEUZE, 1985). E assim acontece nas casas, nas indústrias e em todos os lugares, a energia elétrica podendo ser transformada em outra forma de energia desejada.

[...] Julgamos que essa demonstração, direta e desafiadora, seria mais adequada no sentido de desencadear interações sociais. Na sequência, trabalhamos com a demonstração da variação do campo magnético no interior de uma bobina, visto que essa facilitaria a introdução do conceito de corrente elétrica induzida (Lei de Faraday) e da ideia de oposição ao efeito que provoca o aparecimento dessa corrente (Lei de Lenz), sintetizando a ideia da indução eletromagnética. (ERTHAL; GASPARG, 2006, p. 352)

Nem todos os livros didáticos traz propostas de experimentos relacionados à geração de energia elétrica e para o professor trabalhar com conceitos relacionados à Lei de Faraday e Lenz. Entretanto, Canalle e Moura (1997), propuseram experimento de baixo custo. Utilizando simplicidade da montagem, fizeram com que os estudantes manuseassem o material, motivando-os à uma aprendizagem expressiva com base no fenômeno estudado.

O ensino de eletricidade, baseado na lei de Faraday, apresenta muitos desafios à sua aprendizagem. No entanto, modelos experimentais podem proporcionar um ensino mais motivador e expressivo aos estudantes, sendo necessário apenas algum engajamento no sentido de incorporar a experimentação nos programas de ensino, o que acaba garantindo a contextualização inicial necessária para uma formação crítica para a cidadania (PERIN, 2015).

Materiais digitais têm sido amplamente utilizados em todos os níveis de ensino como os simuladores computacionais de física, disponíveis para serem utilizados em diversos assuntos, embora, ainda, estejam longe de substituir os reais experimentos, estes podem contribuir para o processo de evolução da aprendizagem, em especial no ensino médio.

### **3 SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA**

Os Objetos de Aprendizagem (OAs) se disseminam na Internet e disponibilizam recursos educacionais à disposição de educadores e estudantes, notadamente em física, facilitando assim a aprendizagem tanto à distância, quanto na forma presencial.

Uma iniciativa de sucesso, obtida por Carl Wieman, prêmio Nobel em Física no ano de 2001, é o PhET – sigla em inglês que significa Tecnologia Educacional em Física, sem fins lucrativos. Ao agradecer a medalha Oersted, honraria máxima da Associação Americana de Professores de Física (AAPT), o homenageado contou que quando fez a simulação para explicar sua pesquisa em Condensação de Bose – Einstein, “era particularmente extraordinário (o fato de) que minhas audiências

achavam as simulações atraentes e motivadoras do ponto de vista educacional, independente se a palestra era dada em um colóquio de um departamento de Física ou numa sala de aula de ensino médio. Eu jamais vira um instrumento educacional capaz de atingir efetivamente níveis de formação tão diferenciados” (ARANTES; MIRANDA, STUDART, 2010; FEITOSA; LAVOR, 2020; ARAÚJO et al., 2021).

Segundo Willey (2000), um OA é entendido como qualquer recurso digital que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem. Dentro da sua definição foram incorporadas as palavras “reusado”, “aprendizagem”, “digital”, “recurso”, conforma específica o Comitê de Padrão de Tecnologia da Aprendizagem (Learning Technology Standart Committee–LTSC). Willey (2002, p. 120) defende esta importante característica:

[...] de “intencionalidade” ao assumir uma posição crítica quanto à produção em profusão, de recursos digitais que vêm sendo referidos como “Objetos de Aprendizagem”, mas que servem tão somente para a glorificação do ensino on-line, da mesma forma que figuras decorativas são usadas frequentemente, sem maior intenção, para decorar jornais de notícias de escolas.

O PhEt simula e busca uma avaliação de eficiência de seu uso em sala de aula de diversas formas: aulas expositivas, atividades em grupo, tarefas em casa, entre outras. Definir OA vai depender de como os autores pretendem utilizá-lo dentro de objetivos condizentes com o seu verdadeiro sentido, em outras palavras, varia de acordo com a abordagem proposta e os aspectos que estão associados ao seu uso educacional (ADIE, TORRÃO, 2009).

#### **4 PROPOSTA DE ENSINO COM O USO DE SIMULADOR COMPUTACIONAL: A PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA**

A pesquisa tratou da elaboração de uma proposta de ensino. A proposta de ensino foi pensada para professores de física do ensino médio, podendo realizar alterações quando julgar-se necessárias. Para sua elaboração foi considerando que os estudantes pudessem expor seus próprios conhecimentos as situações problemas, que colocassem num papel ativo na sala de aula (LOCATELLI, 2007). As simulações computacionais escolhidas e as situações problemas podem ser caracterizadas de maneira progressiva.

Tem sua estruturada para ser aplicada em 3 encontros, sugere-se, que cada um deles tenha duração de 2 horas-aula. Para isso, é necessário o uso de computadores ou similares; por isso sugere-se organizar a turma em grupos e a avaliação do estudante deve-se dar durante todo o processo de ensino; e se possível, também, por meio de uma avaliação simples final individual que deverá conter os conceitos e as situações aprendidas. A seguir descreve cada um dos encontros.

A proposta de ensino tem sua caracterização baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov (1991), que são: (1) Problematização inicial, (2) Organização do conhecimento e (3) Aplicação do conhecimento.

Os simuladores (ou simulações computacionais) A e B sugeridos nesta proposta de ensino são partes integrantes de uma das inúmeras simulações computacionais, para as mais diversas áreas do conhecimento, desenvolvidas pelo grupo do PhET (*Physics Education Technology*), que são disponíveis em <https://phet.colorado.edu>. A escolha dos simuladores computacionais do Phet foi devido a sua interface ter facilidade para qualquer usuário e também de ser bem atrativa. Particularmente, os simuladores computacionais A e B faz parte integrante de um conjunto de simulações computacionais, denominadas de Laboratório Didático

de Eletromagnético de Faraday; das quais faz-se menção de duas: a do Solenoide e a do Gerador, que se designou de simuladores computacionais A e B, respectivamente, que doravante denomina-se, simplesmente, Simulador A e Simulador B.

#### 4.1 PRIMEIRO ENCONTRO

Propõe neste primeiro encontro resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a produção de energia elétrica. Para tanto, sugere iniciar com uma questão-problema com intuito de despertar um debate e induzir os estudantes no sentido encorajar a manifestar suas idealizações e caracterizações.

**AÇÃO 1:** Dividir a turma em grupos e aplicar um questionário simples de sondagem (Apêndice 1)

**AÇÃO 2:** Quanto à questão-problema com intuito de despertar um debate e induzir os estudantes, para isso deve-se apresentar um diagrama em blocos simples conforme a Figura 2 e questão-problema 1.

**Questão-problema 1:** Como se pode transformar energia mecânica em energia elétrica?

**Figura 2** - Diagrama em blocos proposto como questão-problema para geração da energia elétrica.



Fonte: Autor

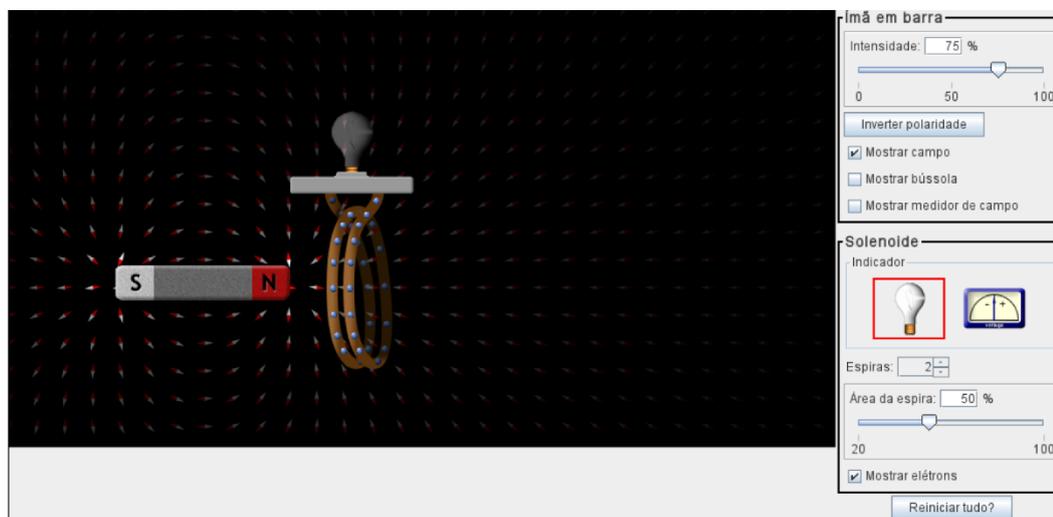
**AÇÃO 3:** Apresenta outra questão-problema, que ajudaria a se entender o que se quer em termos de transformação de energia. A questão-problema é dada a seguir.

**Questão-problema 2:** No diagrama de blocos para geração de energia elétrica o que você colocaria no bloco do meio, ou seja, no bloco da cor azul? Justifique sua resposta

Nas Ações 2 e 3, espera-se inúmeras discussões dos grupos e após estas, o professor deverá ter em mente que os estudantes podem idealizar e caracterizar inúmeras questões. Mas, o professor deverá ser o orientador nesse processo e se aparecer como respostas: ímãs, campos magnéticos, campos elétricos, espiras, solenoides o caminho estará indo bem. E se aparecer a palavra “gerador” o caminho estará excelente.

**AÇÃO 4:** São inúmeras possibilidades ao responder tal questão-problema. E o professor deverá pedir por escrito a cada grupo cada uma das respostas. Assim, como primeira explicação para geração da energia elétrica, deve-se utilizar o Simulador do Solenoide, ou seja, o Simulador A (Figura 3) com a Atividade A.

**Figura 3** - Transformação da energia mecânica em energia elétrica com ímã em barra e um solenoide ligado a uma lâmpada: Simulador A.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale>

### ATIVIDADE A

1. Segure o ímã, de modo que ele fique parado em relação ao solenoide (ou a à bobina) observe o que acontece e anote
2. Segure o ímã movimentando de várias maneiras em relação ao solenoide (ou a à bobina) observe o que acontece e anote
3. Faça os mesmos agora como em sentido contrário observe o que acontece e anote.
4. Como sugestão deixe o ímã parado e o movimento o solenoide (ou a à bobina) observe o que acontece e anote
5. Em algum momento a lâmpada acendeu?
6. Altere os parâmetros que fica do lado direito do simulador e execute movimentos como os elementos disponíveis no simulador e veja o que acontece. Anote o que o achar interessante
7. Em que circunstâncias a lâmpada acendeu? A lâmpada acender significa o que?

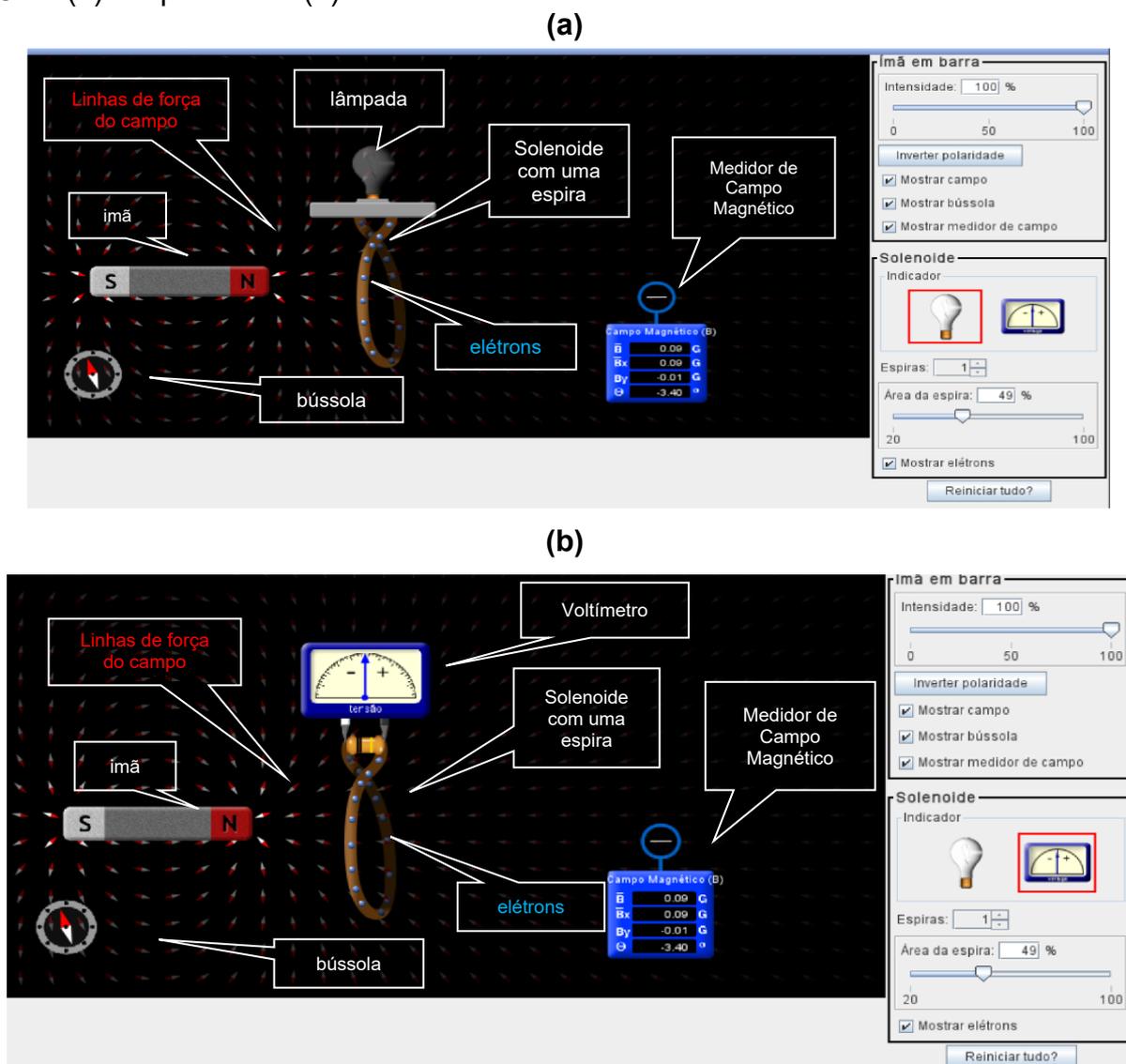
### EXPLICAÇÃO DO SIMULADOR A

O Simulador A, demonstra de maneira simples como se transforma energia de movimento em energia elétrica. Mas, para isso se faz necessário a presença de um ímã – campo magnético e de uma espira ou conjunto de espiras – solenoide. Nele é possível variar a intensidade do fluxo do campo, inverter ter as polaridades (N-S para S-N ou vice-versa) mostrar as linhas de campo, uma bússola e um medidor de campo

magnético. Quanto ao solenoide é possível alterar o número de espiras (1 até 3) e a áreas das mesmas. Para se ver realmente que a energia de movimento se transforma em energia elétrica, esta última se pode utilizar uma lâmpada (Figura 4a) ou um multímetro – voltímetro (Figura 4b). A transformação de se dá quando se clica em cima do ímã (ou no solenoide) e faz esse me movimentar e percebe que a lâmpada acende ou o voltímetro indica o aparecimento de uma diferença de potencial, e consequentemente uma corrente elétrica através do solenoide.

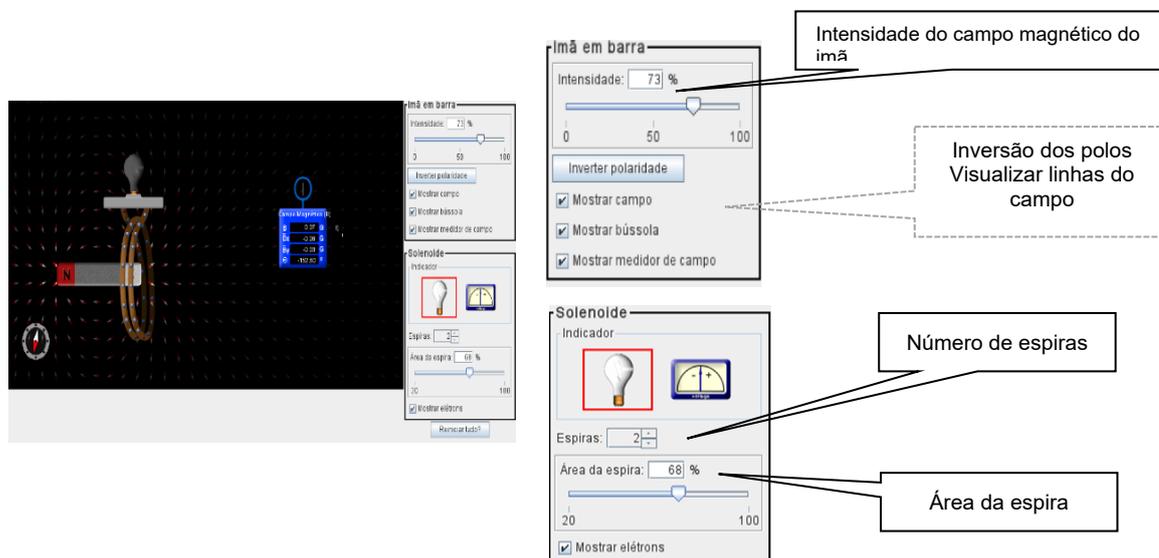
A Figura 5 apresenta-se os parâmetros do Simulador A que podem ser analisados através de suas variações referentes ao ímã em barra e solenoide.

**Figura 4** - Alguns dos elementos do Simulador A para mostrar a transformação da energia mecânica em energia elétrica. Os elementos principais são: ímã e solenoide. Com (a) lâmpada e ou (b) voltímetro.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpy/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale>

**Figura 5** - Parâmetros do Simulador A que podem ser analisados através de suas variações referentes ao ímã em barra e solenoide.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale>

**Explicação da Atividade A:** Se o movimento do ímã não provoca nenhuma variação do fluxo magnético sobre o solenoide a lâmpada não acenderá. O mesmo acontecerá se inverter o ímã em sentido contrário. Se o ímã estiver parado e o solenoide se movimento a lâmpada também acenderá. Parando o movimento seja do ímã ou do solenoide a luz não acederá. Essas experiências realizadas que correspondem a Atividade 1 deve demonstrar para o estudante que o mais importante para a luz acender devido a passagem da corrente elétrica é o movimento relativo existente entre o ímã e o solenoide. O fato de ser o ímã que está se movendo na direção solenoide, ou o solenoide na direção do ímã, não faz qualquer diferença. A corrente elétrica que se observa, responsável por acender a lâmpada, é denominada de corrente induzida, e se diz que a sua presença é devida à existência de uma força eletromotriz induzida. O professor deve estar atento para mostrar aos estudantes que não existem quaisquer pilhas, baterias etc. no circuito do Simulador.

Em seguida com a questão-problema 3 explicar que foi Faraday que conseguiu estabelecer e seguidamente obter, de experiências como estas, a lei que dá a intensidade e o sentido da força eletromotriz induzida, cuja importância na prática é imensa. Imaginar o mundo sem a aplicação dessa lei física é imaginável para se obter a energia elétrica.

**AÇÃO 5:** Sugere-se que se apresente a questão-problema 3.

**Questão-problema 3:** Qual a explicação física permite explicar essa transformação?

Para isso o professor deve sugerir aos estudantes que use o livro texto e discussão com seus pares, sem consultar a internet. Se passar dez minutos e não conseguirem próximo a ideia da indução; professor pode pedir aos mesmos para consultar a internet. Como é o termino do Encontro 1 então os estudantes poderão terminar sua consulta, se estiverem interessados, em suas residências.

Como o Simulador A é possível já explicar como se dá a transformação de energia mecânica em elétrica.

**Questão-problema3:**

Depois da Atividade 1, em seguida com a questão-problema 3 o professor pode explicar que foi Faraday que conseguiu estabelecer e seguidamente obter, de experiências como estas, a lei que dá a intensidade e o sentido da força eletromotriz induzida, cuja importância na prática para o mundo é imensa. Imaginar o mundo sem a aplicação dessa lei física é imaginável para se obter a energia elétrica.

Conhecida como Lei da indução eletromagnética, a Lei de Faraday explica o surgimento de uma corrente elétrica, através de materiais condutores que variam no fluxo do campo magnético. Tal fenômeno foi descoberto pelo físico e químico britânico, Michael Faraday, em 1831, e mais importante da história, visto que, com tal resultado se é capaz de gerar eletricidade em usinas hidrelétricas, produzir movimento usando motores elétricos, gerar calor por meio fornos de indução, fazer leituras e gravações magnéticas e tantas outros (REIS, 2018; CURVINA, 2019)

Michael Faraday (1791-1867), foi um dos mais importantes cientistas da história da física e da química e contribuiu fortemente em diversos experimentos científicos que envolve a produção de corrente elétrica em fio desconectado. Dentro da área do eletromagnetismo, Faraday descobriu a indução eletromagnética – fenômeno responsável pelo surgimento de correntes elétricas em materiais condutores imersos em campos magnéticos, quando sujeitos a mudanças no fluxo do campo magnético que os atravessa (SANTIAGO et al., 2018)

Dentro dos diversos experimentos científicos obtidos com êxito pelo britânico Faraday encontra-se: Noção de campo elétrico e magnético; Estabelecimento de uma relação entre campo elétrico e magnético; Descobrimto do fenômeno de indução eletromagnética responsável; pelo funcionamento dos motores e transformadores; descobertas que possibilitam o desenvolvimento das equações do eletromagnetismo por James Clerk Maxwell - integração da luz no vácuo com magnetismo (HELERBROCK, 2021).

## 4.2 SEGUNDO ENCONTRO

**AÇÃO 1:** Propor a questão-problema 4.

**Questão-problema 4:** Qual a lei da física que permite explicar a transformação da energia de movimento em energia mecânica?

**AÇÃO 2:** Explicação da lei de Faraday

É nesse momento que o professor em discussão com os estudantes deve explicar a lei de Faraday (Equação 1), também conhecida como lei da indução eletromagnética, que através dela afirma que a variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores induz o surgimento de uma corrente elétrica. A equação diz que uma variação no fluxo do campo magnético ( $\Delta\Phi$ ) pela área do seu circuito produz uma força eletromotriz ( $\mathcal{E}$ ), ou seja:

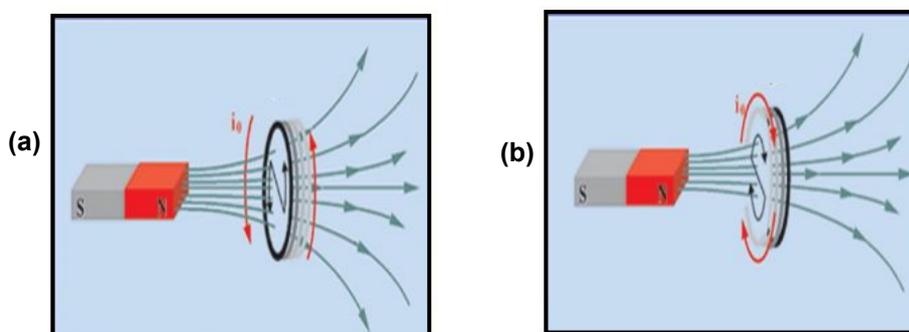
$$\mathcal{E} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t},$$

sendo  $\Delta t$  o intervalo de tempo.

**AÇÃO 3:** Explicando formalmente para o entendimento da lei de Faraday em termos matemáticos – variação do fluxo magnético com ajuda das linhas de força de um ímã e uma espira.

A Figura 6 apresenta a variação do fluxo magnético e aparecimento da corrente elétrica na espira. Ao inverter os polos do ímã percebe a mudança do sentido da corrente elétrica. Na espira da Figura 6a a corrente elétrica está no sentido anti-horário enquanto na Figura 6b está no sentido horário. Deve-se, também, enfatizar que essa mudança no sentido da corrente é conhecida como lei de Lenz.

**Figura 6** – Representação do fluxo magnético de um ímã através das linhas de força: lei de Lenz. (a) Corrente elétrica no sentido anti-horário e (b) corrente elétrica no sentido horário.



Fonte: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/lei-de-lenz-e-sua-importancia/>

Quanto à força eletromotriz induzida ( $\mathcal{E}$ ), tem-se que quando um ímã é movimentado nas proximidades de uma espira condutora fechada, conforme Figura 6, ela surge na espira e, como consequência, uma corrente elétrica pode ser detectada neste circuito.

A lei de Faraday expressa a intensidade da força eletromotriz induzida ( $\mathcal{E}$ ). Porém, em 1834, o físico russo Heinrich E. Lenz (1804-1865) definiu que a força eletromotriz é igual ao negativo da variação do fluxo magnético no interior da espira.

Dessa forma, a lei de Lenz evidencia o aparecimento de uma reação contrária a ação provocada pelo ímã. Ou seja, se o norte do ímã se aproxima da espira, o sentido da força eletromotriz é anti-horário. Isto porque, conforme convencionalizado, o polo norte é como se fosse o sentido positivo da indução magnética.

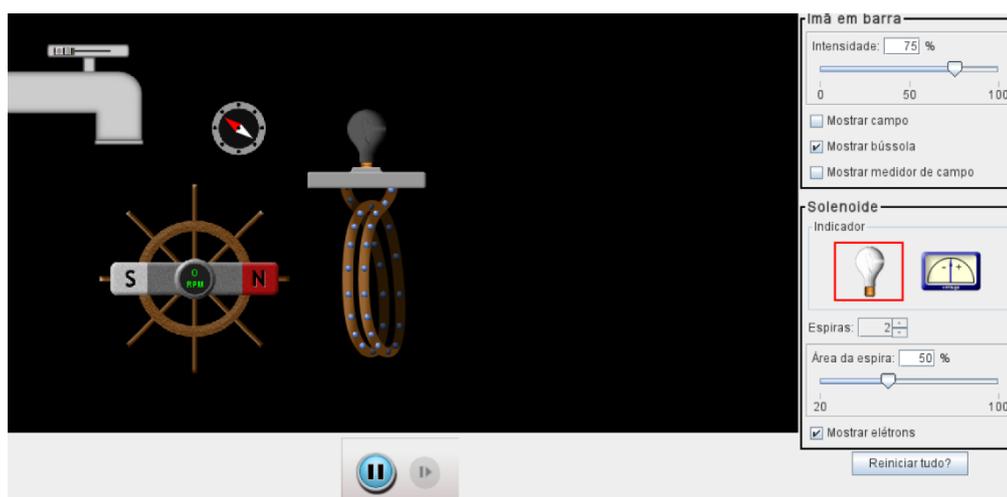
O importante para a produção desse efeito da indução eletromagnética não está na intensidade da corrente elétrica; mas, sim, a rapidez com que com que a fonte de campo magnético, no caso, o ímã, varia com o tempo ( $t$ ) em relação à espira. Percebe-se isso, com as linhas de força do campo magnético do ímã no interior do solenoide ou da espira do Simulador A; pois ao variar o fluxo mais intensamente com o tempo no interior do solenoide (ou da espira) o brilho da lâmpada é mais intenso. Assim, se o professor desejar usar o voltímetro ao invés da lâmpada maior será o valor medido da diferença de potencial; ou menor será o valor se o valor da variação do fluxo com o tempo for menor.

**AÇÃO 4:** Explore o Simulador B (Figura 7) e responda as perguntas da Atividade B.

### ATIVIDADE B

- 1 Se aplicamos a Equação 1 a um solenoide (ou bobina) de N espiras, aparecerá uma fem ( $\mathcal{E}$ ) em cada uma das espiras?
- 2 O fluxo através de cada espira é o mesmo para todas as espiras?
- 3 Você acha que a fem será N vezes o número de espiras? A Equação 1 da fem deveria ser modificada? Se a resposta for sim; então, como seria?
4. Altere os parâmetros que fica do lado direito do simulador e execute movimentos como os elementos disponíveis no simulador e veja o que acontece. Anote o que o achar interessante
5. Em que circunstâncias a lâmpada acendeu? A lâmpada acender significa o que?
- 6 Qual a diferença significativa do Simulador A para o Simulador B observada?

**Figura 7** - Transformação da energia mecânica em energia elétrica com ímã em barra que gira de acordo com a vazão da água e um solenoide ligado a uma lâmpada: Simulador B.

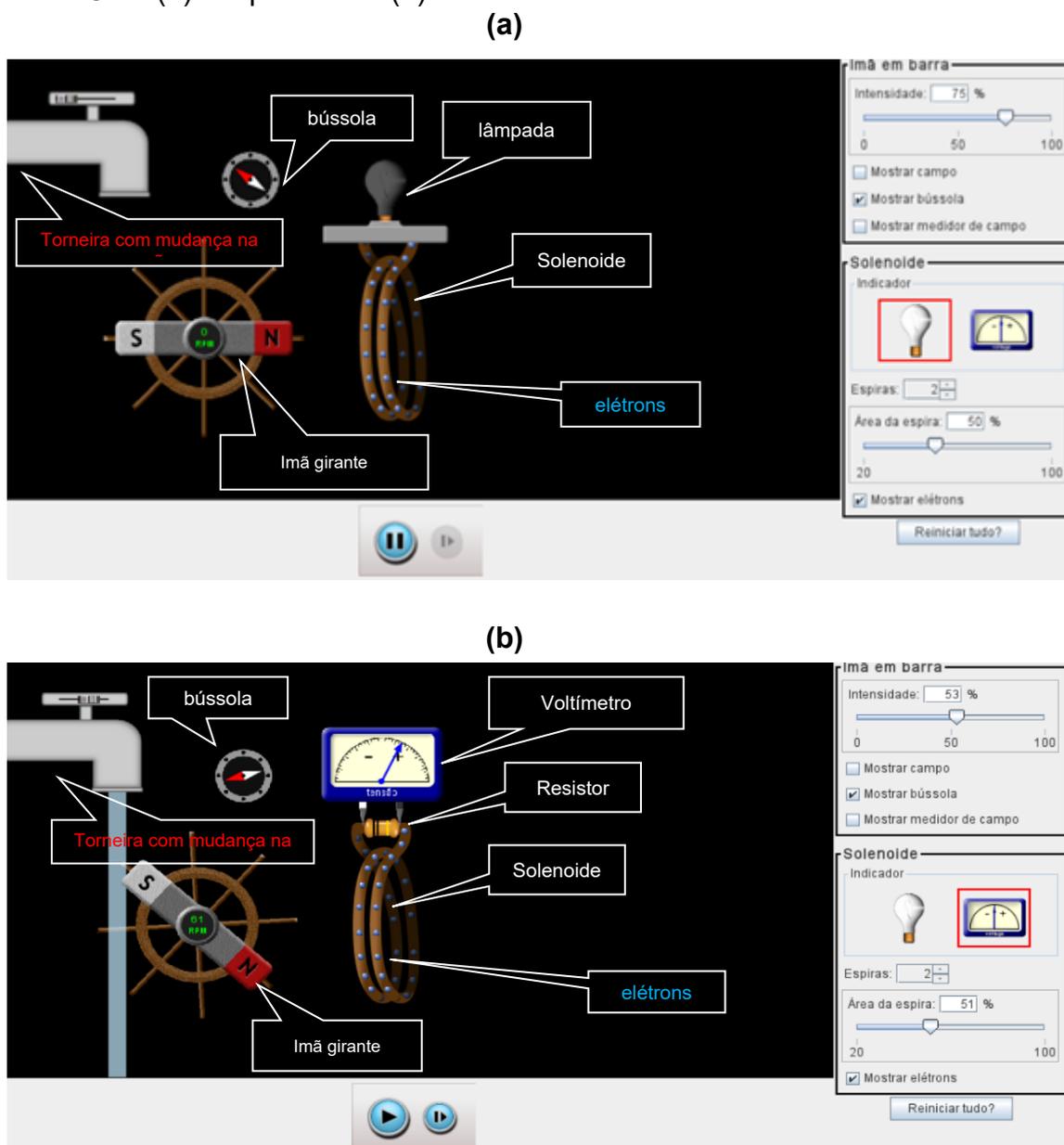


fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale>

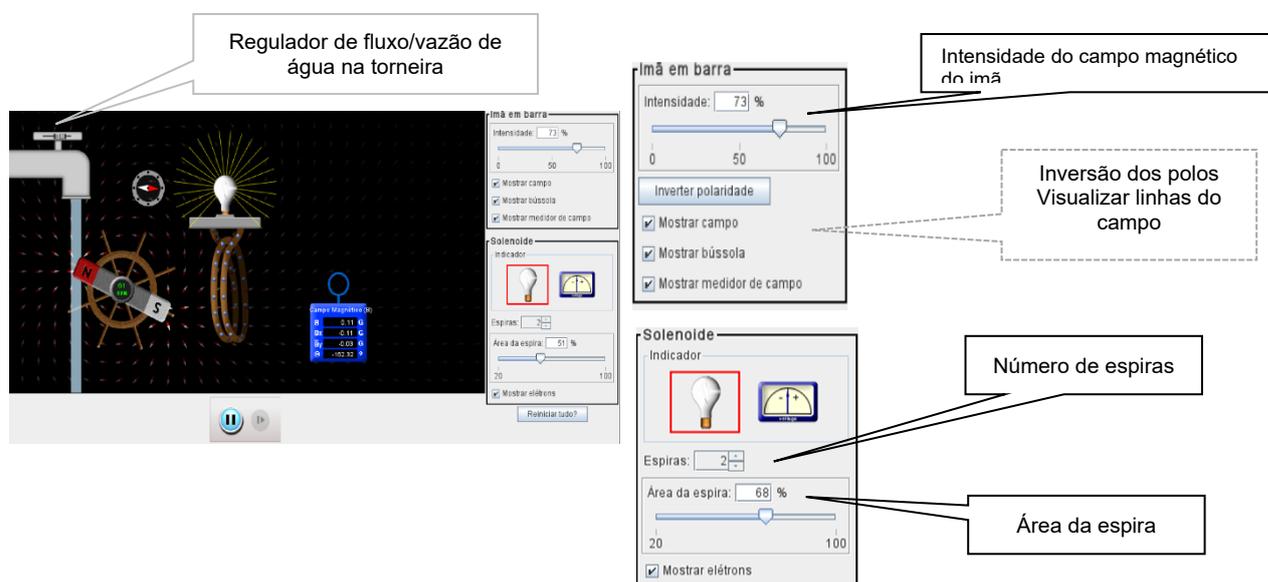
### EXPLICAÇÃO DO SIMULADOR B

O Simulador B (Figura 8) apresenta de forma simplificada a movimentação de uma roda da água. Trata-se de uma torneira cujo fluxo pode ser controlado. Logo abaixo da torneira tem-se uma roda d'água com um ímã conectado a ela (que se denominou de ímã girante) e um solenoide com uma lâmpada acoplada que pode ser trocada por um voltímetro conforme a simulação necessitar. Pode-se ainda acrescentar uma bússola e um medidor de campo magnético. Um outro recurso disponível no simulador é a visualização das linhas do campo magnético gerado pelo ímã girante. O simulador B difere-se do simulador A por que se percebe que a luz pode continuar acesa enquanto a água da torneira estiver saindo. A intensidade da luminosidade da luz é proporcional ao fluxo/vazão de água da torneira. Já a Figura 9 apresenta os parâmetros Simulador B que podem ser modificados para análise.

**Figura 8** – Os elementos do Simulador B para mostrar a transformação da energia mecânica em energia elétrica. Os elementos principais são: torneira, ímã girante, e solenoide. Com (a) lâmpada e ou (b) voltímetro.



**Figura 9** - Parâmetros do Simulador B que podem ser analisados através de suas variações referentes a torneira, ao ímã em barra que gira, solenoide e lâmpada.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/cheerpf/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpf/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale=pt_BR)

**Explicação da Atividade B:** Verifica-se que lâmpada não acenderá ou o voltímetro não indicará existência de diferença de potencial elétrica se a torneira não for aberta. É o mesmo caso do Simulador A quando não havia movimento relativo entre o ímã e o solenoide. Essas experiências realizadas que correspondem a Atividade 2 deve demonstrar para o estudante que o mais importante para a luz continuar acesa é a torneira está aberta; ela estando aberta implicará que o ímã está em movimento mesmo invertendo seus polos, o movimento do ímã é circular ao longo do eixo perpendicular ao mesmo. Nesse movimento terá a variação de fluxo magnético sobre o solenoide e consequentemente a passagem da corrente elétrica que permitirá a lâmpada acender. O fato é que o ímã estará se movendo desde que haja fluxo de água e isso permitirá que a lâmpada esteja acesa o tempo todo; mesmo piscando. Essa variação da luminosidade da lâmpada se refere ao fato da força eletromotriz induzida ser variável, ou como se denomina comumente de a fem ser alternada e/ou corrente alternada. O Simulador B deixa mais claro a importância da força eletromotriz induzida, ou seja, da lei da indução de Faraday, na desde a sua descoberta até a contemporaneidade e sua imensa relevância prática no dia a dia. Como foi enfatizado na Atividade A, imaginar o mundo sem a energia elétrica é quase que impossível.

### **AÇÃO 5:** Atividade Extra classe - Tarefa

Tarefa- Acessar os Simuladores se achar necessário. Fazer leituras no livro texto ou na internet que possa ajudar a entender as seguintes colocações. Trazer um resumo das leituras que possa ajuda nas discussões da nossa próxima aula e que deverá ser entregue.

**Atividade Extra classe - Tarefa**

Devido ao princípio da conservação de energia, é necessário que adicionar um sinal negativo na lei de Faraday; que foi introduzido pela Lei de Lenz. Com ele é possível conhecer qual é o sentido da corrente elétrica induzida. Pois, a corrente elétrica induzida sempre será formada em um sentido tal que o fluxo magnético por ela produzido oponha-se ao fluxo magnético que a induziu. Será isso verdade? Justifique sua resposta dando pelo menos um exemplo

Gerador: O princípio de funcionamento mais comum nos geradores é a indução eletromagnética. Geralmente, um conjunto de espiras condutoras são colocadas próximas a ímãs. Quando houver a rotação desse conjunto, haverá a indução de uma corrente elétrica no circuito. Um gerador mecânico é o mais comum de todos e transforma energia mecânica em energia elétrica utilizando um dínamo, por exemplo que gera corrente elétrica contínua por meio da indução eletromagnética (Figura 10). Dê um exemplo de gerador que transforma energia mecânica em energia elétrica e de um gerador que transforma energia química em energia elétrica.

**OBSERVAÇÃO PARA O PROFESSOR: OBTENÇÃO DA FEM INDUZIDA ALTERNADA**

Devido ao princípio da conservação de energia, é necessário que adicionar um sinal negativo na lei de Faraday; que foi introduzido pela Lei de Lenz. Com ele é possível conhecer qual é o sentido da corrente elétrica induzida. Pois, a corrente elétrica induzida sempre será formada em um sentido tal que o fluxo magnético por ela produzido oponha-se ao fluxo magnético que a induziu. Será isso verdade? Justifique sua resposta dando pelo menos um exemplo

Gerador: O princípio de funcionamento mais comum nos geradores é a indução eletromagnética. Geralmente, um conjunto de espiras condutoras são colocadas próximas a ímãs. Quando houver a rotação desse conjunto, haverá a indução de uma corrente elétrica no circuito. Um gerador mecânico é o mais comum de todos e transforma energia mecânica em energia elétrica utilizando um dínamo, por exemplo que gera corrente elétrica contínua por meio da indução eletromagnética. Dê um exemplo de gerador que transforma energia mecânica em energia elétrica e de um gerador que transforma energia química em energia elétrica.

Considerando um gerador de corrente alternada, com uma velocidade angular ( $\omega$ ) constante, indicado por uma seta na cor laranja (Figura 9) utilizando a lei da Indução eletromagnética, temos que o fluxo sobre a espira é dado por:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B A \cos \theta ;$$

onde B é o campo magnético, A é área e  $\theta$  é o ângulo entre o campo magnético o vetor normal a superfície da espira em cada ponto. Neste caso, tem-se que

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow \varepsilon = -\frac{d(B A \cos \theta)}{dt} \Rightarrow \varepsilon = -AB \frac{d(\cos \theta)}{dt}$$

ou

$$\varepsilon = -AB \frac{d(\cos \theta)}{dt} \Rightarrow \varepsilon = -AB \frac{d[\cos(\omega t)]}{dt}.$$

pois A e B são constantes. A única variável que faz o fluxo variar com o tempo é o ângulo  $\theta$  devido ao movimento circular com velocidade angular  $\omega$  velocidade cuja relação entre  $\theta$  e  $\omega$  é:  $\theta = \omega t$ . Logo, tem-se que  $\varepsilon$  é dada por

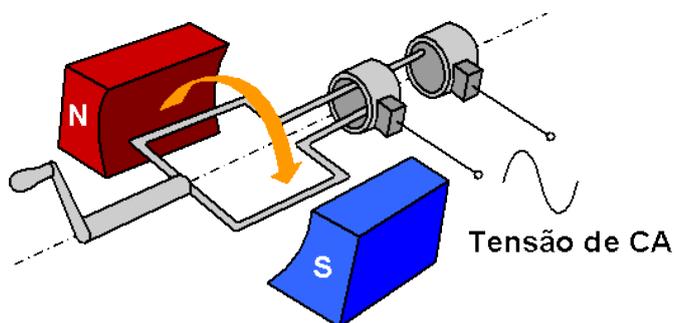
$$\varepsilon = AB \operatorname{sen} \omega t \frac{d(\omega t)}{dt} \Rightarrow$$

$$\varepsilon = AB \operatorname{sen} \omega t \frac{d(\omega t)}{dt} \Rightarrow \varepsilon = AB \omega \operatorname{sen}(\omega t) \Rightarrow$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \operatorname{sen}(\omega t)$$

A força eletromotriz induzida é alternada, por isso que a luminosidade da lâmpada fica oscilando. Essa observação é apenas para os professores que pode usar a solução, visto que a proposta de ensino tem o objetivo a produção de energia elétrica.

**Figura 10** – Esquema de um gerador que transforma energia de movimento em energia elétrica.



Fonte: [http://www.cmm.gov.mo/por/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2\\_4\\_1\\_ACGenerator.html](http://www.cmm.gov.mo/por/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_4_1_ACGenerator.html)

### 4.3 TERCEIRO ENCONTRO

**AÇÃO 1:** Explore o Simulador B (Figura 7) e responda as perguntas da Atividade C.

#### ATIVIDADE C

1. Sabendo que o Simulador B é um caso simples de um gerador. Explique o funcionamento de um gerador, descrevendo as partes que o compõem.
2. Aumentar o volume de água e verificar a intensidade do brilho da lâmpada, correlacionando com os conceitos vistos anteriormente.
3. Variar o número de espiras e a área das espiras, verificando o efeito sobre o brilho da lâmpada. Questionar se isto era esperado e correlacionar com os conceitos abordados.
4. Relacionar o funcionamento da simulação do gerador com as características da corrente elétrica ou tensão elétrica que temos em nossa casa.
5. Na geração da energia elétrica observado pelo Simulador B, quem seria o gerador? Justifique sua resposta.

Retomando o diagrama de blocos exemplificando com a Figura 3, tem-se que quando há aumento da vazão da água e, conseqüentemente, a pressão exercida nas palhetas da roda, o ímã (rotor) gira com maior velocidade, aumentando a corrente. Logo, com o aumento da vazão, aumenta-se a velocidade angular e, conseqüentemente, desencadeia uma maior fem (tensão). Também pode ser observado que o aumento em números e tamanho das espiras influencia diretamente na tensão, produzindo uma corrente elétrica maior. A diferença da velocidade, inversão de polaridades e o tamanho da bobina afetam o brilho da lâmpada, a magnitude e sinal da tensão.

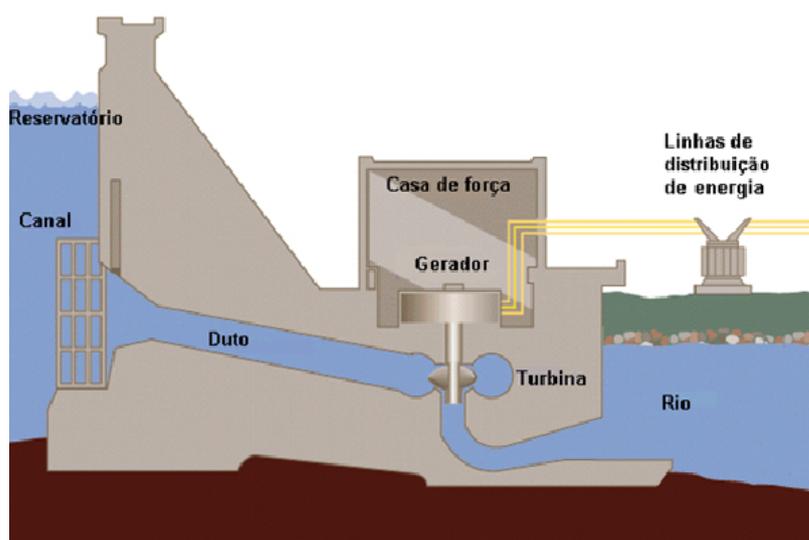
A roda de água desempenha o papel de uma turbina em uma usina hidrelétrica. A comporta da usina é representada por uma torneira cujo vazão de água pode ser controlada. Isso quando se está mimetizando a produção de energia elétrica em uma usina hidroelétrica em comparação com o Simulador B.

**AÇÃO 2:** Compare o Simulador B com uma usina hidrelétrica (Figura 11) Na geração da energia elétrica observado pelo Simulador B, quem seria o gerador? E quem faz o papel do reservatório no Simulador B? Justifique sua resposta.

A Ley de Faraday e a lei Lenz foi o ponto de partida para a construção dos dínamos e sua aplicação na produção de energia elétrica em larga escala.

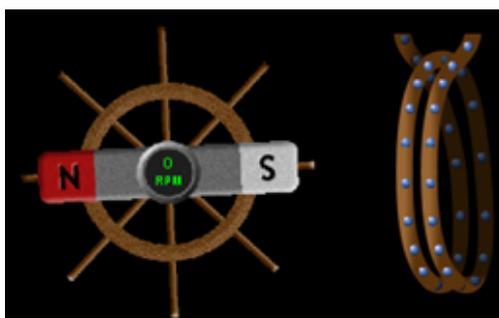
Nas usinas hidrelétricas, a energia mecânica produz a variação do fluxo magnético. Este tipo de usina utiliza o movimento da água (energia mecânica) para gerar a variação do fluxo magnético. A partir dessa variação, surge no gerador uma corrente elétrica induzida, conforme é apresenta-se na Figura 11. Na Figura 12 apresenta quem faz o papel do gerador, questão-problema 1 (Figura 2).

**Figura 11** - Esquema de uma usina hidrelétrica.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/lei-de-faraday/>

Figura 12 – Do simulador do Phet o que faz o papel do gerador.



**AÇÃO 3:** Análise a frase abaixo e faça um paralelo com os simuladores do Phet estudados

Consumimos em nossas casas, energia elétrica, através dos aparelhos eletrodomésticos e a luz que nos ilumina quando precisamos. Essa energia vem das usinas por meio de um dispositivo chamado gerador elétrico, que funciona no sentido contrário a um motor elétrico, ou seja, enquanto o gerador transforma energia mecânica em elétrica, o motor transforma energia elétrica em mecânica (NASCIMENTO, 2006).

A energia elétrica que chega nas residências e às muitas indústrias, obtida através de geradores que transformam em energia elétrica a energia mecânica das quedas d'água, nas usinas hidrelétricas, e a energia térmica oriunda da combustão de óleo, carvão ou gás natural, nas usinas termoelétricas (NASCIMENTO, 2006).

**AÇÃO 4:** Avaliação Individual

Depois de realizadas atividades com os Simuladores A e B, o professor pode perguntar se tem algumas dúvidas. Mesmo estando na sala de informática recomenda-se ir um intervalo de cinco a dez minutos no máximo para ser aplicada a Avaliação Individual, que está exibida no Apêndice 2 (Adaptado de Guia PhET CTED 2020)

Após a Avaliação Individual poderá fazer novamente um debate se houver entendimento do professor que houve lacunas no entendimento da produção de energia, principalmente nas hidrelétricas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção da energia elétrica no Brasil se pode dizer que é uma matriz muito conveniente e eficaz, tendo em vista as condições climáticas, posição geográfica e a continentalidade. Isso quando se pensa no aumento da energia eólica e a solar com as hidrelétricas já existentes. As opções das energias eólicas e solar para o país são além de serem energias renováveis, pois condições climáticas compostas por ventos fortes em determinados territórios e sol praticamente o ano inteiro; com a diminuição de gases poluentes na atmosfera. É o que vem acontecendo em residências com a energia solar sem que seja preciso a construção de obras.

Com o uso de simuladores educacionais foi elaborada uma proposta de ensino para se apresentar com se dá a produção de energia elétrica. Para isso, foi essencial o uso das simulações computacionais do PHET, pois evidenciou-se a lei de Faraday. A lei de Faraday, trata-se de uma das leis do eletromagnetismo das quais ela é essencial para se entender a transformação da energia mecânica em energia elétrica.

Dessa forma, vemos que a proposta de ensino para geração de energia consistiu em um roteiro simples de atividades que pode guiar a ação dos estudantes seguindo momentos pedagógicos relevantes para que o uso das simulações computacionais possa levar à reflexão sobre o tema e - explorar - os conhecimentos prévios dos estudantes.

## REFERÊNCIAS

- AHMER, S. et al. A comparative review of China, India and Pakistan renewable energy sectors and sharing opportunities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews, Pakistan**, v. 57, p. 216-225, 2016
- ARAÚJO, E. S. et al. O uso de simuladores virtuais educacionais e as possibilidades do PhET para a aprendizagem de Física no Ensino Fundamental. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 3, p. 1-25, 2021.
- BIANCHINI, H. M. **Avaliação comparativa de sistemas de energia solar térmica**. Projeto de Graduação, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.
- HELERBROCK, Rafael. **Michael Faraday**. Brasil Escola, 2021. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/michael-faraday.html>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.
- CÂMARA, E. A. **Um estudo comparativo da eficiência das usinas hidrelétricas do Brasil, utilizando a análise por envoltória de dados DEA**. 2008. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- CAMPOS, A. F. et al. Um panorama sobre a energia geotérmica no Brasil e no mundo: Aspectos ambientais e econômicos. **Revista Espacios**, v. 38, n. 1, p. 8-25, 2017.
- CAMPOS A. **A conceitualização do princípio de conservação da energia mecânica: os processos de aprendizagem e a teoria dos campos conceituais**. 2014. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Biociência. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- HELERBROCK, Rafael. **Lei de Faraday**; Mundo Educação, 2021. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-faraday.html>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.
- CANALLE, J. B. G.; MOURA, R. Demonstre em aula - a lei de Faraday e a de Lenz. **Caderno Catalogo de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v.14, n3: p.229-301, 1997.
- CHAGAS, A. G. et al. **Estudo de viabilidade técnica e financeira da implantação de sistemas de geração de energia elétrica distribuída em tubulações de água no setor de mineração**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2020.
- CUNHA, P. P. **Responsabilidade social corporativa: a memória do programa de reassentamento dos atingidos pela barragem da usina hidrelétrica Luiz Gonzaga (ex-itaparica)**. 2012. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2012.
- CURVINA, B. B. **Construção De Kit Didático De Experimentos Fáceis E De Baixo Custo Em Eletromagnetismo Para Ensino Médio**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Instituto Federal do Maranhão. 2019
- DELEUZE, G. A imagem-movimento. **São Paulo: Brasiliense**, 1985, p. 1972-1990.
- ERTHAL, J. P. C.; GASPAR, A. Atividades experimentais de demonstração para o ensino da corrente alternada ao nível do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Guaratinguetá, v. 23, nº 3: p. 345-359, dez. 2006.

FEITOSA, M. C.; LAVOR, O. P. Ensino de circuitos elétricos com auxílio de um simulador do phet. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 125-138, 2020.

HELERBROCK, Rafael. **Indução Eletromagnética**. Brasil Escola, 2021 Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-inducao-eletromagnetica.html>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.

LOCATELLI, R. J.; CARVALHO, A. M. P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 3, 2007.

MARQUES, S. **Energias fósseis versus energias renováveis: proposta de intervenção de educação ambiental no 1.º ciclo do ensino básico**. 2007. Dissertação (Mestrado em Estudos da Criança Promoção da Saúde e do Meio Ambiente) – Instituto da Criança, Universidade do Minho, Braga, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2020. Disponível em: [BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](#)

NASCIMENTO, F. **Aplicação da Lei de Faraday à Construção de um Anemômetro**. 2006. Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas. 2007 Disponível em: [Fellype\\_Lisandro-RF.pdf](#)

NATTRODT, T. N. M.; DIAS, M. G. S. As relações entre os recursos hídricos, a energia e a sustentabilidade na Amazônia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 38319-38339, 2021.

KÌTOR, Glauber. **Lei de Lenz**. Oficina de texto, 2014. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/lei-de-lenz-e-sua-importancia/>. Acesso em: 15 de jun. de 2021.

OLIVEIRA, A. M. Q.; PINHEIRO, J. G. L. Energia Renovável Com Utilização Da Energia Eólica. **Episteme Transversalis**, Volta Redonda, v. 11, n. 1, p.242-267, 2020.

OLIVEIRA, M. J. **Termodinâmica**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

PERIN, D. **O gerador elétrico como proposta didática para o ensino de física: da formação continuada ao ensino contextualizado**. 2015. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Ciências Naturais) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

SIMULAÇÃO INTERATIVA. **Phet**. 2021. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/services/download-servlet?filename=%2Factivities%2F5163%2Fphet-contribution-5163-10009.pdf>. Acesso em: 25 de ago. 2021.

SIMULAÇÃO INTERATIVA: Criando uma simulação. **Phet**. 2021. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/files/guides/PhetGuideActivityDoc\\_v8-final\\_en.pdf](https://phet.colorado.edu/files/guides/PhetGuideActivityDoc_v8-final_en.pdf). Acesso em: 25 de ago. de 2021.

SIMULAÇÃO INTERATIVA: Preparando atividades para educação básica. **Phet**. 2021. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/teaching-resources/activities-design](https://phet.colorado.edu/pt_BR/teaching-resources/activities-design). Acesso em: 25 de ago. de 2021.

SIMULAÇÃO INTERATIVA: Dicas de uso do Phet. **Phet**. 2021. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/teaching-resources/tipsForUsingPhet](https://phet.colorado.edu/pt_BR/teaching-resources/tipsForUsingPhet). Acesso em: 25 de ago. de 2021.

SUPORTE PARA PROFESSORES DE FÍSICA. **Physport**. 2021. Disponível em: <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93340>. Acesso em: 22 de ago. de 2021.

QUEIROZ, R. et al. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. In: **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**. Santa Maria. v.13. n.13. p. 2774-2784. 2013.

REIS, T. O. **Estudo experimental da Lei de Faraday da indução eletromagnética utilizando um smartphone e um computador**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba, 2018.

SANTIAGO, A. J. et al. Construindo Um Motor Elétrico De Corrente Contínua Como Aprendizagem Ativa Da Lei De Faraday. **Revista do Professor de Física• Brasília**, Brasília. v. 2, n. 2, 2018.

SERNI, P. J. A. Conscientização do uso da energia elétrica através do ensino dos impactos ambientais devido as diferentes fontes de energia elétrica. In: **FÓRUM DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA DO CÂMPUS EXPERIMENTAL DE SOROCABA, 3.**, 2013, Sorocaba. **Anais\_Sorocaba**: 2013. p. 11-12.

SILVA-JÚNIOR, G. P. **Estudo comparativo dos projetos de Belo Monte com uma abordagem tecnológica socioambiental**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS, 1.; ENCONTRO DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 1.; 2018. **Anais [...]**. Instituto Federal de Pernambuco, 2018. 1 p. Tema: O uso da tecnologia como meio auxiliar para o ensino da física. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/562/90>. Acesso em: 15 de jul. de 2021.

ENERGIA ELÉTRICA: O QUE É E COMO FUNCIONA?. **Site Sustentável**. 2021. Disponível em: <https://sitesustentavel.com.br/energia-eletrica-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 12 de jun. de 2021.

JUNGES K. C.; ORLOVSKI R. A importância da informática na Educação. **Semana Acadêmica**, Fortaleza, v.1, 2014.

TANAKA, Hugo Shigueo. Geradores Elétricos. **Todo Estudo**. Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/geradores-eletricos>. Acesso em: 19 de OUT. de 2021.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012

OLIVEIRA H.; FREIRE M. L. F. O Computador e o Ensino de Física: Simulação e Modelagem Computacional. 2011. Disponível em: [O-computador-e-o-ensino-de-fisica.pdf](#). Acesso em: 10 de jun. de 2021.

TIC ACESSÍVEIS E ENSINO PERSONALIZADO PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIAS. **Unesco**, 2011. Disponível em: [accessible\\_ict\\_students\\_disabilities\\_pt.pdf](#). Acesso em: 15 de jun. de 2021.

- ROCHA S. S. D. O uso do computador na educação: a Informática Educativa. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n.7, 2008. Disponível em: <https://softwarelivrenaeducacao.wordpress.com/2009/10/11/artigo-o-uso-do-computador-na-educacao-a-informatica-educativa-2/>. Acesso em: 18 de jul. de 2021.
- VEIGA, J. E. Energia Nuclear: do anátema ao diálogo. **Senac**, 2018.
- VIEIRA, J. R. **Um olhar sobre o uso das TIC no ensino de Física**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática) – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2014.
- WILLEY, A. D. Objetos de Aprendizagem: Conceitos Básicos. **The instructional use of learning objects** 2002. Disponível em: <https://reusability.org/read/>. Acesso em: 10 de ago. de 2021.
- WILEY, D. A. **Learning object design and sequencing theory**. 2000. Dissertação (Doutorado) - Brigham Young University, Provo, 2000. Disponível em: <http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Acesso em 7 ago. 2021.
- ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUDUCAÇÃO, 2., 2011, Cascavel. **Anais [...]**. Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011. Tema: Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física. Disponível em: <http://docplayer.com.br/51641224-Reflexao-sobre-a-eficacia-do-uso-de-um-ambiente-virtual-no-ensino-de-fisica.html>. Acesso em: 5 de ago. de 2021.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE SODAGEM

O questionário inicial/Sondagem no formato de tabela (Quadro 01) poderá ser aplicado para verificar as percepções dos estudantes sobre as questões problemas e se possuíam concepções prévias e/ou conhecimentos anteriores sobre conceitos específicos relativos à energia e eletroímãs. Será solicitado que preencham o informando “SIM”, “NÃO” ou “MAIS OU MENOS” de acordo com o conhecimento a respeito da temática que será abordada. Essa atividade deverá ser realizada no primeiro encontro (como mencionado na Ação 1).

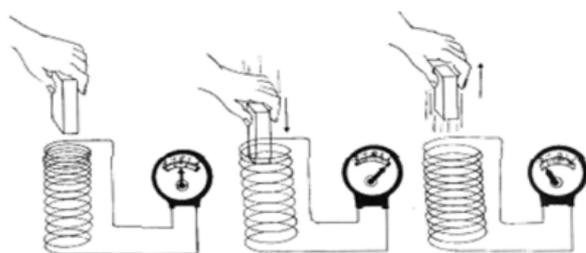
**Quadro 1** - Formulário para sondagem

PERGUNTAS	RESPOSTAS		
	Sim	Não	Mais ou menos
Você sabe o que é um eletroímã?			
Você sabe como um eletroímã é constituído			
Você acha que um eletroímã possui as mesmas características de um imã?			
Investigue e registre as vantagens e aplicações tecnológicas do eletroímã no espaço abaixo			

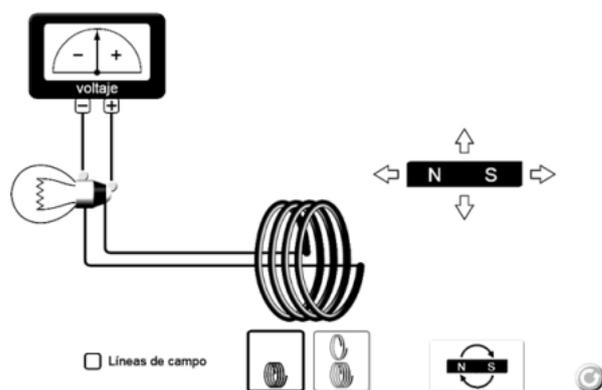
## APÊNDICE B – AVALIAÇÃO INDIVIDUAL

**Pergunta de abertura: ... Se a corrente elétrica gera magnetismo, o magnetismo pode gerar corrente?**

Sim em uma espiral você passa um ímã perto dele, uma corrente fluirá através do fio se houver um movimento relativo entre o ímã e a espira. Quando isso acontece, diz-se que um campo magnético "cria" ou "induz" uma corrente em uma espira. Este princípio é chamado indução eletromagnética.



Abra o simulador "Lei de Faraday" e vamos reproduzir o experimento de Faraday. **Encontre uma maneira de fazer a lâmpada acender.**

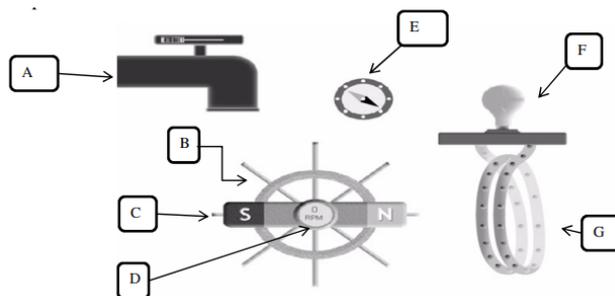


**Como você pode fazer a lâmpada brilhar mais forte?**

**Como a velocidade do ímã afeta o brilho da lâmpada?**

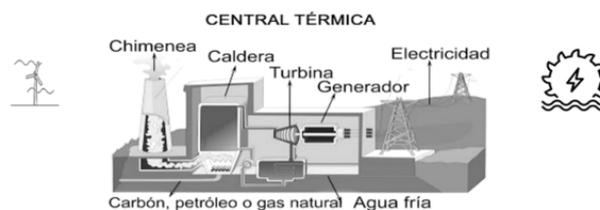
Agora, abra o simulador "Gerador" (JAVA) e vá até a aba "Gerador", manipule seus componentes e veja o que acontece.

**Escreva ao lado da letra o que corresponde cada componente.**



**O que faz a lâmpada acender?**

Com este 2º simulador você pôde apreciar como funcionam os geradores elétricos, que são uma aplicação muito importante da indução eletromagnética descoberta por Faraday



Um gerador elétrico é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica. A fonte de energia mecânica pode vir de motores a vapor alternativos, água caindo em uma turbina ou roda d'água, um motor de combustão interna, uma turbina eólica, uma manivela, ar comprimido ou qualquer outra fonte de energia mecânica.

**Fonte: Adaptado de Guia PhET CTED 2020**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos e por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Agradeço aos Professores, em especial do Departamento de Física, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Em especial, à minha orientadora, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiou o meu aprendizado.

Agradeço aos Servidores da UEPB, em especial do Departamento de Física, que foram sempre atenciosos.

Aos meus Colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Agradeço aos meus Pais e Irmãos, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos Amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.