

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufsc** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**MANUAL PARA A CONSTRUÇÃO DE
EXPERIMENTOS COM REAPROVEITAMENTO E
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO EM AULAS DE
FÍSICA SOBRE: MECÂNICA, FÍSICA TÉRMICA E
ELETROMAGNETISMO**

MARILIN CELISA CANNAVAN

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. ANA LÚCIA BRANDL

CO-ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA

Sorocaba - SP
Abril de 2021

INTRODUÇÃO

Trabalhando como professora em escolas públicas do Estado de São Paulo desde 2007, reconheço as dificuldades que os professores encontram para ministrarem suas aulas; dentre elas, uma das principais é a falta de recursos. Por esse motivo, é necessário adaptar materiais e minimizar custos das aulas para não inviabilizá-las e, com esse objetivo foi elaborado esse produto educacional contendo roteiros de montagem de experimentos com descrição detalhada e exposição de propostas de adaptações de materiais, em que a matéria prima sugerida para a construção é de baixo custo, com opções de reaproveitamento de peças encontradas em objetos do nosso cotidiano e de fácil aquisição, na tentativa de facilitar o trabalho do professor que desejar utilizá-los.

A minha motivação em propor um produto educacional relacionado à atividade experimental está diretamente vinculada ao meu interesse por essa prática. Desde a infância, tenho curiosidade em compreender o funcionamento de alguns objetos do cotidiano e agora, como professora, reconheço a relevância desse tipo de estratégia didática para o ensino-aprendizagem, além de ser atrativa para os discentes.

Neste produto educacional, serão descritos os processos de montagem e, brevemente, a Física envolvida nos experimentos: Montanha-Russa de Papel Cartão, Minigerador Termoelétrico e Gerador de Indução Eletromagnética. Os três experimentos foram retirados do site Manual do Mundo, com a realização de algumas adaptações didáticas para que sejam utilizados em sala de aula, objetivando facilitar a execução e evidenciar conceitos essenciais da Física abordados nas aulas para o Ensino Médio.

No site do Manual do Mundo são apresentados vídeos que demonstram a construção e informações sobre os experimentos propostos, mas não são disponibilizados os roteiros escritos (informação baseada em pesquisa realizada até o ano de 2018, em que iniciei os estudos para a escrita desse produto educacional) que possibilitariam uma visão geral sobre a montagem desses experimentos, agilizando a conclusão do professor no tocante a atender à necessidade da aula planejada e da viabilidade da construção do experimento no contexto de sala de aula.

Acreditamos na importância da disponibilidade dos roteiros escritos dos experimentos e dos vídeos instrucionais de montagem, pois um meio complementa o outro para a compreensão e a reflexão sobre a construção do experimento.

Ao final de cada roteiro de experimento, foi sugerido e disponibilizado o link de recursos pedagógicos complementares que apresentam vínculo conceitual com os experimentos propostos nesse produto educacional.

SUMÁRIO

EXPERIMENTO 1: MONTANHA-RUSSA DE PAPEL CARTÃO	7
EXPERIMENTO 2: MINIGERADOR TERMOELÉTRICO	16
EXPERIMENTO 3: GERADOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	24

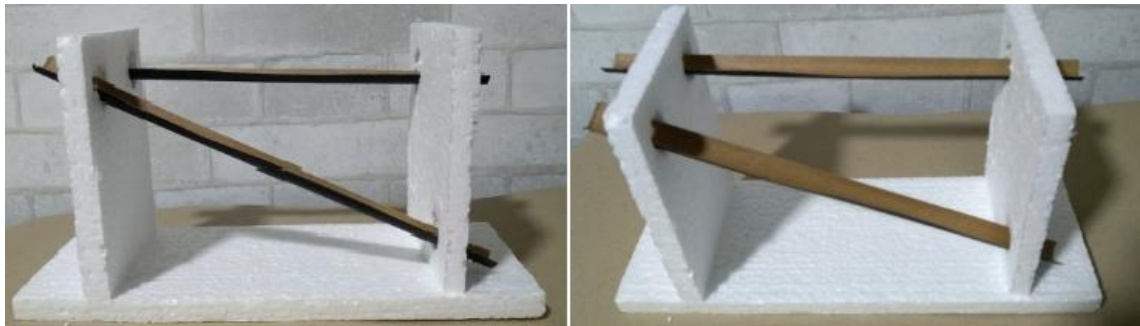
Roteiros dos Experimentos

EXPERIMENTO 1: MONTANHA-RUSSA DE PAPEL CARTÃO

O objetivo principal desse experimento foi discutir a conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética. Foram feitas comparações entre as duas rampas (mais inclinada e a menos inclinada), em relação à energia potencial gravitacional armazenada e a energia cinética na extremidade inferior das rampas, estando essa grandeza diretamente relacionada à velocidade final do projétil que desce a rampa, Figura 1.

Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 5,00 (considerando que foram comprados apenas o isopor e o papel cartão, pois os demais materiais foram reaproveitados de objetos existentes na casa da pesquisadora).

Figura 1: Experimento Montanha-Russa de Papel Cartão finalizada.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais utilizados (em negrito):

Alguns dos materiais citados abaixo podem ser adaptados. Descrevem-se detalhadamente os materiais a serem utilizados para facilitar a compreensão e possíveis adaptações na montagem.

- **2 Bolinhas de borracha de aproximadamente 1 cm (bolinha vedante de torneira - forsan)** ou substitua por qualquer outra bolinha de aproximadamente 1 cm;
- **Uma folha de papel cartão**, para recortar duas tiras (30 cm x 3 cm);
- **Uma placa de isopor de 100 cm x 50 cm x 10 mm**, para recortar as seguintes peças:
- 3 pedaços da placa de isopor, que servirão de apoio e estrutura: uma base (33 cm x 12cm) e duas peças estruturais iguais (15 cm x 12 cm);
 - 3 pedaços de isopor que servirão de contenção para as bolinhas em queda das canaletas ao final da descida, serão duas de 6 cm x 2 cm e uma de 12 cm x 2 cm;
- **Estilete, tesoura, cola quente** (cuidado ao usar cola quente no isopor! esquentar apenas o suficiente para derreter a cola, pois se estiver muito quente derreterá o isopor) **ou cola de isopor, régua, lápis.**

Montagem:

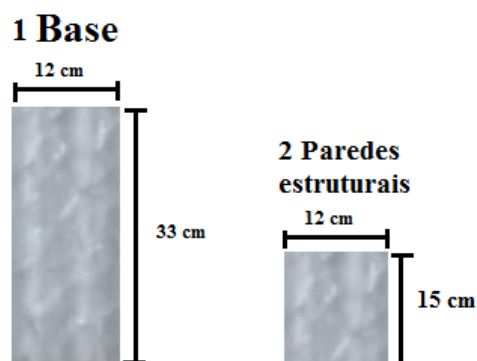
Recorte os pedaços de isopor com régua e estilete, na tentativa de manter um corte mais bem acabado, ver figura 2. Com o isopor, faremos a estrutura da montanha-russa, que serão necessárias as seguintes peças de isopor: uma base retangular (33 cm x 12 cm), dois retângulos estruturais iguais (15 cm x 12 cm) e as peças de **contenção da bolinha ao final do deslocamento das rampas** - dois retângulos (6 cm x 2 cm) e uma peça (12 cm x 2 cm), Figuras 2 e 3.

Figura 2: Retângulo de isopor usado na base da montanha-russa.



Fonte: Elaborado pela autora.

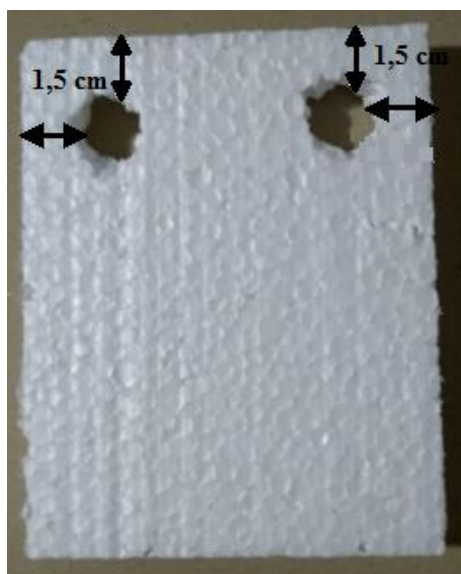
Figura 3: Base da montanha-russa e estruturas para as canaletas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pegue uma das partes estruturais da montanha-russa e faça dois furos usando a ponta de um lápis, eles devem ser paralelos e com aproximadamente 2 cm de diâmetro e a uma distância de 1,5 cm da extremidades laterais, como na Figura 4 e 5;

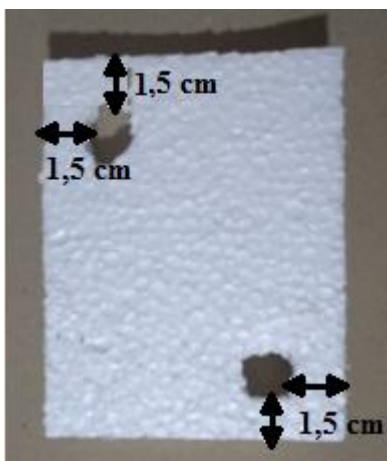
Figura 4: Em uma das paredes estruturais, fazer dois furos paralelos de aproximadamente 2 cm de diâmetro e distantes 1,5 cm das extremidades laterais.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pegue a outra peça estrutural e faça dois furos na diagonal, como na figura 5;

Figura 5: Furos da outra parede estrutural, na diagonal e distante das extremidades laterais 1,5 cm e com diâmetro aproximado de 2 cm.



Fonte: Elaborado pela autora.

Recorte as duas canaletas de papel cartão de 30 cm de comprimento por 3 cm de largura, Figura 6;

Figura 6: Duas canaletas de papel cartão usadas na construção da montanha-russa.



Fonte: Elaborado pela autora.

Com uma caneta, curve as canaletas dando o formato arredondado para que, quando a bolinha descer, ela não saia do percurso, Figura 7;

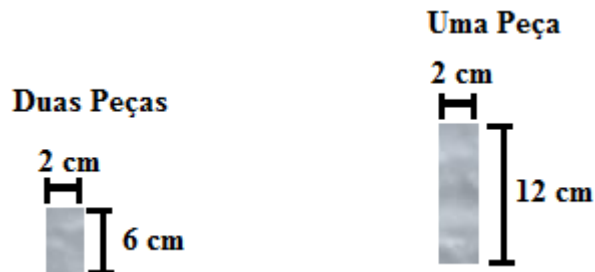
Figura 7: Curvando o papel cartão das canaletas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Vamos recortar as peças de isopor que servirão para segurar as bolinhas ao final da descida, Figura 8;

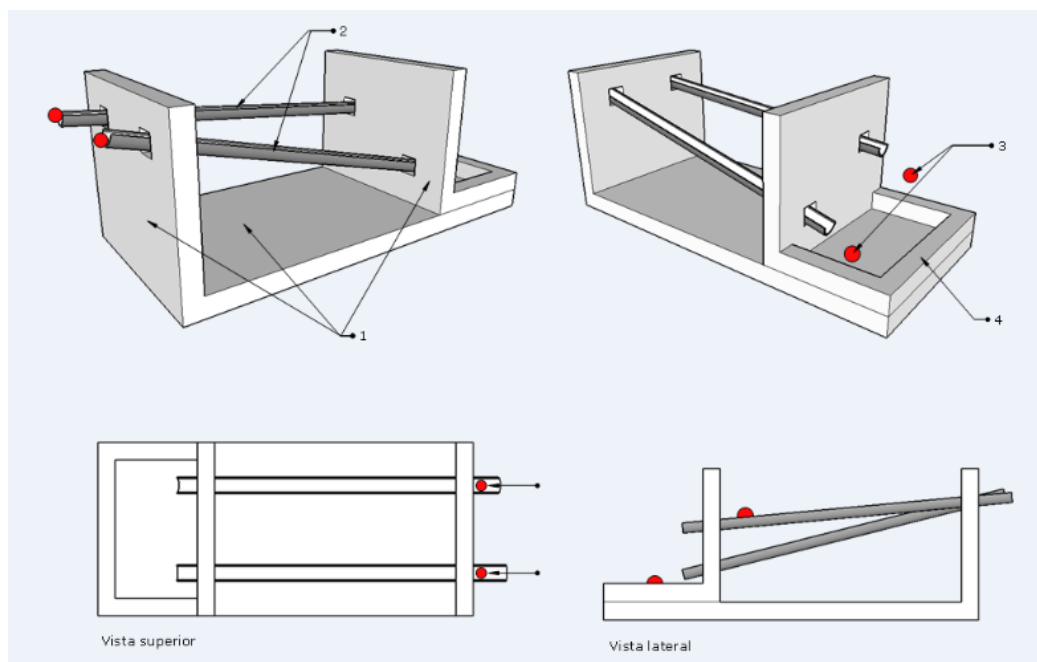
Figura 8: Peças de isopor para a contenção da bolinha ao final do deslocamento pelas rampas.



Fonte: Elaborado pela autora.

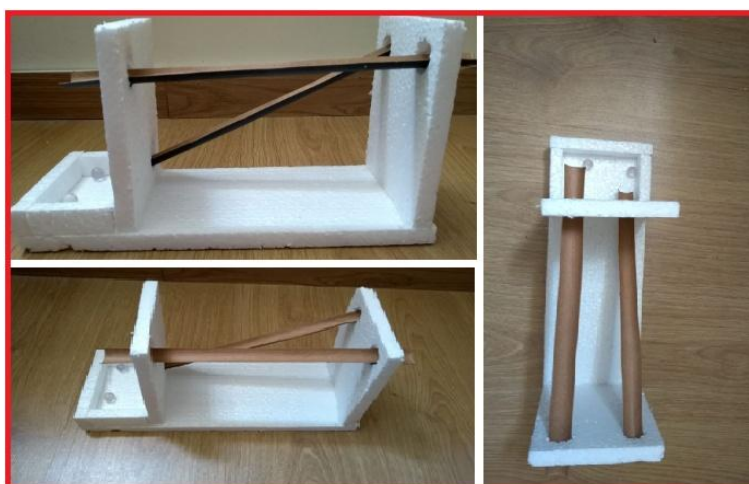
Agora encaixe cada extremidade das tiras de papel cartão nos furos dos isopores estruturais e cole a base de isopor, como na Figura 9 e 10;

Figura 9: Esquema exemplificando o experimento montanha-russa de papel cartão, sendo: (1) estrutura da montanha-russa feita de isopor, (2) canaletas de papel cartão com inclinações diferentes, (3) bolinhas de silicone - projétil e (4) barreira de contenção do projétil.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10: Montanha-russa de papel cartão finalizada, com duas rampas de inclinações diferentes para testar a Energia Mecânica, construída com isopor e papel cartão.



Fonte: Elaborado pela autora.

O que pode dar errado nesse experimento:

Não há muito que dar errado nesse experimento, mas é importante ficar atento as medidas das peças e a posição dos furos dos quais passarão as canaletas. Uma variação e reflexão interessante nesse experimento seria a mudança do material de confecção das canaletas, com o objetivo de observar a alteração no atrito com a superfície durante o deslocamento do objeto.

A Física envolvida no experimento:

Nesse experimento sugerimos a discussão sobre conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética. É interessante propor aos alunos a reflexão sobre as perguntas:

Comparando as duas rampas (mais inclinada com a menos inclinada), em qual delas a bolinha chegará ao final com maior energia cinética e, conseqüentemente, maior velocidade? Em um parque de diversões, após o início do movimento, é possível que o carrinho de uma montanha-russa se desloque sem nenhum motor?

A seguir, descrevemos no Quadro 1 algumas vantagens e desvantagens do experimento montanha-russa de papel cartão.

Quadro 1: Quadro de vantagens e desvantagens do experimento montanha-russa de papel cartão.

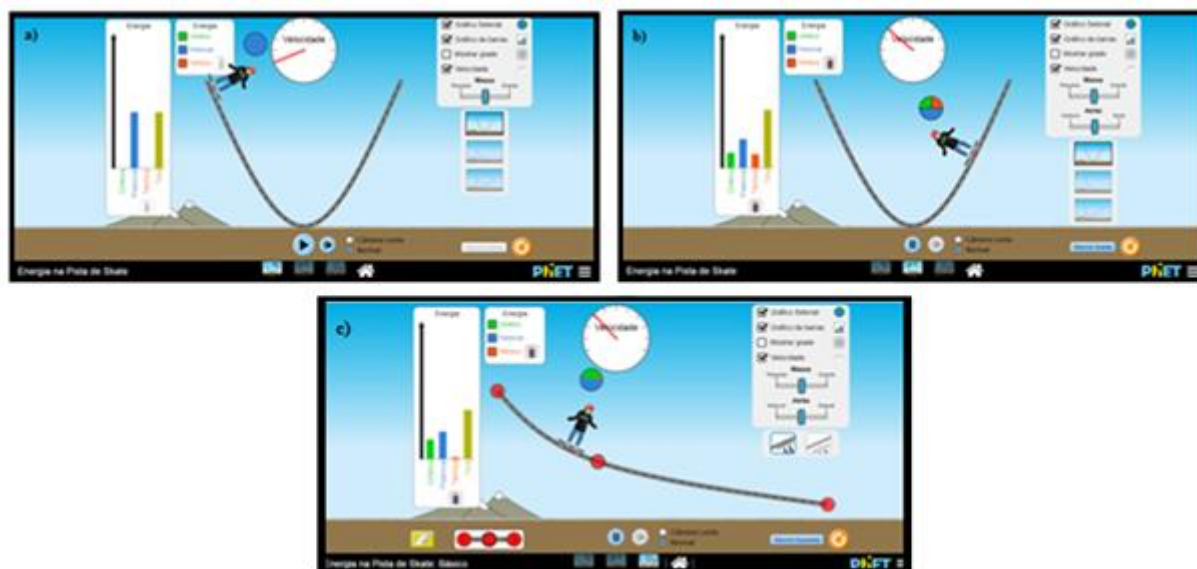
Vantagens	Desvantagens
Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 5,00 (considerando que foram comprados apenas o isopor e o papel cartão, os demais materiais foram reaproveitados de outros objetos do cotidiano).	Transporte do experimento.
Possível a comparação simultânea de uma pista mais inclinada com outra menos inclinada. Sistema real que possibilita verificar com clareza a variação de velocidade do projétil de uma pista comparada a outra.	Se o experimento fosse maior facilitaria visualização a uma distância maior.
Oportunidade para falar sobre atrito com a superfície e arrasto.	Impossibilidade de desconsiderar atrito com a superfície e arrasto.

Sugestão de recurso pedagógico complementar para a aula:

Simulador do PhET - Física Energia na Pista de Skate, Figura 11, no qual é possível abordar os conceitos das energias: cinética, potencial gravitacional, mecânica e térmica (como dissipação de energia). Esse simulador é dividido em três fases, havendo algumas variações em cada fase, sendo que na primeira se desconsiderando a energia térmica (essa é uma vantagem se comparado a experimentos reais, nos quais não é possível simular ausência de dissipação de energia); na segunda fase são apresentados os mesmos recursos da primeira, só com o acréscimo da energia térmica e na terceira fase a pista de skate pode ser construída, apresenta os mesmos recursos das anteriores.

Na simulação é possível verificar por meio de gráficos de barras e setorial as conversões de energias, existem também outros itens interessantes, como: o marcador de velocidade (possibilitando associar com a mudança na energia cinética durante o deslocamento do skatista) e variar a massa (skatista - skate) para observar a relação entre essa alteração com a variação nas conversões de energias.

Figura 11: Simulador do PhET - Física - Energia na Pista de Skate, no qual é possível abordar os conceitos das energias: cinética, potencial gravitacional, mecânica e térmica. Fases do mesmo simulador: em (a) nessa fase da simulação é desconsiderada a energia térmica (dissipação) no movimento do skatista; já na segunda fase do mesmo simulador (b), a energia térmica é considerada no movimento do skatista e na fase (c) é possível construir a pista que o skatista irá se deslocar.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html. Acesso em: Agosto/2019.

Link:

Simulador do PhET – Física: Energia na Pista de Skate
https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html

EXPERIMENTO 2: MINIGERADOR TERMOELÉTRICO

O objetivo principal desse experimento, Figura 12, foi discutir sobre a conservação da energia, convertendo energia térmica em elétrica, estabelecendo conexão com a primeira lei da Termodinâmica.

Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas a placa Peltier (com frete), pasta térmica e o Led, pois os demais materiais foram reaproveitados de objetos existentes na casa da pesquisadora).

Figura 12: Experimento Minigerador Termoelétrico em funcionamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais utilizados (em negrito):

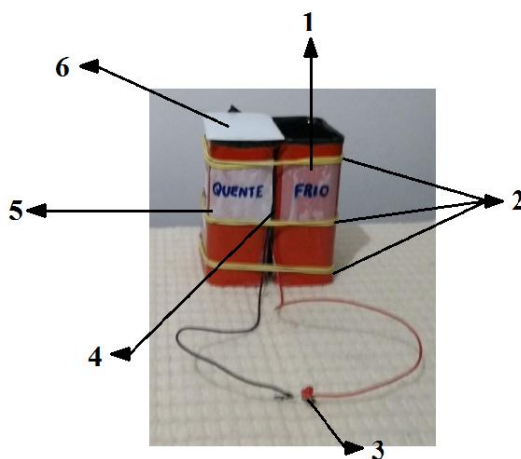
Alguns dos materiais citados abaixo podem ser adaptados, como o LED, que pode ser substituído por um motor de carrinho de brinquedo, pois a função do LED é apenas

demonstrar a energia elétrica “gerada”. As adaptações dos materiais ficarão a critério e criatividade da pessoa que construirá o experimento.

Descreverei detalhadamente os materiais a serem utilizados para facilitar a compreensão e possíveis adaptações na montagem, Figura 13.

- **2 latas retangulares e iguais**, para fazerem os reservatórios, quente e frio;
- **1 placa Peltier**, pode ser reaproveitado do sistema de refrigeração ou de componentes eletrônicos ou refrigeração de bebedouros;
- **Pasta térmica - uma embalagem de 10 g**;
- **1 LED (cor opcional)**;
- **Fita isolante**, para revestir ligação do LED no fio da placa Peltier;
- **Elásticos de borracha** (do tipo utilizado para prender dinheiro), aproximadamente 12 unidades para unir satisfatoriamente as latas à placa Peltier, como na Figura 13;
- **Bandeja de isopor (dessas que compramos com carne) ou tampa de embalagem plástica**, esses materiais são sugestões para a confecção da tampa para o reservatório quente;
- **Água fria, gelo e água fervendo**, para os reservatórios, frio e quente;
- **Pilha de 1,5 V**, para identificar a face quente e a fria da placa Peltier;
- **Adesivo e caneta** para identificar os reservatórios: quente e frio;
- **2 colheres pequenas de sal**, para colocar na fonte fria, com o objetivo de baixar a temperatura.

Figura 13: Foto do Minigerador Termoelétrico, que é composto por: (1) reservatório frio, (2) elásticos, (3) LED, (4) placa Peltier com pasta térmica entre os reservatórios frio e quente, (5) reservatório quente e (6) tampa do reservatório quente.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais Complementares: esses materiais foram considerados opcionais, pois não influenciarão no funcionamento do experimento, mas servirão para melhorar a demonstração do mesmo, verificando as medidas de: tensão e corrente elétrica, tempo e temperatura.

- Multímetro, para medir tensão e corrente elétrica;
- 2 termômetros culinários (foram usados esses e não o clínico, pois ele mede temperaturas entre -50°C a $+300^{\circ}\text{C}$);
- Cronômetro.

Montagem:

Antes de iniciar a montagem do experimento, faça o teste para identificar a face da placa Peltier que ficará voltada para o reservatório quente e qual será o frio. Nesse teste, pegue a placa Peltier e ligue na pilha, de maneira que o fio vermelho da placa seja colocado no polo positivo da pilha e o preto no negativo, e sinta com suas mãos o lado que aquece. Essa face deverá ficar voltada para o reservatório onde será colocada a água quente e a outra face para o reservatório frio;

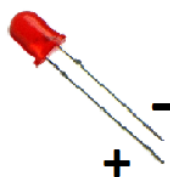
Após o teste, pegue a placa Peltier e passe a pasta térmica nas duas faces que ficarão em contato com as latas;

Coloque a placa Peltier entre as latas e identifique-as com a fita adesiva, conforme mostrado na Fig. 12;

Passe o elástico de borracha de forma a fixar a placa entre as duas latas, sendo quatro em cima, quatro no meio e quatro em baixo. Quanto maior o contato, melhor será a condução do calor do reservatório quente para a placa Peltier;

Ligue o LED, polo positivo no fio vermelho da placa Peltier e polo negativo no fio preto, veja na Figura 14, a polaridade do LED;

Figura 14: Polaridade do LED.



Fonte: Elaborado pela autora.

Coloque água fervendo no reservatório quente e água gelada com gelo no reservatório frio;

Tampe o reservatório quente na tentativa de diminuir a perda de calor por meio da convecção.

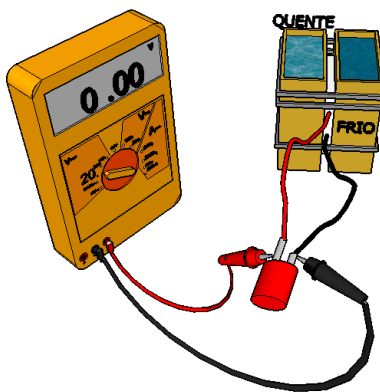
Etapas Opcionais: coletando dados das temperaturas, tensões e correntes elétricas; e tempo de duração no funcionamento do experimento.

Após colocar água nos dois reservatórios, insira um termômetro em cada um deles para medir as temperaturas, observar a variação entre elas e a conseqüente influência na luminosidade do LED, de maneira que a intensidade luminosa está diretamente relacionada com o tempo de “geração” de energia;

Acione o cronômetro para medir o tempo de duração na geração de energia elétrica e desligue o cronômetro quando o LED apagar;

Ligue um multímetro em paralelo com o LED para medir a tensão gerada no experimento, então, selecione na chave do multímetro a opção de voltagem contínua (V ---) 20, como na Figura 15;

Figura 15: Multímetro ligado em paralelo no experimento, para medir a tensão elétrica no circuito (imagem fora de escala).

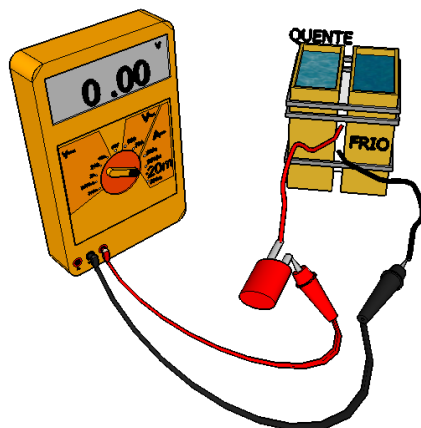


Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, ligue o multímetro em série com o experimento, com o objetivo de medir a corrente elétrica gerada para observar sua influência na luminosidade do LED;

Para medir corrente elétrica no multímetro, selecione a opção de corrente contínua (A ---) 20m, ver Figura 16;

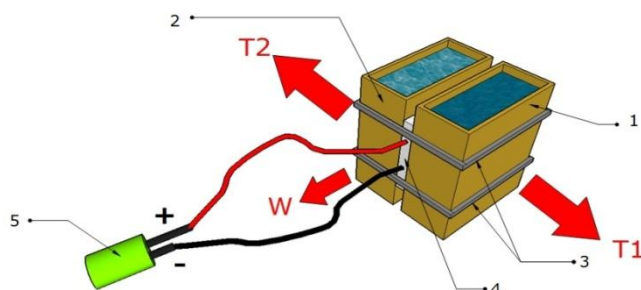
Figura 16: Multímetro ligado em série no experimento para medir a corrente elétrica gerada no circuito (imagem fora de escala).



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando a luminosidade do LED estiver baixa, acrescente o sal no reservatório de água fria. Como resultado, a temperatura irá baixar e a luminosidade do LED irá se restabelecer permanecendo aceso por mais um curto período de tempo. Veja a seguir um esquema ilustrativo da montagem do experimento Minigerador Termoelétrico, Figura 17, e uma imagem do experimento finalizado e em funcionamento, Figura 18.

Figura 17: Esquema ilustrativo mostrando a montagem do experimento. O sistema é composto por (1) lata de azeite com água quente, (2) lata de azeite com água fria, (3) elásticos, (4) placa termoelétrica - Peltier com camada de pasta térmica em cada face da placa - que es quente e a que esfria - e (5) LED.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18: Experimento Minigerador Termoelétrico em funcionamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

O que pode dar errado nesse experimento:

Nesse experimento é importante ficar atento ao teste da placa Peltier para identificar a face que ficará voltada para cada reservatório de água - quente e frio (página 18) não se esquecendo de passar a pasta térmica nas faces da placa antes da montagem do experimento, outro ponto de atenção é para a ligação do LED na placa Peltier (página 18).

A Física envolvida no experimento

Nesse experimento sugerimos a discussão sobre conservação da energia, convertendo energia térmica em elétrica, estabelecendo conexão com a primeira lei da Termodinâmica. Outros temas interessantes de serem abordados são: processo endotérmico, convecção, efeito Seebeck e Peltier, dissipação de energia, funcionamento das usinas termoelétricas e termoeletrônicas, estando esses temas relacionados com o experimento em questão. Sugestões de perguntas:

Quais são os meios de “geração” da energia elétrica? É possível “gerar” energia elétrica por meio do calor? Como funciona uma termoelétrica? É viável utilizar um gerador como o da aula para abastecer uma residência?

Observação

Ao colocar o sal no reservatório frio para baixar sua temperatura, cria-se o processo chamado endotérmico, o qual o sal absorve calor da água. Com isso, prolongamos o tempo de funcionamento da placa Peltier, pois quando a lâmpada de LED diminuir sua luminosidade,

devido à redução na variação de temperatura nos reservatórios, o acréscimo de sal aumentará a diferença entre elas, restabelecendo o funcionamento por um breve período.

A seguir, descrevemos no Quadro 2 algumas vantagens e desvantagens do experimento Minigerador Termoelétrico.

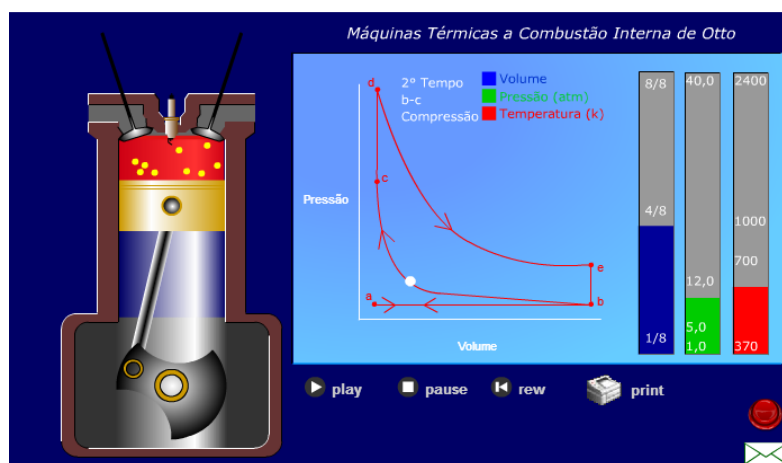
Quadro 2: Quadro de vantagens e desvantagens do experimento Minigerador Termoelétrico.

Vantagens	Desvantagens
Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas: a placa Peltier - com frete, pasta térmica e o LED, os demais materiais foram reaproveitados de outros objetos do cotidiano).	Se a variação de temperatura entre fonte quente e fria não for considerável o experimento não funcionará.
Demonstra de forma satisfatória as conversões de energia.	Dificuldade de descolamento do experimento junto com garrafas térmicas (água quente e fria), e fragilidade.
Demonstra o princípio básico de funcionamento das máquinas térmicas.	É importante a manutenção a cada reutilização do experimento.

Sugestões de recursos pedagógicos complementares para a aula:

Animações sobre o ciclo de Otto (Figura 19) e do ciclo Diesel (Figura 20), sendo que a primeira apresenta por meio de um vídeo as etapas do motor ciclo Otto e seu respectivo diagrama pV e gráficos indicando o estado da substância no cilindro do motor.

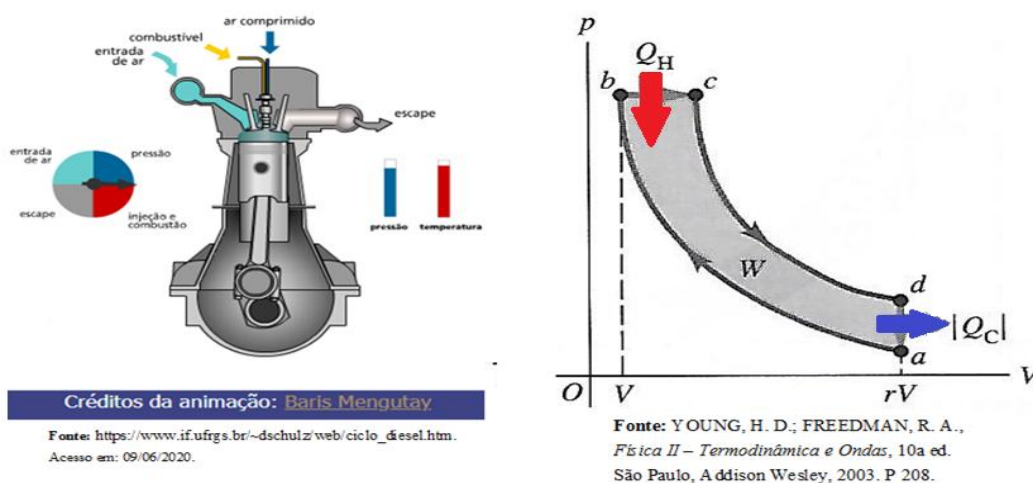
Figura 19: Animação com o ciclo do motor Otto e seu diagrama pV.



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodinamica/motor.html>. Acesso em: 09/06/2020.

A segunda animação é sobre os tempos do ciclo Diesel e seu diagrama pV idealizado, Figura 20, possibilitando a realização de comparações entre algumas etapas (ciclos Otto e Diesel) que diferem um motor do outro, sendo que no Diesel não é necessário vela de ignição para a explosão, na admissão a válvula se abre e há a entrada apenas do ar que será comprimido até a capacidade máxima, elevando assim a temperatura e só, então, o combustível será injetado, provocando a explosão da mistura (ar e combustível), não sendo necessário dispositivo faiscador (vela) para a ignição. No diagrama pV ideal estão destacados a entrada de calor no sistema “fonte quente” e a saída do calor do sistema (escape do gás) “fonte fria”.

Figura 20: Animação com o ciclo do motor Diesel e o diagrama pV idealizado.



Links:

Animação ciclo do motor Otto https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_diesel.htm

Animação ciclo do motor Diesel <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/termodinamica/motor.html>

EXPERIMENTO 3: GERADOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

O objetivo principal desse experimento, Figura 21, foi discutir a transformação da energia cinética de oscilação dos ímãs em energia elétrica e indução eletromagnética.

Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas: os super ímãs (com frete) e os Leds, pois os demais materiais foram reaproveitados de objetos existentes na casa da pesquisadora).

Figura 21: Experimento Gerador de Indução Eletromagnética.



Fonte: Elaborado pela autora.

Materiais utilizados (em negrito):

Alguns dos materiais citados abaixo podem ser adaptados, descreverei detalhadamente os materiais a serem utilizados para facilitar a compreensão e possíveis adaptações na montagem.

→ **2 seringas de 5 ml sem os êmbolos**, foram escolhidas seringas com esse volume por seu diâmetro ser aproximado ao dos ímãs de 1 cm (diâmetro), o que facilita seu deslocamento, portanto, elas servirão de estrutura para o gerador, ou, então, substitua por qualquer recipiente que tenha aproximadamente 1,5 cm de diâmetro e 14 cm de comprimento;

→ **fio de cobre esmaltado**, que será utilizado para enrolar a bobina, **aproximadamente 40 m de comprimento por 0,5 mm de espessura**. O fio de cobre pode ser encontrado em bobinas usada de: motores elétricos, alto-falantes, entre outras;

→ **4 super ímãs (ímãs de neodímio) circular** de aproximadamente **1cm de diâmetro** por 0,3 cm de profundidade, é necessário que o diâmetro seja um pouco menor que o da seringa, facilitando a oscilação dos ímãs dentro do recipiente (é possível encontrar esse tipo de ímã em fones de ouvido, leitores de DVD, disco rígido, entre outros; mas há a dificuldade em relação ao formato desses para o experimento, porque é necessário que se mantenha o ímã na mesma direção sempre, com as polaridades perpendiculares às espiras, sendo essencial que esse ímã se desloque no interior da espira ao oscilar o experimento);

→ **2 LED vermelho** ou qualquer outra cor;

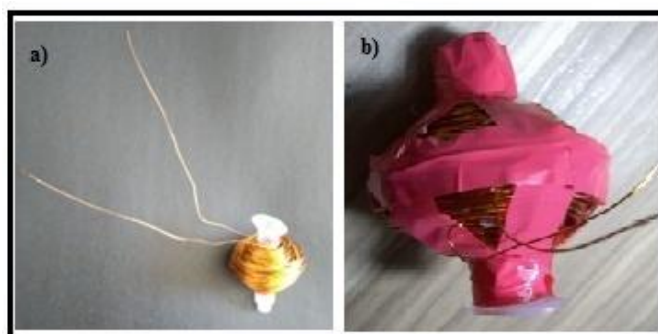
→ **cola branca, fita adesiva** para finalizar a bobina, **estilete** para tirar o esmalte do fio.

Montagem:

Inicia-se pegando as seringas, retiramos os êmbolos e descartamos, pois iremos utilizar apenas os cilindros;

Pega-se o fio de cobre esmaltado, deixando aproximadamente 50 cm de fio sobrando antes de enrolar a bobina, e, ao final, deixaremos também 50 cm de fio, que serão ligados nas lâmpadas de LED, como na Figura 22;

Figura 22: Montagem da bobina do Gerador de Indução Eletromagnética, em: a) bobina enrolada sobre cilindro da seringa e b) bobina enrolada, colada e com fita adesiva para não soltar o fio de cobre.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao longo do processo de enrolar a bobina na seringa, é necessário ir puxando o fio para evitar que fique frouxo e acabe desenrolando. Uma dica para manter os fios da bobina unidos é, a cada sequência de voltas do fio, passar sobre eles uma quantidade generosa de cola branca e repetir o processo até finalizar a bobina;

Enrole 600 voltas de fio de cobre esmaltado sobre uma das seringas, localizado no centro ou mais deslocado para a parte de cima próximo à extremidade oposta à que ficaria a agulha, pois a intenção é que a bobina fique posicionada nessa região para aumentar o espaço de oscilação dos ímãs saindo do campo de interação com a bobina, pois, ao final, juntaremos as duas seringas, aumentando o espaço de oscilação dos ímãs dentro das seringas, veja na Figura 23;

Após enrolar a bobina e a cola secar, passamos fita adesiva (em vermelho na Figura 23) sobre sua extensão;

Coloque os super ímãs dentro da seringa e junte as duas seringas com fita adesiva, como na Figura 23;

Figura 23: Estrutura do Gerador de Indução Eletromagnética montada.



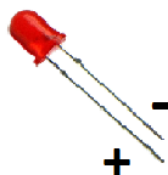
Fonte: Elaborado pela autora.

Descasque as extremidades do fio de cobre para retirar o esmalte e assim permitir o contato elétrico, sugestão: raspe com a lâmina do estilete em todos os lados das extremidades dos fios.

Agora ligue as duas lâmpadas LED, o polo positivo de uma com negativo da outra (ver polaridade do LED na Figura 24). A intenção é, quando o experimento estiver funcionando,

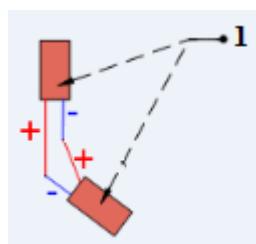
intercalar as lâmpadas acesas com a inversão do sentido da corrente elétrica (Figura 25), então, após ligarmos essa associação de LEDs nas extremidades dos fios da bobina, passe fita isolante e, agora, é só chacoalhar o ímã para as lâmpadas acenderem, Figura 26.

Figura 24: Polaridade do LED.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 25: Esquema da ligação dos LEDs associados, assim havendo sempre um deles aceso na inversão do sentido da corrente elétrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

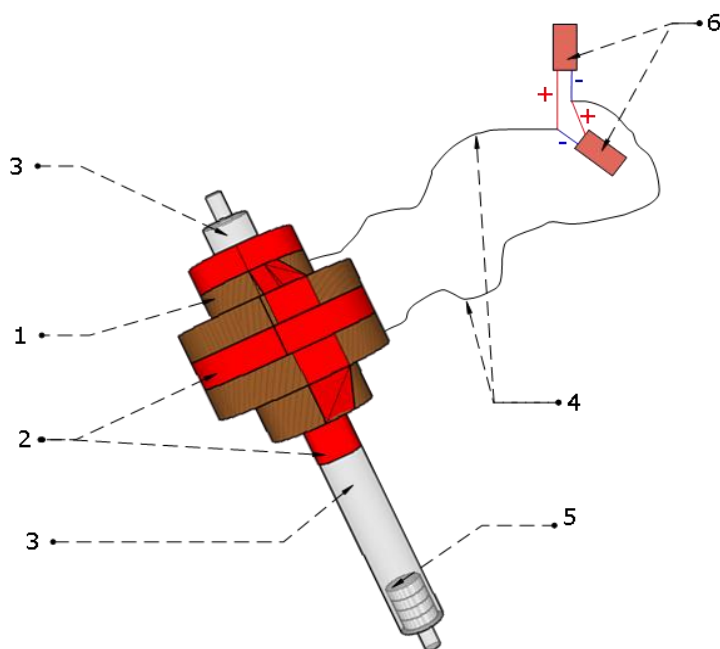
Figura 26: Ligação dos LEDs.



Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir, na Figura 27, está o esquema ilustrativo detalhado da montagem do experimento Gerador de Indução Eletromagnética e o trabalho finalizado na Figura 28.

Figura 27: Esquema ilustrativo mostrando a montagem do experimento, sendo composto por (1) bobina de fio de cobre esmaltado enrolado sobre cilindro de seringa, (2) fita adesiva para fixar a bobina a não desmontar, (3) dois cilindros de seringas que formam a estrutura do gerador, (4) extremidades da bobina, (5) super ímãs e (6) dois LEDs associados.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 28: Experimento Gerador de Indução Eletromagnética finalizado.



Fonte: Elaborado pela autora.

O que pode dar errado nesse experimento:

Nesse experimento é importante ficar atento a confecção da bobina, pois é necessário fazer a quantidade de espiras descritas no roteiro e para facilitar o seu trabalho no momento de executar essa tarefa siga as sugestões propostas no roteiro de montagem do experimento. Outro ponto importante na execução desse experimento está em não se esquecer de descascar a região do fio de cobre que será conectado aos LEDs, todas essas orientações se encontram nas páginas 25 e 26 desse produto educacional.

A Física envolvida no experimento:

Nesse experimento, sugere-se a discussão sobre conservação, convertendo energia cinética dos ímãs em energia elétrica, e indução eletromagnética. Sugestões de perguntas:

Como é “gerada” a energia elétrica no experimento? O que é indução eletromagnética?

A seguir, descrevemos no Quadro 3 algumas vantagens e desvantagens do experimento Gerador de Indução Eletromagnética.

Quadro 3: Quadro de vantagens e desvantagens do experimento Gerador de Indução Eletromagnética.

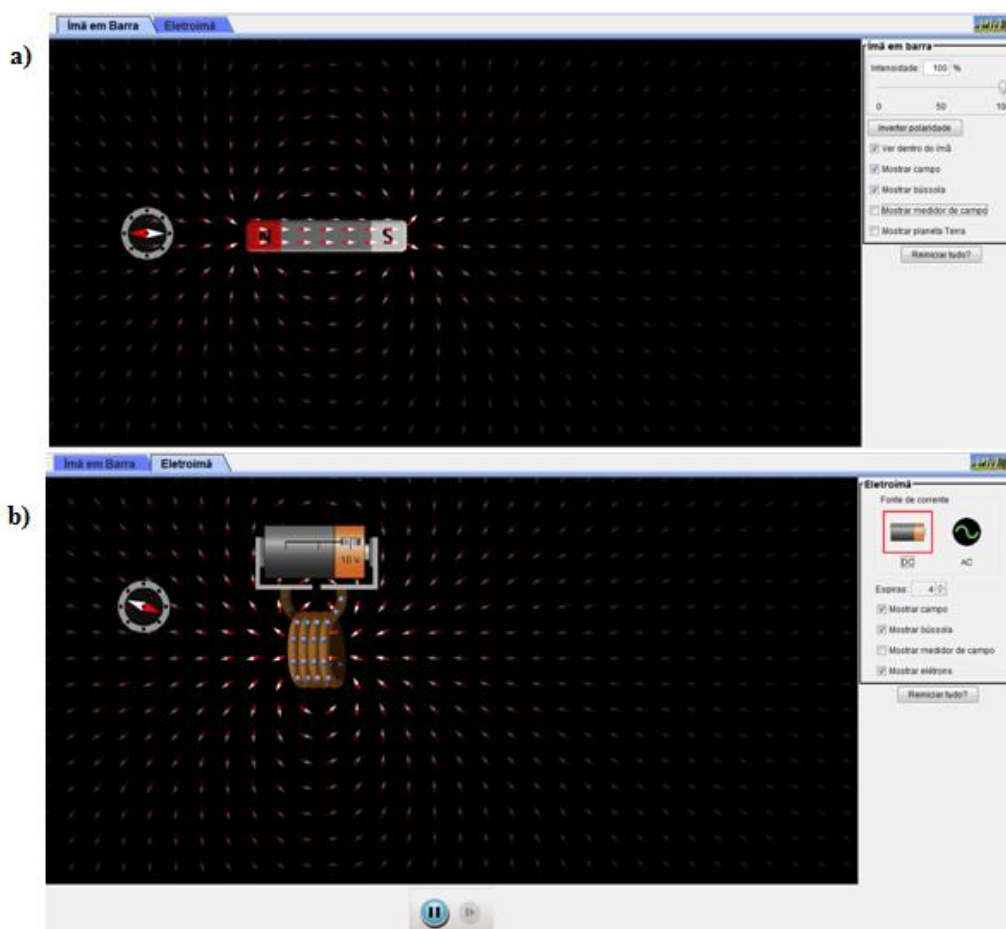
Vantagens	Desvantagens
Preço estimado para a construção do experimento: R\$ 30,00 (considerando que foram comprados apenas: os super ímãs - com frete e os LEDs, os demais materiais foram reaproveitados de outros objetos do cotidiano).	Se for necessário comprar todos os materiais para a montagem, o valor ficará um pouco elevado. O fio de cobre tem o custo mais significativo, porém pode ser reaproveitado de bobinas usadas (motores elétricos, alto-falantes, entre outro).
Fácil deslocamento do experimento.	Certa fragilidade do experimento.
Demonstra a indução eletromagnética.	Cansativo o processo de enrolar a bobina do gerador.

Sugestões de recursos pedagógicos complementares para a aula:

Simulador Imãs e Eletroímãs, Figura 29, no qual temos as demonstrações do campo magnético de um imã em barra e de um eletroímã.

Esse simulador é dividido em duas fases, Figura 29, sendo elas: (a) simulação do imã em barras (ou Terra) e o campo magnético ao seu redor, estando disponíveis algumas variações e medidas, como: na intensidade do campo magnético, inversão da polaridade do imã (ou Terra), medidor de campo e ao clicar no item “mostrar campo” surgem pequenas agulhas de bússolas que identificam e se alinham com o campo magnético do imã como se fossem as linhas de campo. Em (b) simulação de um eletroímã e o seu campo magnético, estando disponíveis algumas variações e medidas, como: utilizar fonte de corrente contínua ou alternada, alterar o número de espiras no eletroímã (de uma a quatro), mostrar o campo, medidor de campo magnético e visualizar a movimentação dos elétrons no fio do eletroímã.

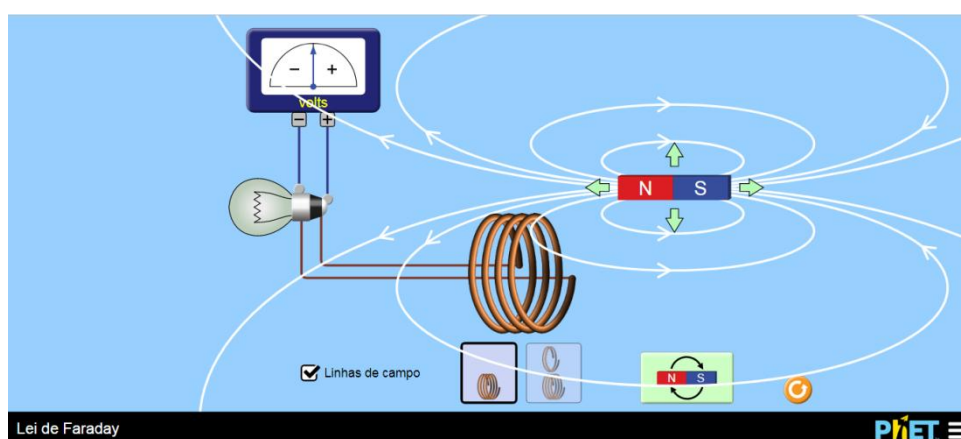
Figura 29: Simulador PhET - Imãs e Eletroímãs, em: (a) simulação do imã em barras e o campo magnético ao seu redor e (b) simulação de um eletroímã e o seu campo magnético.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=magnets-and-electromagnets&locale=pt_BR. Acesso em: Agosto/2019.

Nesse outro simulador se mostra a aplicação da lei de Faraday - indução eletromagnética, Figura 30. Nesse simulador são disponibilizados alguns recursos, como: voltímetro, acrescentar as linhas de campo magnético, inverter a polaridade do imã e duas opções de bobinas com quantidades diferentes de espiras.

Figura 30: Simulador PhET - lei de Faraday - indução eletromagnética.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html. Acesso em: Agosto/2019.

Links:

Simulador PhET - Imãs e Eletroímãs

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=magnets-and-electromagnets&locale=pt_BR

Simulador PhET - lei de Faraday

https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html