



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE  
NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE  
FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



O ELETROMAGNETISMO ENSINADO ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO E  
APLICAÇÃO DE EXPERIMENTOS.

(Guia do Professor)

**Luiz Gustavo Teixeira da Silveira**

**Orientador: Profº Dr. Igor Padilha**

Produto Educacional associado à dissertação do aluno Luiz Gustavo Teixeira apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 4.

Manaus

2018

---

S587e Silveira, Luiz Gustavo Teixeira da.

O eletromagnetismo ensinado através da construção e aplicação de experimentos: (guia do professor). / Luiz Gustavo Teixeira da Silveira. – 2018. 40 f. ; il.

Produto Educacional da Dissertação – O eletromagnetismo ensinado através da construção e experimentos. (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Igor Tavares Padilha.

1. Ensino de física. 2. Eletromagnetismo. 3. Teoria dos campos conceituais. I. Padilha, Igor Tavares. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.141

---

Elaborado por Márcia Auzier - CRB 11/597

## **ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR**

Caro professor, este guia servirá como subsídio para aplicação do produto educacional de maneira a responder possíveis dúvidas sobre a sequência didática. Desta forma, o presente guia apresenta a duração de cada atividade, os objetivos de cada aula, e de que forma o professor deve ser portar durante o processo. Os roteiros das experiências estão juntos com sua respectiva atividade, sendo composto pelos materiais utilizados na mesma.

O objetivo deste material é apresentar uma sequência didática cujo tema é Eletromagnetismo com foco em experiências utilizando materiais de baixo custo. Além disso, esta sequência didática tem como intuito mostrar ao professor em como ensinar o tema proposto com o auxílio de atividades voltadas ao dia-a-dia do estudante. Vale salientar que o professor que utilizar este guia é autônomo para modificar as etapas da sequência (ordem ou até mesmo incluir ou excluir etapas), e ainda escolher uma teoria que tenha mais familiaridade para avaliar o aprendizado dos alunos.

A aplicação de experiências visa um melhor entendimento dos alunos na abordagem de conceitos como: carga elétrica, corrente elétrica, campo e força elétrica, resistência e potencial elétrico, campos magnéticos, indução eletromagnética, entre outros. Dessa forma, o ideal é que o professor aplique esta sequência em alunos da terceira série do ensino médio, sendo concomitante com o conteúdo trabalhado em sala de aula. Lembrando que não necessariamente o aluno precisa conhecer esses conceitos antes da aplicação do projeto, podendo, portanto, ser aplicado em outras séries do ensino médio.

Professor Luiz Gustavo T. da Silveira

## SUMÁRIO

<b>UNIDADE 1</b> .....	6
FUNDAMENTOS DO ELETROMAGNETISMO.....	6
<b>UNIDADE 2</b> .....	11
CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO.....	11
<b>UNIDADE 3</b> .....	13
APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO ATRAVÉS DE VÍDEOS.....	13
<b>UNIDADE 4</b> .....	15
MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 1: GERADOR DE VAN DER GRAFF.....	15
ROTEIRO DO GERADOR DE VAN DER GRAFF.....	16
CONCEITOS BÁSICOS DA ELETROSTÁTICA.....	19
<b>UNIDADE 5</b> .....	21
EXPERIMENTO 2: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ESTUDO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.....	21
PLATAFORMA PHET.....	23
CONCEITOS BÁSICOS DA ELETRODINÂMICA.....	26
<b>UNIDADE 6</b> .....	28
MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 3: USINA HIDRELÉTRICA.....	29

ROTEIRO DA HIDRELÉTRICA.....	30
CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO.....	34
<b>UNIDADE 7.....</b>	<b>36</b>
CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO: PÓS-TESTE.....	36
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## UNIDADE 1

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO ELETROMAGNETISMO

Este tópico será destinado à abordagem e discussão dos conceitos físicos relacionados à teoria eletromagnética baseada na necessidade dos professores para a aplicação dos experimentos. Dessa forma, o presente capítulo trará o que o professor deverá entender para poder aplicar a sequência didática de ensino e aprendizagem proposta, que será mostrada mais a frente. Obviamente, não será apresentado todos os conceitos e nem formulações matemáticas da teoria Eletromagnética, uma vez que, a proposta é voltado para o lado experimental e fenomenológico.

#### 4.1 Um breve histórico

Não se sabe ao certo a origem exata do magnetismo. Mas segundo a lenda, um pastor de ovelhas da Grécia Antiga, fez a primeira observação das propriedades magnéticas de uma pedra, cujo nome é magnetita, de onde vem a palavra magnetismo. Diz a lenda, que o pastor possuía um cajado com a ponta de ferro, e cada vez em que era encostado na pedra, seu cajado ficava preso por uma força inexplicável.

No entanto, seu nascimento científico se deu pelo século XIX, com a experiência clássica de Oersted (1771-1851), ao qual o mesmo verificou que, ao se colocar uma bússola nas proximidades de um fio onde passava uma corrente elétrica, verificou-se que a agulha da bússola sofria um desvio. A conclusão que se teve, era de que existia alguma relação entre as propriedades elétricas e as magnéticas, dessa forma originando o Eletromagnetismo.

A partir daí, se deu uma revolução no aspecto científico e tecnológico nesse ramo da Física. Um exemplo disso, foi a descoberta e construção do primeiro eletroímã, por André-Marie Ampère (1775-1836), ao qual esse dispositivo teve uma fundamental importância para vários aperfeiçoamentos de aparelhos existentes na época, como: telefones, microfones, alto-falantes e etc. Em seguida, Michael Faraday (1791-1867), descobriu a indução eletromagnética, ao qual deu-se outro grande passo para o crescimento da ciência, uma vez que com isso pôde-se ter a criação dos motores mecânicos e os transformadores.

Outros grandes nomes também deram contribuições significativas para o ramo, como por exemplo, Joseph Henry (1797-1878) e Heinrich Lenz (1804-1865), ao qual

deram seguimento ao estudo da indução eletromagnética, Nicolas Tesla (1856-1943) que se dedicou ao estudo dos campos magnéticos.

E em especial, James Clerk Maxwell (1831-1879), teve fundamental importância no aspecto teórico, estabelecendo as equações que governam os fenômenos eletromagnéticos, conhecidas como equações de Maxwell, a partir da generalização dos trabalhos de Coulomb, Ampère, Faraday e outros. Com essas equações, Maxwell demonstra que uma onda eletromagnética viaja no espaço em ondas transversais com velocidade de propagação igual a da velocidade da luz, com erro percentual bem pequeno, com relação aos dados experimentais que se tem na atualidade.

## **4.2 Eletrostática**

A Eletrostática é o estudo dos fenômenos elétricos que consideram as cargas elétricas, responsáveis por tais fenômenos, em repouso. Dessa maneira, o principal objeto de estudo desta área é o conceito de Carga Elétrica.

Carga elétrica é a propriedade intrínseca da matéria que é responsável pela geração de campos elétricos e, conseqüentemente, responsável pela ação de Forças Elétricas em outros corpos carregados. Segundo Hewitt (2008), a carga elétrica é a quantidade fundamental presente em todos os fenômenos elétricos. Por convenção, a carga elétrica existe em duas formas: as positivas (carga elétrica do próton) e as negativas (carga elétrica do elétron).

Dessa forma, um corpo eletricamente carregado significa ter um excesso ou falta na quantidade de elétrons, resultando em um corpo positivo ou negativo. Um corpo em que contém quantidades iguais de prótons e elétrons é dito neutro.

O primeiro experimento que será aplicado demonstrará como um corpo que está neutro pode ficar eletricamente carregado. E para se fazer isso é necessário que este corpo passe por um dos três processos a seguir: atrito, contato ou indução. O primeiro processo consiste em atritar dois materiais ocasionando uma transferência de elétrons, devido os elétrons serem mais facilmente arrancados de um material e agregados em outro material do que os prótons, por exemplo. O processo por contato é aquele em que ao colocar-se em contato dois corpos condutores, as cargas elétricas se distribuem pelos dois corpos igualmente, se os corpos possuírem mesma dimensões e forem feitos do mesmo material, e diferentemente, caso algo dos corpos possua maior dimensão levando a maior quantidade de carga elétrica. Por fim, o processo de eletrização por indução é baseado no princípio da atração e repulsão das cargas elétricas, em que um

corpo carregado positivamente ou negativamente induz um corpo neutro e condutor a se polarizar, e, com isso, ao se ligar a terra ou a outro condutor, o acúmulo de cargas opostas a esse corpo carregado será redistribuído (por contato) tornando esse corpo neutro a ficar carregado.

Outro conceito importante na Eletrostática, que não será demonstrado no experimento 1, mas será ensinado durante as aulas, é o conceito de Força Elétrica e Campo Elétrico. De acordo com Ramalho (2009), uma carga elétrica origina, na região que a envolve, um campo de forças denominado campo elétrico, sendo cada ponto desse campo associado uma grandeza vetorial denominada vetor campo elétrico. E ainda a interação entre dois ou mais campos elétricos apresentará a existência de uma força elétrica atuando nessas cargas geradoras. E o aparecimento dessa força acarretará no movimento acelerado dessas cargas.

Para finalizar a parte da Eletrostática é necessário ainda o conhecimento de outro ente físico, chamado Potencial Elétrico. O Potencial Elétrico é definido como o trabalho por unidade de carga elétrica necessário para trazer uma carga de prova desde o infinito até uma distância qualquer da carga geradora do campo elétrico (Nussenzveig, 1997).

### **4.3 Eletrodinâmica**

Assim como a Eletrostática, a Eletrodinâmica tem como agente principal o entendimento do conceito de Carga Elétrica. No entanto, essas cargas agora não se encontram em repouso, mas sim em movimento contínuo e ordenado, devido a uma tensão elétrica, e esse movimento ordenado é conhecido como “Corrente Elétrica”. É importante deixar claro para o aluno que os portadores de carga elétrica se movem dentro do material, mesmo com a ausência de uma diferença de potencial. No entanto, esse movimento é aleatório e desordenado, de forma que, o movimento líquido destes portadores é nulo.

Essa corrente elétrica somente acontece quando em um material é aplicado uma diferença de potencial, que faz com que surja um campo elétrico interno ao material, e esse campo implica em uma força elétrica nos portadores, ocorrendo assim, um caminho preferencial para os portadores se deslocarem.

Ainda dentro do contexto do movimento dos portadores, o material impõe uma barreira para passagem desses portadores, e essa barreira é denominada resistência elétrica. Essa barreira acontece devido à resistência elétrica de um corpo depender de outro parâmetro chamado resistividade elétrica. Essa resistividade é justamente a

dificuldade de um portador de carga poder caminhar dentro do condutor, pois os choques sucessivos entre os portadores e os átomos do material acarretam em problemas na passagem dos mesmos. Mas, ainda, a temperatura também ocasiona um aumento na resistividade do material, devido à maior agitação dos átomos e, conseqüentemente, aumentando a dificuldade na passagem de corrente elétrica.

Outro item a ser explorado pelo professor durante as atividades é a associação de um dispositivo que aumenta a resistência elétrica dentro de um circuito. Esse dispositivo, cujo nome é resistor, tem como função principal aumentar a resistência elétrica no circuito, e ainda, aumentar a dissipação de energia na forma de calor, efeito este conhecido como “Efeito Joule”. Essa associação é a junção de dois ou mais resistores. Desse modo, esta associação pode acontecer de três formas: em paralelo, em série ou misto. A primeira acontece quando os resistores estão ligados os pólos positivos com positivos e negativos com negativos. Já a associação em série ocorre quando os resistores estão ligados seus pólos positivos com negativos. E obviamente, a associação mista acontece quando o circuito apresenta resistores ligados das duas formas, em série e em paralelo.

### **4.3 Eletromagnetismo**

Para finalizar o conhecimento teórico que o professor necessita para implementação da sequência didática proposta, é necessário o entendimento de como ocorre à interação dos campos magnéticos e elétricos e quais efeitos essa interação pode acarretar. No entanto, antes de adentrar neste tópico, é preciso ter conhecimento do que é campo magnético e quais suas propriedades.

Segundo Hewitt (2009), o campo magnético é o espaço que circunda um ímã ou um condutor, ao qual, é atravessada uma corrente elétrica. O autor ainda completa dizendo que a limalha de ferro revela a forma do campo magnético, quando são postas em contato.

A partir dessa ideia, de que corrente elétrica atravessando um condutor gera um campo magnético ao seu redor, é que se pôde concluir os fenômenos magnéticos e elétricos estavam intimamente ligados, implicando no fato de não podendo estudá-los de forma separada.

Ao se colocar uma carga elétrica em movimento em um campo magnético ocorre então, a interação os dois campos magnéticos, o gerado pela carga em movimento e o campo que a mesma fora inserida. A interação destes campos faz surgir

uma força, denominada Força Magnética. Claramente, que pelas Leis de Newton essa força pode ocasionar em uma aceleração da carga, e conseqüentemente, um deslocamento.

Outra situação importante é como gerar eletricidade a partir de um campo magnético. Isso foi descoberto por Michael Faraday, e recebeu o nome de Lei da Indução de Faraday. Esta lei se baseia na ideia de que se há a existência de um fluxo magnético variável em um circuito, então, surge uma força eletromotriz induzida, e conseqüentemente, uma corrente elétrica induzida. Essa força eletromotriz é a força gerada por uma diferença de potencial elétrico que faz com que os portadores de carga elétrica se movam.

## UNIDADE 2

### CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.
- **Objetivos da Unidade:** Avaliar o conhecimento prévio dos alunos dentro do contexto do Eletromagnetismo a partir dos conceitos como: carga, campo e força elétrica, corrente, resistência e potencial elétrico, campo e força magnética, indução eletromagnética.
- **Instrumento pedagógico:** Pré-teste.
- **Papel do Professor:**

Nesta primeira unidade tem como intuito conhecer como o aluno está chegando ao início do projeto, se o mesmo está ou não preparado para as atividades, e ainda, apresentar quais as dificuldades dos alunos acerca do tema, facilitando o professor em trabalhar tais dificuldades.

O professor tem como papel nesta unidade apenas solicitar aos alunos que sejam honestos com a resolução do questionário, explicando com suas próprias palavras os conceitos que conhecem ou já ouviram falar, e deixando em branco as questões que não conhecem o conceito. Outro fator importante é deixar claro para os alunos a importância do teste diagnóstico e a sua função, explicitando ainda que o teste não vale nota para eles, mas que sejam responsáveis com as respostas. Além disso, é necessário salientar que os mesmos não utilizem nenhum tipo de consulta como: livros, celular, notebook, internet e nem os colegas.

Não se esqueça de deixar os alunos bem a vontade para responder o questionário, sempre mostrando para os alunos que o questionário não é uma prova, fazendo com que se tire o peso comum das avaliações. Explique sempre o motivo do questionário para que os discentes sempre estejam motivados e tentando deixar o seu melhor.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE  
NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO  
DE FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



### Pré-teste

Mestrando/Professor: Luiz Gustavo Teixeira da Silveira

Nome: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

- 1) O que é carga elétrica?
- 2) O que são corpos neutros? E positivos? E negativos?
- 3) O que é eletrizar um corpo?
- 4) O que você entende por equilíbrio eletrostático?
- 5) Explique com suas palavras o conceito de Força. E o que seria Força Elétrica?
- 6) Qual o conceito de campo? E Campo Elétrico? E Campo Magnético?
- 7) O que é corrente elétrica?
- 8) Explique o que é resistência elétrica.
- 9) Explique o conceito de Potencial ou tensão elétrica.
- 10) O que você entende por indução eletromagnética?

### UNIDADE 3

#### APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO ATRAVÉS DE VÍDEOS

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.
- **Objetivos da Unidade:** Apresentar os conceitos básicos do Eletromagnetismo, necessários para o andamento do projeto vistos no pré-teste, através da utilização de vídeos.
- **Instrumento pedagógico:** Vídeos didáticos sobre o tema.
- **Papel do Professor:**

Nesta etapa os alunos deverão assistir aos vídeos propostos e tentar comparar com o que se viu no pré-teste, tentando responder ou esclarecer possíveis dúvidas e curiosidades acerca do teste aplicado na atividade anterior.

Vale lembrar ao professor que os vídeos podem ser substituídos por outros, de acordo com o gosto do professor que for aplicar a sequência, não perdendo a essência e o objetivo da atividade. Ou seja, que utilizem vídeos explicativos acerca dos conceitos do eletromagnetismo. Essa atividade ainda pode ser substituída por uma aula canônica, com o próprio professor argumentando sobre estes conceitos. No entanto, esta ideia deve ser utilizada em casos de extrema necessidade como falta de estrutura para mostrar o vídeo em sala de aula ou nas dependências da escola. Outra solução é enviar para os alunos os vídeos através de aplicativos em nuvem (Google drive, one drive, entre outros) para que os mesmos possam assistir em casa ou nos celulares.

O professor nesta atividade apenas usa a sala de aula para apresentar os vídeos, de modo, que deve montar e testar os equipamentos (projetor, computador, caixas de som) previamente, caso não seja fixo na sala de aula. Caso seja necessário, o professor pode fazer interrupções durante a exibição dos vídeos para explicar algo que acredite ter ficado vago ou mal explanado para os discentes.

Os vídeos utilizados nesta sequência didática são da série “Concepts in Science”, de cerca de 10 minutos cada, em que cada vídeo mostrava os conceitos básicos da teoria eletromagnética. Todos os vídeos foram produzidos pela TV Ontario, em Melbourne, Austrália, no ano de 1987 e retirados do site Youtube ([www.youtube.com](http://www.youtube.com)). O quadro abaixo mostra o conteúdo de cada vídeo, a duração de cada um, e o endereço digital que foi encontrado.

<b>Título</b>	<b>Duração (min)</b>	<b>Endereço eletrônico</b>
Campo Magnético da Terra.	9:18	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=49ko8U8GrKM">https://www.youtube.com/watch?v=49ko8U8GrKM</a>
Magnetismo e o movimento dos elétrons.	9:11	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=opOT99hWYII">https://www.youtube.com/watch?v=opOT99hWYII</a>
Teoria dos domínios.	9:11	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=LEcsuuQpptI">https://www.youtube.com/watch?v=LEcsuuQpptI</a>
O princípio do motor.	9:39	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=BziISvjtcoc">https://www.youtube.com/watch?v=BziISvjtcoc</a>
Indução Eletromagnética	9:36	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=_wavc4Vag40">https://www.youtube.com/watch?v=_wavc4Vag40</a>
A vida no campo	9:23	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ErlNz55i8kA">https://www.youtube.com/watch?v=ErlNz55i8kA</a>

## UNIDADE 4

### MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 1: GERADOR DE VAN DER GRAFF

- **Duração da Unidade:** 4 aulas em torno de 50 minutos cada.
- **Objetivos da Unidade:** Mostrar ao aluno como carregar um corpo neutro explicitando cada processo de eletrização, dando importância aos conceitos fundamentais da Eletrostática.
- **Instrumento pedagógico:** Experimento com materiais de baixo custo.
- **Papel do Professor:**

A partir desta unidade é que o professor vai trabalhar com o projeto em si, uma vez que o intuito do mesmo é demonstrar os conceitos da teoria eletromagnética na forma de experimentos acessíveis aos alunos. Com isso, o professor terá que se atentar a toda e qualquer atitude dos alunos referentes às atividades experimentais. Dessa forma, perguntas bobas, atitudes curiosas (como não saber usar alguma ferramenta, ou não ter prática manual) devem ser vistas, relatadas e avaliadas ao fim de toda atividade experimental. É importante a explanação do professor sobre os conceitos que estão sendo vistos na prática instigando os alunos a responderem o que acham que está acontecendo e dando-lhes o ponto de vista Físico do fenômeno observado.

Este experimento é bem simples de produzir, tendo um custo baixo (não gastamos nada para fazer), onde a maioria dos materiais podem ser encontrados facilmente em ferro velhos, em casa, ou desmontando outros objetos (caso da fonte de energia que foi retirada de uma lanterna carregável).

Vale salientar que este experimento é puramente qualitativo, não podendo ser retirados medidas físicas numéricas. Dessa forma, é imprescindível a observação do fenômeno e as suas possíveis causas e efeitos.

## ROTEIRO DO GERADOR DE VAN DER GRAFF

**Objetivo:** Construir e analisar o funcionamento de um gerador eletrostático de Van der Graff usando garrafas PETs, servindo ainda como uma proposta de reaproveitamento de embalagens PET para os alunos construírem aparelhos científicos para suas escolas.

### **Materiais:**

- 2 Garrafas do tipo PET de 2 litros com 4 tampas;
- 1 base de madeira (47x32x3) cm;
- 1 tira de borracha (12x8) cm;
- Folha de Alumínio (pode ser papel alumínio ou os que se encontram em lata de leite);
- 2 hastes cilíndricas de latão, cobre ou alumínio;
- 1 forma de alumínio para fazer bolo, cerca de (50x25) cm;
- Escova de metal;
- Cola quente;
- Liga de amarrar dinheiro;
- 2 pedaços de cano PVC de 1/2 polegada;
- Interruptor ou chave de circuito elétrico;
- 1 fonte de energia de 3 a 6 volts;
- 1 motor de 3 a 6 volts (pode ser de carrinho de brinquedo ou de drive de DVD de computador)

### **Ferramentas:**

- Martelo;
- Chave do tipo Philips;
- Alicates de bico fino e de corte;
- Fita isolante;
- Estilete;
- Tesoura;

**Montagem:**

Inicialmente corta-se as garrafas PETs (pois são a coluna de suporte do gerador) na altura que se queira que o gerador tenha (usamos em torno de 18 cm de altura). Depois faz-se dois furos transversais em cada garrafa, com a finalidade de a haste de latão passar no mesmo, a medida do furo é de acordo com a espessura da haste usada.

O cano de PVC entra na haste para servir como rolamento para a tira de borracha. Do mesmo modo, as tampas da garrafa PET servem para cobrir o cano na haste (opcional). Feito isso, encaixa-se as hastes na coluna de garrafa PET e depois fixa as garrafas na base de madeira, utilizando pregos ou parafusos. Abaixo da tira de borracha fixa-se a escova de metal na base de madeira, fazendo com que toque levemente na tira. Na forma de alumínio, que é a cúpula do gerador, gruda-se o papel alumínio em formato de U, de modo que toque na tira de borracha quando encaixar na coluna de PET.

O próximo passo é fazer a tira se mexer, para isso é necessário fixar o motor na base de madeira com cola quente colocando a liga de dinheiro no motor e na haste presa na coluna. Resta agora conectar a fonte de energia no motor, podendo ser ligada diretamente ao motor, ou passando pela chave, esta sendo opcional.

A montagem do experimento pode ser vista na figura 1. É importante notar que a maioria dos materiais é de fácil acesso e bem simples de serem montado, sendo possível fazer em sala de aula. O horário de aplicação fica a critério do professor, mas tendo melhores resultados em um horário extraclasse. Outra situação é a substituição de materiais por outros ao qual o professor tenha maior acesso ou acredite que tenha um melhor rendimento científico, como no caso da tira de borracha, que no experimento foi trocada inúmeras vezes para encontrar um material que realizasse o efeito desejado.

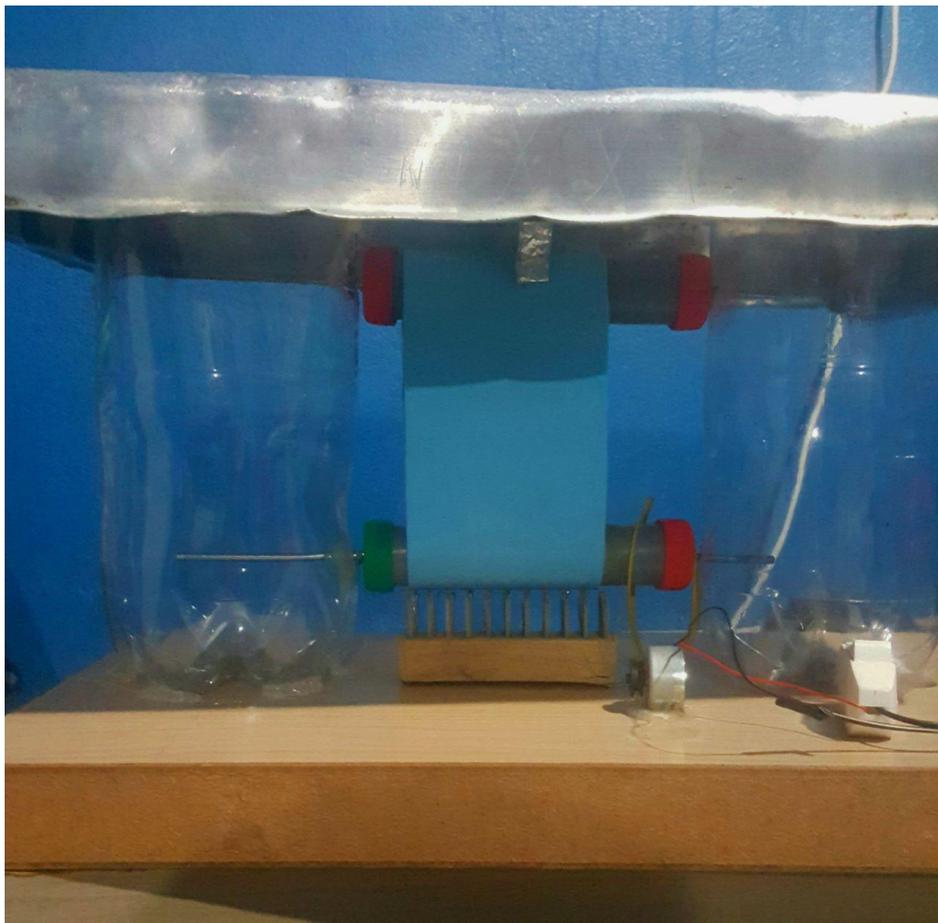


Figura 1 - Gerador de Van der Graf feito com materiais recicláveis e de baixo custo. Fonte: Próprio autor.

## CONCEITOS BÁSICOS DA ELETROSTÁTICA

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.
- **Objetivos da Unidade:** Avaliar o conhecimento prévio dos alunos dentro do contexto da Eletrostática partir da montagem do Experimento denominado “Gerador de Van der Graff”.
- **Instrumento pedagógico:** Teste avaliativo.
- **Papel do Professor:**

Esta unidade tem como intuito avaliar o conhecimento adquirido pelos alunos dentro da atividade experimental realizada na Unidade 3. Com isso, o professor vai lhes questionar, sob a forma escrita, os conceitos abordados na atividade anterior.

Do mesmo modo que ocorreu no pré-teste, o professor solicitará aos alunos que sejam honestos com a resolução do questionário, explicando com suas próprias palavras os conceitos que puderam visualizar na parte prática. Além disso, é necessário lembrar que os mesmos não utilizem nenhum tipo de consulta como: livros, celular, notebook, internet e nem os colegas.

Fale da importância do teste avaliativo para os alunos, deixando claro que o mesmo não vale nota e sim uma forma de o professor saber o que realmente se pôde aprender na atividade realizada.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE  
NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO  
DE FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



### **Avaliação 1 – Gerador de Van der Graaff**

Mestrado/Professor: Luiz Gustavo Teixeira da Silveira

Nome: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

- 1) O que é carga elétrica?
- 2) O que é eletrizar um corpo?
- 3) Que tipo de processos se usa para eletrizar um corpo?
- 4) Qual conceito de Campo? E Campo Elétrico?
- 5) Quais processos de eletrização que ocorrem no gerador de Van der Graaff?
- 6) O que é a descarga elétrica?
- 7) Por que não é ideal utilizar o Gerador em dias úmidos?
- 8) Qual a necessidade de isolar a pessoa antes de tocar no gerador?

## UNIDADE 5

### EXPERIMENTO 2: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ESTUDO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.

- **Duração da Unidade:** 2 aulas em torno de 50 minutos cada.
- **Objetivos da Unidade:** Demonstrar por meio de simulação computacional o funcionamento de circuitos elétricos e dispositivos eletrônicos e, ainda, os tipos de associação desses dispositivos.
- **Instrumento pedagógico:** Simulação computacional.
- **Papel do Professor:**

Nesta parte da sequência didática, o professor tem que ensinar primeiramente como entrar na página da simulação e, em seguida, como utilizar a interface. Simultaneamente, o professor deve ministrar uma aula teórica sobre o conteúdo de circuitos elétricos, resistores e associação de resistores, para usar a simulação como algo prático, demonstrando situações que não podem ser visualizadas na parte teórica.

Inicialmente a ideia seria utilizar um experimento real que demonstrasse a parte de Eletrodinâmica, esse experimento se consistia em uma tabua residencial, ou seja, um protótipo de uma instalação elétrica residencial. No entanto, a maioria dos materiais eram extremamente caros e difíceis de serem comprados. Dessa forma, buscou-se modificar o panorama inicial sem perder a essência da proposta metodológica. Com isso, optou-se por utilizar simulação computacional, principalmente pelo fato de se encontrar maior disponibilidade de computadores na própria escola. Outra situação é tentar mostrar aos alunos que ciência pode ser feita de várias formas, mesmo quando não se tem os materiais necessários, podendo utilizar computadores, celulares, tablets, ou seja, dispositivos que quase todo aluno tem acesso.

O professor terá que verificar qual o nível de informática dos alunos, para evitar possíveis problemas nas máquinas ou perdas de tempos em relação à atividade. Caso algum aluno não tenha tanta habilidade computacional, o professor pode deixar na página da plataforma e iniciar a simulação para o aluno, até por que objetivo é a simulação física e o conhecimento de novas formas de demonstração prática.

## PLATAFORMA PHET

**Objetivo:** Construir e analisar, a partir de simulação computacional, o funcionamento de circuitos elétricos e suas teorias, aliadas à associação de dispositivos eletrônicos necessários para o funcionamento básico destes circuitos.

**Ferramentas:**

- Computador com internet.

**Montagem:**

Para entrar na plataforma Phet é necessário ter acesso à internet (é possível baixar a simulação antes, tendo o JAVA instalado no PC, mas, no meu caso, sempre dava erro ao tentar abrir a simulação offline) entrando no site <https://phet.colorado.edu>, e clicando na aba “play with simulations”. Na página seguinte, filtre a pesquisa clicando em “Physics” na coluna do lado esquerdo. Esse link lhe levará a simulações somente da área de Física, e uma vez lá, pesquise a simulação “Circuit Construction Kit (AC+DC), Virtual Lab”.

Após as aulas teóricas, os alunos podem começar a montagem do seu próprio circuito. A ideia é que se façam 4 circuitos, em que cada circuito seja mais complexo que o anterior. O primeiro, um circuito simples com apenas uma lâmpada, fios, bateria e chave, como mostra a figura 2. O segundo e terceiro circuitos, são circuitos com duas lâmpadas, em série no segundo e em paralelo no terceiro, bateria, fios e chave, como mostram as figuras 3 e 4 respectivamente. No último, um circuito misto (série e paralelo) com três lâmpadas, fios, baterias e chave (figura 5).

A plataforma é bem simples de utilizar e interativa, o aluno pode associar como o brinquedo de montar em que a ideia é somente ligar os fios com os dispositivos eletrônicos, não tendo nenhum tipo de programação ou linguagem associada.

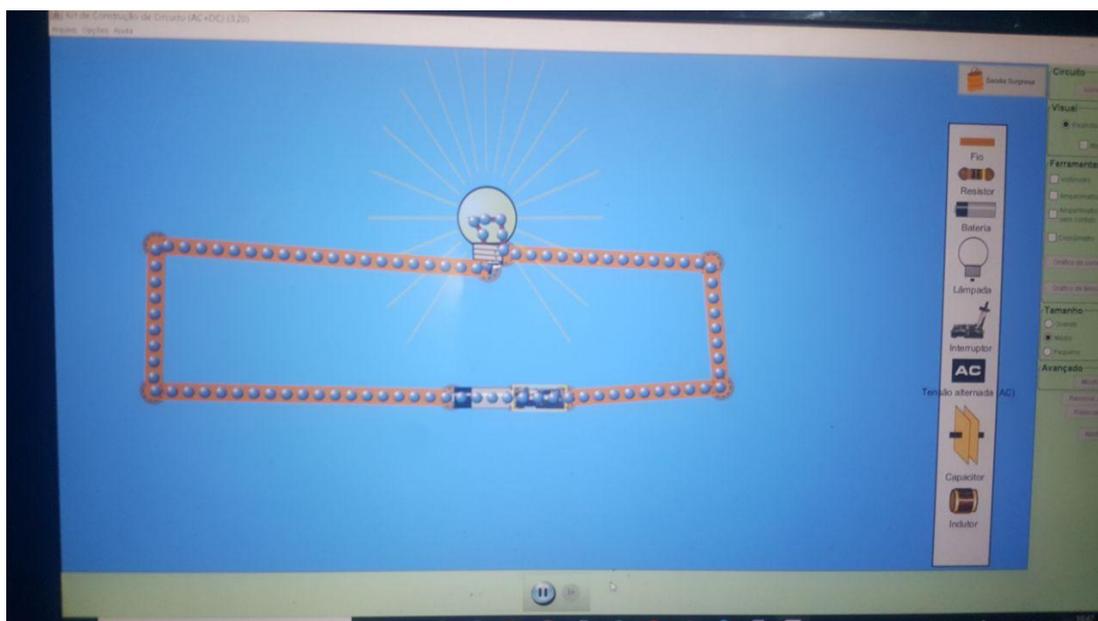


Figura 2 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 1 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

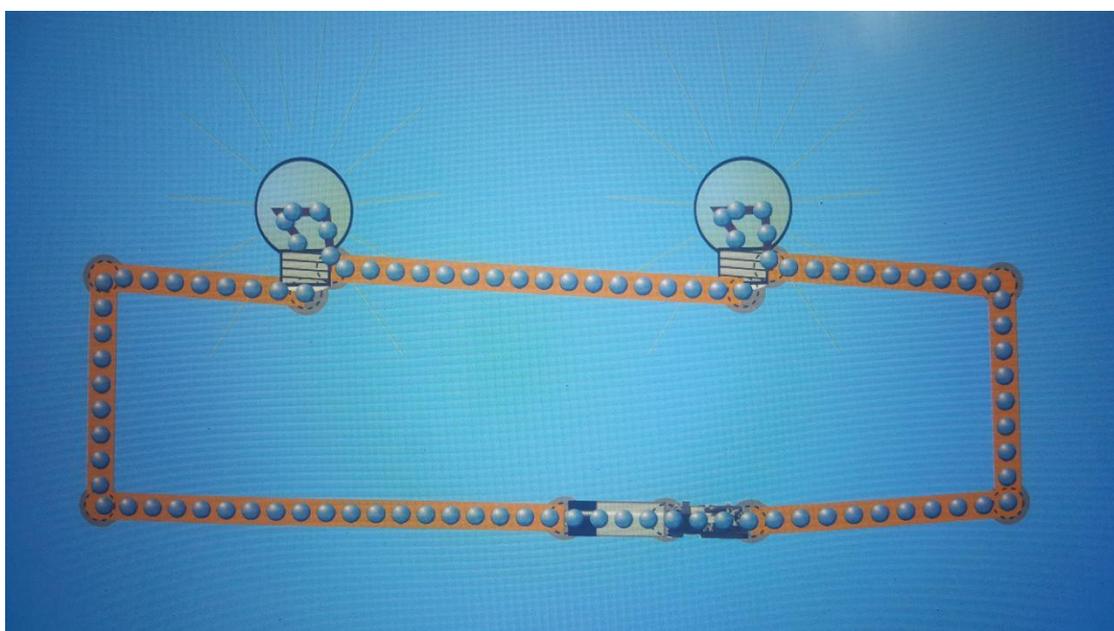


Figura 3 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 2 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

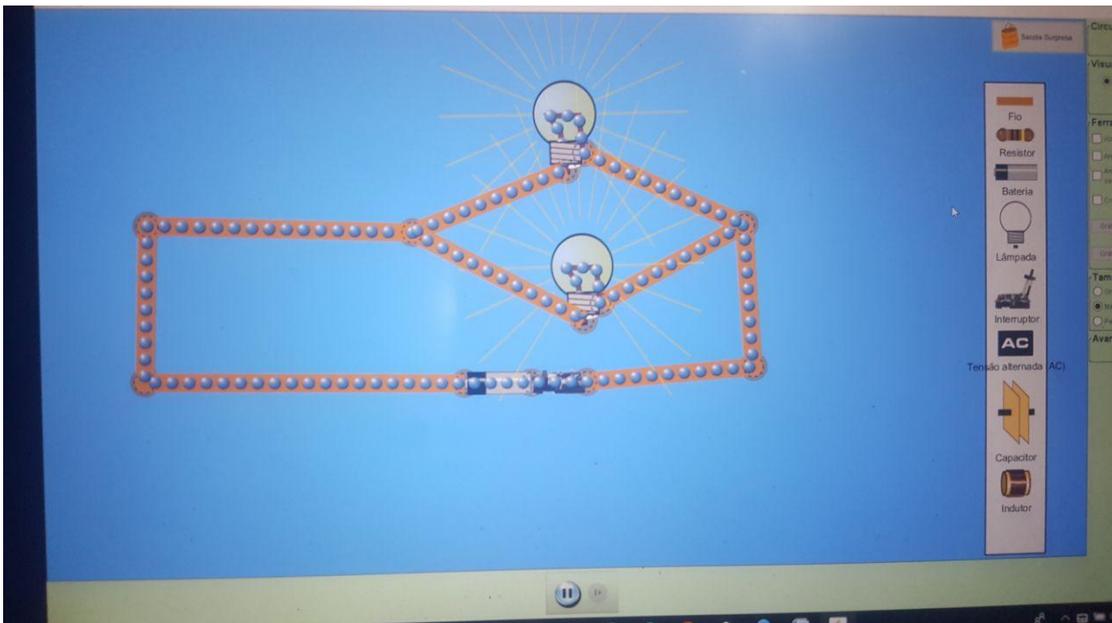


Figura 4 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 3 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

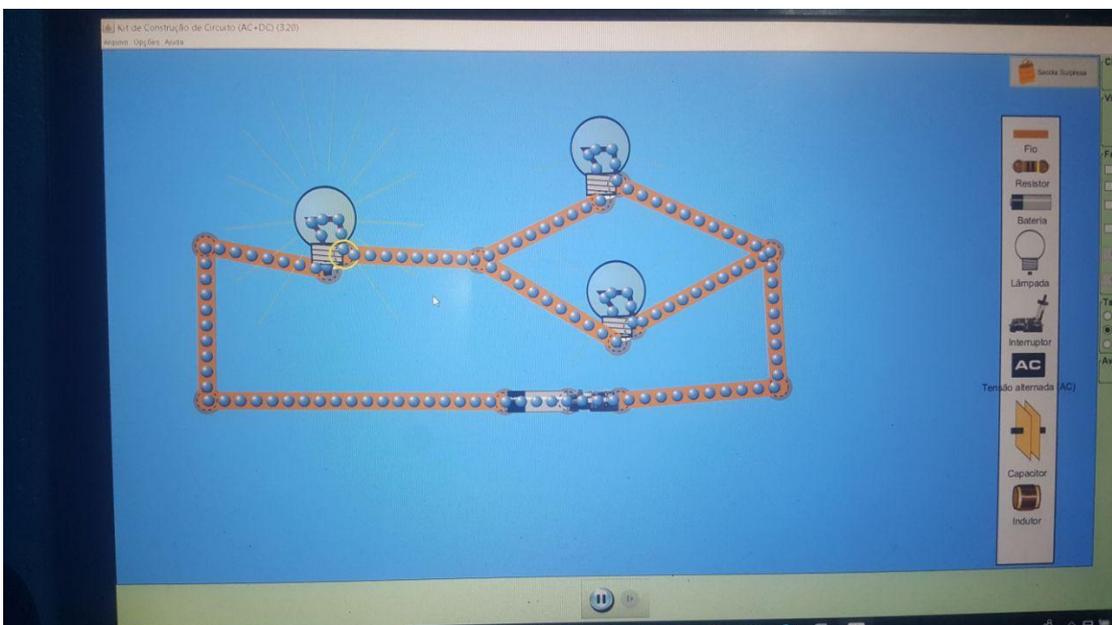


Figura 5 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 4 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

## CONCEITOS BÁSICOS DA ELETRODINÂMICA

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.
- **Objetivos da Unidade:** Avaliar o aprendizado dos alunos dentro do contexto da Eletrodinâmica a partir da simulação computacional PHET e a da aula teórica sobre o tema.
- **Instrumento pedagógico:** Teste avaliativo.
- **Papel do Professor:**

Esta unidade tem o mesmo objetivo da avaliação aplicada após o primeiro experimento. Ou seja, verificar quais conceitos o aluno teve maior aprendizado e quais possíveis dúvidas ainda restaram sobre a simulação e o tema. As mesmas orientações para as avaliações anteriores devem ser seguidas a risca, como: honestidade, não haver cola, motivo da avaliação, entre outros.

O professor pode ainda cobrar a montagem de algum circuito no papel mesmo, como forma de saber se o aluno entendeu quais tipos de circuitos e o que acontece fisicamente nesses circuitos.

Uma sugestão de avaliação pode ser vista na página seguinte.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE  
NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO  
DE FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



## **Avaliação 2 – Eletrodinâmica**

Mestrado/Professor: Luiz Gustavo Teixeira da Silveira

Nome: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

- 1) O que é corrente elétrica?
- 2) Explique o que é resistência elétrica.
- 3) Explique o conceito de Potencial ou tensão elétrica.
- 4) O que são resistores?
- 5) Qual a diferença em circuitos em série e em paralelo?
- 6) Explique o termo “curto-circuito”.

## UNIDADE 6

### MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 3: USINA HIDRELÉTRICA

- **Duração da Unidade:** 4 aulas em torno de 50 minutos cada.
- **Objetivos da Unidade:** Demonstrar que a variação do campo magnético em relação ao tempo acarreta em uma corrente elétrica induzida, efeito este conhecido como indução eletromagnética, utilizando o princípio da transformação de energia.
- **Instrumento pedagógico:** Experimento com materiais de baixo custo.
- **Papel do Professor:**

Esse experimento é a principal parte da sequência didática, pois, além de fechar todas as unidades, ele também engloba todos os tópicos utilizados nas outras unidades. Dessa forma, o aluno precisa ter ciência dos conceitos de carga, campo, corrente, circuitos e associações, tanto na teoria como na prática. Então, o professor nesta etapa precisa observar e instigar mais os alunos, pois de certo modo, os mesmos já estariam ambientados com o projeto, chegando a esta etapa mais autônomos em relação ao processo ensino-aprendizagem.

Independente da Teoria utilizada para avaliar o conhecimento dos alunos, nesta unidade o professor precisa ser mais mediador do que nas outras, ou seja, o professor não precisa dar todas as respostas e sim apenas mostrar o caminho para o aluno enxergar ou descobrir tais respostas.

Este experimento é bem mais complexo de se montar, exige mais paciência e mais detalhes. Desta maneira, o tempo limite de 4 aulas pode ser ultrapassado ficando a cargo de o professor adaptar para o tempo que lhe convém. Os materiais utilizados são de fácil acesso e baratos para se comprar, tendo como maior dificuldade encontrar o

fio esmaltado (na internet uma peça de 30 metros sai por R\$ 14,60) e o imã de neodímio (em torno de 50 reais).

Outro possível problema é a quantidade de voltas para confecção da bobina, pois não há uma quantidade certa, de tal modo, que utilizei os 30 metros de fio para fazer a do protótipo. E esta quantidade se mostrou suficiente para a demonstração prevista. Caso o professor deseje, ou consiga menores quantidades de fio, o mesmo pode utilizar um imã mais potente ou adaptar para o giro do imã ficar cada vez mais próximo do núcleo de ferro. A maior dificuldade será em furar o imã no seu centro, para fixar o eixo de rotação, pois estes imã de neodímio são extremamente frágeis quebrando facilmente.

## ROTEIRO DA HIDRELÉTRICA

**Objetivo:** Construir e analisar o funcionamento de um protótipo de Usina Hidrelétrica com materiais de baixo custo ou reaproveitado.

### **Materiais:**

- 1 base de madeira (27x17x1) cm;
- 2 ripas de madeira de 21 cm de altura por 5 cm de base;
- 2 discos circulares de madeira de 7 e 2 cm de raio;
- 1 haste cilíndrica de latão, cobre ou alumínio;
- 1 haste fina de alumínio ou cobre;
- Tubo de alumínio ou cobre no formato de L;
- Tira de borracha;
- Fio de cobre esmaltado número 28;
- Ímã Cilíndrico ou Barra de Neodímio ou Ferrite (5,5 cm de altura por 0,5 cm de raio da base);
- 2 LEDs de 1,5 V;
- 1 Capacitor de 1000  $\mu$ F;
- Núcleo de Ferro em formato de U (utilizei vergalhão de construção);
- Pedacos de Fio;
- Sobras de madeira para fixar o núcleo e o eixo de rotação;
- 2 CDs usados;
- Colheres descartáveis;
- 2 tampas de garrafas do tipo PET.

### **Ferramentas:**

- Martelo;
- Chave do tipo Philips;
- Alicates de bico fino e de corte;
- Fita isolante;
- Estilete;
- Cola quente;

- Furadeira;
- Isqueiro.

### Montagem:

Este experimento é bem pessoal, ou seja, o professor pode escolher a forma que vai montar a seu critério. O protótipo montado é baseado totalmente em madeira (bases, colunas, rotores), mas podem ser trocados facilmente por ferro ou outro material dependendo da habilidade do professor ou até mesmo dos alunos.

Bom, o foco do protótipo é fazer o imã girar dentro de um núcleo de ferro onde se encontra uma bobina. Logo, é bom começar a montar por esta ideia. Então, inicialmente começa-se a fazer o furo no imã, com bastante cuidado e paciência, pois por ventura o imã sai faísca e até mesmo fogo. Outra situação já descrita, é a fragilidade destes imãs, então tem que ter bastante cuidado para não quebrar o imã ao furar, e sempre ter um imã reserva. O professor também tem que atentar para a polarização do imã comprado, o ideal é que se tenha um imã cilíndrico, no qual, metade transversal seja pólo sul e o outro pólo norte, a montagens do núcleo com o imã podem ser vistas na figura abaixo.

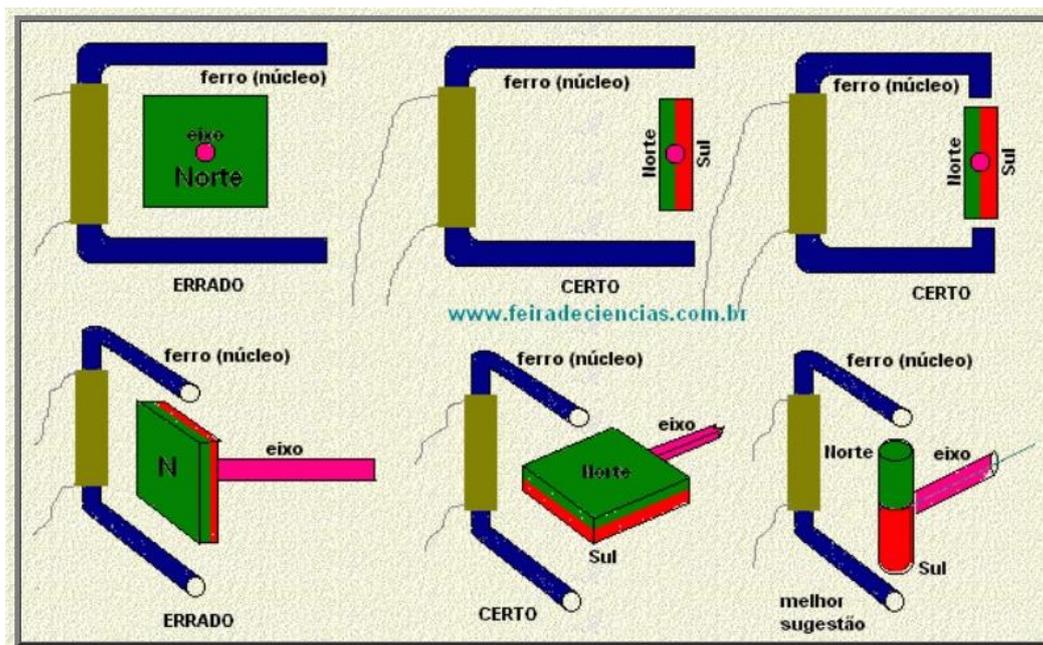
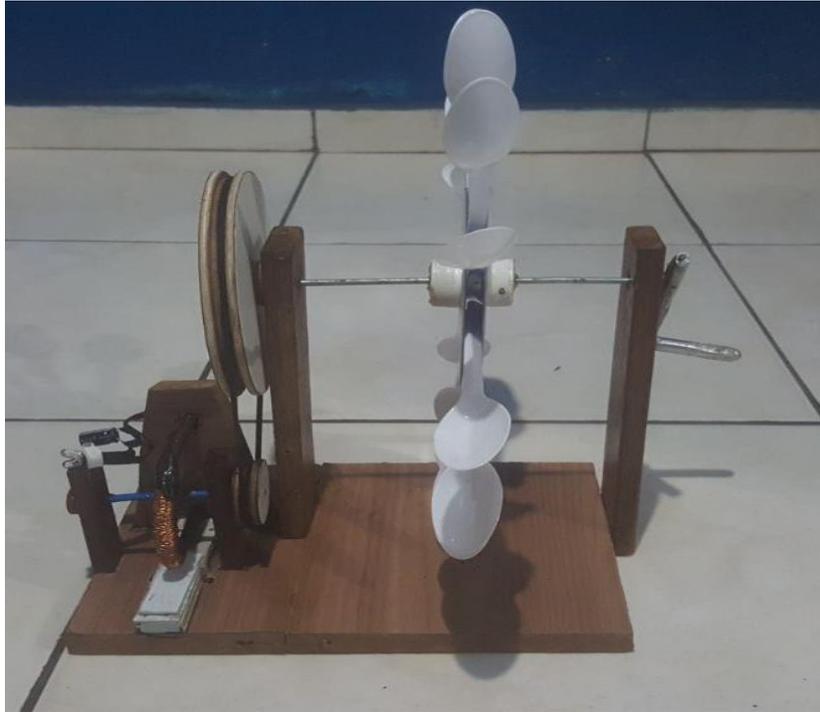


Figura 3: Posições do ímã adequadas para o funcionamento da usina. Fonte: [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br)

Feito o furo, passa-se a haste fina por dentro deste furo fixando com cola quente, para não deslizar na hora do giro. Faça duas pequenas colunas com as sobras de madeiras para colocar a haste e o imã, de modo que a mesma fique livre para girar. Após isso, fixe o disco circular com 2 cm de raio em um dos lados da haste (presa na coluna já) e no outro lado da haste coloque cola ou algo para não cair quando ocorrer o giro. Agora é montar o núcleo, para isso se pega o vergalhão e dobrar-se com alicate, ou esquentando ao fogo, deixando em formato de U. Vale salientar que a dimensão do núcleo tem que ser um pouco maior que as do imã, a altura e comprimento do núcleo têm que ser uns 2 cm a mais que a altura do imã, para fazer com que o imã gire bem próximo ao núcleo, facilitando a indução. No entanto, não pode-se fazer com que gire muito perto também, pois o imã irá atrair o núcleo impedindo que o imã gire facilmente. Ou seja, tem que se encontrar um tamanho para o núcleo que não impeça o giro, mas que também tenha uma boa indução. Para a bobina, enrola-se o fio esmaltado ao longo da perna vertical do núcleo dando em torno de 400 voltas ou mais, deixando duas pernas de sobra, cerca de 10 cm de fio por perna. Com o resto de madeira, fixa-se o núcleo alinhado ao imã e teste se o imã tem um bom giro, se não há resistência por conta da força de atração magnética. A base do gerador está pronta, restando apenas testar o seu funcionamento. Para isso, conecte os LEDs e o capacitor, em paralelo, nas pernas que sobraram da bobina e gira o imã para verificar se acende. Em caso positivo, ou seja, se acendeu os LEDs, então a usina está praticamente pronta.

A partir daqui resta preparar detalhes (opcionais) para deixar a usina melhorada e mais próxima do real. A turbina da usina se fará com os CDS e as colheres de plásticos, colando uma a uma nos CDS, e após isso, se colam as tampas de plástico nos CDs. Em seguida, faz-se um furo nas duas tampas e passa-se a haste de alumínio no centro desses furos e por dentro dos CDs. Prega-se as colunas de madeira na base colocando a haste de alumínio no topo das colunas, de um lado da haste coloca-se o outro disco de madeira e do outro o tubo de alumínio no formato de L. Não esqueça de passar cola quente ou de silicone no furo da tampa para evitar deslizamento da turbina no momento do giro. Por fim, coloca-se a liga de borracha nos dois discos e gira a manivela (tubo no formato de L). O resultado do protótipo pode ser visto na figura 4.



**Figura 4 – Prototipo da Usina Hidrelétrica. Fonte: Próprio autor.**

## CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.
- **Objetivos da Unidade:** Verificar o aprendizado dos alunos sobre os conceitos do Eletromagnetismo associado à construção do experimento da unidade 7.
- **Instrumento pedagógico:** Teste avaliativo.
- **Papel do Professor:**

Como visto nas outras avaliações, o intuito é verificar as possíveis dúvidas e questionamentos dos alunos a respeito do conteúdo abordado na unidade anterior. Vale frisar que o conteúdo abordado leva em consideração conceitos das outras unidades. Desta maneira, caso o aluno tenha problemas nas unidades anteriores, consequentemente, terá nesta unidade. Logo, o professor deve trabalhar de forma pontual, ou seja, passando por cada unidade tentando não deixar com os alunos carreguem possíveis dúvidas.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE  
NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO  
DE FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



### **Avaliação 3 – Usina Hidrelétrica**

Mestrado/Professor: Luiz Gustavo Teixeira da Silveira

Nome: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

- 1) Qual o conceito de campo? E Campo Elétrico? E Magnético?
- 2) O que você entende por indução eletromagnética?
- 3) Qual a função do giro do imã no experimento?
- 4) O que aconteceria se ao invés do imã girar em relação à bobina, a bobina girasse em relação ao imã?
- 5) Explica o termo “conservação de energia”?

## UNIDADE 7

### CONCEITOS BÁSICOS DO ELETROMAGNETISMO: PÓS-TESTE

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.
- **Objetivos da Unidade:** Avaliar o conhecimento adquirido dos alunos durante a aplicação da sequência didática proposta confronto-a com o conhecimento prévio dos mesmos.
- **Instrumento pedagógico:** Pós-teste.
- **Papel do Professor:**

Esta é a última etapa da sequência didática sendo uma das mais importantes. O professor terá que avaliar os alunos na forma de teste avaliativo (Pós-teste), que tem as mesmas perguntas feitas no pré-teste, e verificar qual a evolução do aluno para perguntas que o mesmo aluno respondeu no início do projeto. O docente tem que avaliar se houve evolução da linguagem do aluno para uma linguagem mais próxima da científica. Verificar ainda se o aluno aprendeu realmente os conceitos básicos da teoria Eletromagnética.

Outro objetivo desta avaliação é averiguar se a sequência didática alcançou as metas propostas inicialmente, e se ainda é necessário alguma modificação na sequência para haver melhorias no processo ensino-aprendizagem. Desta forma, a necessidade dos alunos terem maior atenção e dedicação nesta última avaliação é primordial para a verificação da funcionalidade do projeto.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE  
NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO  
DE FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



### Pós-teste

Mestrando/Professor: Luiz Gustavo Teixeira da Silveira

Nome: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

- 1) O que é carga elétrica?
- 2) O que são corpos neutros? E positivos? E negativos?
- 3) O que é eletrizar um corpo?
- 4) O que você entende por equilíbrio eletrostático?
- 5) Explique com suas palavras o conceito de Força. E o que seria Força Elétrica?
- 6) Qual o conceito de campo? E Campo Elétrico? E Campo Magnético?
- 7) O que é corrente elétrica?
- 8) Explique o que é resistência elétrica.
- 9) Explique o conceito de Potencial ou tensão elétrica.
- 10) O que você entende por indução eletromagnética?

## Referências

ÁLVARES, A. B.; LUZ, A. M. R.; GUIMARÃES, C. **Física: Contextos & Aplicações**. São Paulo: Scipione. v.3. 2016.

BOLFE, L. E. R.; BARLETTE, V. E. **Ensino de conceitos de Física térmica a partir de situações: Uma aproximação aos invariantes operatórios de Vergnaud**. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.

BARAIS, A.W.; VERGNAUD, G. (1990). **Students' conceptions in physics and mathematics: biases and helps**. In Caverni, J.P., Fabre, J.M. and Gonzalez, M. (Eds.). Cognitive biases. North Holland: Elsevier Science Publishers. pp. 69-84. 1990.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF, 2013.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, DF, MEC/SEB, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação. **PCN+ - Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC – SEMTEC, 2002.

BRAVO, S.; PESA M. (2016). **Evaluación del aprendizaje de interferencia y difracción de la luz en el laboratorio de física**. IENCI - Investigações em Ensino de Ciências, v. 21, n. 2, p. 68-104.

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. P.; BONJORNO, V.; BONJORNO, M. A.; CASEMIRO, R.; BONJORNO, R. F. S. **Física: Eletromagnetismo – Física Moderna**, v.3. São Paulo: FTD, 2016.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?** Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2005.

CARRON, W.; PIQUEIRA, J. R.; GUIMARÃES, O. **Física: Eletromagnetismo – Física Moderna**. Editora Ática. V.3. 2016.

CARVALHO Jr., G.; AGUIAR Jr., O. **Os Campos Conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v25, n.2, p.207-227. 2008

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. **A Resolução de Problemas em Física: Revisão de Pesquisa, Análise e Proposta Metodológica**. Investigações em Ensino de Ciências. v.1, n.3, 2001.

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. **Análise de uma situação de Resolução de Problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud**. Investigação em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2002.

FIGUEIREDO, L. A. **Objetos de Aprendizagem e Proporcionalidade: uma análise da construção dos conceitos a partir da Teoria dos Campos Conceituais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. Doutorado do programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GASPAR, A. **Compreendendo a física: ensino médio**. São Paulo: Ática, v.3. 2016.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. São Paulo. Editora Leya. v.3. 2016.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, GREF. **Física 3: Eletromagnetismo**. Universidade do Estado de São Paulo, 2012.

HENRÍQUEZ, A. L.; Jiménez-Gallardo, C. e Díaz, W. L. (2012). **Aprendizaje de los conceptos de fuerza y energía en estudiantes de ingeniería : un estudio exploratorio**. Revista Electrónica de Investigación em Educación em Ciencias, v.8, n.1, p.14-23.

HEWITT, P. G. **Fundamentos de Física Conceitual**. Bookman, Porto Alegre. 2009.

JENSKE, G. **A Teoria de Gérard Vergnaud como aporte para a superação da defasagem de aprendizagem de conteúdos básicos da matemática: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Física. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

JUNIOR, G. D. C.; JUNIOR, O. A. **Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.25, p. 207-227, 2008.

KAZUHITO, Y.; FUKE, L. F. **Física para o ensino médio**. São Paulo. Saraiva. v.3. 2016.

KOBASHIGAWA, A. H.; ATHAYDE, B. A. C.; MATOS, K. F.O.; CAMELO, M. H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, p. 212-217, 2008.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. **Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. VI, 2009. Florianópolis.

MOREIRA, M.A.; SOUSA, C.M.S.G. **Dificuldades de alunos de Física Geral com o conceito de potencial elétrico**. Projeto de pesquisa em andamento. 2002a.

MOREIRA, A. M. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002b.

MOREIRA, M. A.; **Aprendizagem significativa crítica**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o Ensino de Física na Educação Contemporânea.** Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

NUSSENZVEIG, H., M. **Curso de Física Básica.** Editora Blucher, v.3, São Paulo, 1997.

PASQUALETTO, T. I. **Ensino De Física No 9o Ano: Uma Proposta Metodológica com Projetos Desenvolvidos a partir de Situações-Problema.** 96 p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

PIETROCOLA, M. O., POGIBIN, A., ANDRADE, R., ROMERO, T. R. *Física em contextos.* Vol. I, 1 ed. São Paulo, SP: Editora FTD, 2017.

RAMALHO, F. J.; Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T. **Os fundamentos da Física.** Editora Moderna, v.3, São Paulo. 2009.

ROCHA, C. R. **Inserindo Conceitos e Princípios de Mecânica Quântica no Ensino Médio: Estados Quânticos e Superposição Linear de Estados.** 198 f. Tese de Doutorado - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

SILVA, J. de A.; SOUSA, C. M. S. G. **O Modelo Ondulatório como Estratégia de Promoção da Evolução Conceitual em Tópicos Sobre a Luz em Nível Médio.** *Ciência & Educação (Bauru)*, v.20, n.1, p.23-41. doi: 10.1590/1516-731320140010003. 2014.

TORRES, C. M.; FERRARO, N, G.; SOARES, P. A. de T. **Física – ciência e tecnologia.** V.3. São Paulo: Moderna, 2016.

VERGNAUD, G. **Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un example: les structures additives.** Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho. 1983<sup>a</sup>.

VERGNAUD, G. **Multiplicative structures.** In Lesh, R. and Landau, M. (Eds.) *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes.* New York: Academic Press Inc. pp.127-174. 1983b.

VERGNAUD, G. **Teoria dos campos conceituais.** In Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro.* p. 1-26. 1993.

VERGNAUD, G. **Multiplicative conceptual field: what and why?** In Guershon, H. and Confrey, J. (Eds.) *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics.* Albany, N.Y.: State University of New York Press. pp. 41-59. 1994.

VERGNAUD, G. **Education: the best part of Piaget's heritage.** *Swiss Journal of Psychology*, 55(2/3): 112-118. 1996.

VERGNAUD, G. **A comprehensive theory of representation for mathematics education.** *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2): 167-181. 1998.

XAVIER, C.; BARRETO FILHO, Benigno. **Física aula por aula.** São Paulo: FTD, v.3. 2016.