

# A História do Eletromagnetismo

Aluno: Vinicius Isola  
Orientador: Roberto de Andrade Martins

## 1. Introdução

### 1.1. Antiguidade

Hoje em dia nós sabemos que os efeitos elétricos e magnéticos estão diretamente relacionados, mas nem sempre foi assim.

O magnetismo já era conhecido desde as civilizações antigas. **Tales**, de Mileto, na Grécia já conhecia os efeitos de atração e repulsão de uma pedra de um tipo de óxido de ferro. Essa pedra recebeu o nome de magnetita (conhecido popularmente como ímã), pois existiu um pastor grego chamado **Magnes** que percebeu que as pedras grudavam em seu cajado de ferro.

Também existem registros de que a civilização chinesa já utilizava a bússola desde o século III A.C., e que os chineses já sabiam magnetizar o aço através de ímãs naturais, mas não existia teoria que explicasse o fenômeno.

Na Grécia Antiga também era conhecido o fato de que ao se atritar um pedaço de âmbar com o pêlo de algum animal esse adquiria a propriedade de atrair pequenas partículas de pó ou pequenos pedaços de plumas. O âmbar é uma resina fóssil translúcida e amarela derivada de um pinheiro antigo que já não existe mais.

Na idade média, **Petrus Peregrinus** produziu uma obra intitulada *Epístola de Magnete*, onde relatava experiências com o magnetismo, talvez este seja o primeiro trabalho, de que temos notícias, que buscava explicar os fenômenos elétricos e magnéticos. **Peregrinus** não fazia, porém, distinção entre os diferentes tipos de atração: a magnética e a elétrica. Essa obra permaneceu ignorada até fins do século XVI.

### 1.2. O Início da Ciência

Apenas dois mil anos depois que **William Gilbert** (1544-1603) iniciou o estudo sistemático da eletricidade e conseguiu provar que não é apenas o âmbar que adquire essa estranha propriedade. Descobriu também que ao se esfregar seda num pedaço de vidro este adquiria propriedade semelhante, com algumas características diferentes, e deu nome aos dois efeitos, chamando-os de eletricidade resinosa (para a do âmbar) e eletricidade vítrea (para a do vidro). O nome elétrico deriva da palavra grega *Elektron*, que significa âmbar.

Ele também foi o primeiro a dar uma explicação ao fenômeno. Ele dizia que existia um fluido nos materiais, e que esse fluido era retirado ao se atritar com a pele de um animal, e ao se retirar esse fluido restava uma emanção, a qual causava a força que atraía as partículas de pó.

**Gilbert** era um médico famoso em Londres e publicou em Latim o tratado “De Magnete”, onde discorria sobre as propriedades de atração do ímã e do âmbar, além de sugerir que a Terra era um grande ímã, com isso ele estabeleceu a distinção entre a eletricidade e o magnetismo.

A obra de **Gilbert** pode ser considerada como a primeira investida na tentativa de se teorizar os fenômenos da eletricidade e do magnetismo.

Com as descobertas de **Gilbert** seguiu-se uma grande quantidade de pessoas construindo aparelhos eletrostáticos, o pioneiro dessas pessoas foi **Otto Von Guericke** (1602-1686) que inventou uma importante máquina de fricção utilizando uma bola de enxofre moldada num globo de vidro que gerava cargas elétricas ao se girar a bola.

A produção dessas máquinas trouxe grandes mudanças para o estudo dos fenômenos eletrostáticos, pois, passou-se da simples observação para a experimentação.

É bom lembrar que essas máquinas não eram construídas para fins práticos e sim por admiração e fascínio. Na época muitas pessoas também acreditavam que elas tinham efeitos terapêuticos.

Através dessas máquinas várias descobertas foram feitas:

A descoberta de que objetos carregados eletricamente se repeliam ou atraíam.

Também foi descoberto que existem dois tipos de materiais, os que conduzem eletricidade (condutores) e os que não conduzem (isolantes).

Verificou-se também que era possível armazenar a eletricidade. Na Holanda em 1745 **Peter von Musschenbroek** (1692-1761) registrou a invenção chamada de garrafa de Leyden por meio da qual poderia acumular consideráveis

quantidades de eletricidade e depois descarrega-la facilmente através de um grande choque.

O padre **Jean-Antonie Nollet** (1700-1770) construiu uma máquina que gerava eletricidade estática e a acumulou através de uma garrafa de Leyden. Na hora de descarregar deu um choque em centenas de frades alinhados segurando em um condutor fazendo-os saltar simultaneamente.

### 1.3. Trazendo para a Prática

Conseguindo produzir e armazenar a eletricidade, surgiram outras propriedades interessantes. **William Watson** (1715-1787) conseguiu transmitir a eletricidade por mais de 3km e admitiu que a transmissão era instantânea.

**Benjamin Franklin** (1706-1790) fez algumas pipas voarem numa tempestade e conseguiu através disso acumular cargas elétricas num objeto de ferro pendurado na outra ponta do fio, provando assim que o relâmpago é um fenômeno elétrico.

Através disso ele criou o pára-raios que se difundiu rapidamente, uma das primeiras invenções práticas que utilizava as propriedades elétricas.

Foi **Franklin** que criou a terminologia de cargas positivas e negativas e também disse que cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais opostos se atraem.

### 1.4. Mais uma Caminhada Teórica

Em 1785 um francês chamado **Charles Augustin de Coulomb** (1735-1806), utilizando uma balança de torção conseguiu quantificar a força elétrica e descobriu a espantosa lei que hoje recebe seu nome, a lei de **Coulomb**, que diz que a força elétrica tem intensidade proporcional às cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Essa nova teoria marcou um grande passo que levou o estudo da eletricidade do qualitativo para o quantitativo. **Henry Cavendish** (1731-1810) desenvolveu várias idéias quantitativas das quais, grande parte de sua obra só foi publicada 100 anos depois por **James Clerk Maxwell** (1831-1879) que também alicerçou o lado quantitativo dos fenômenos elétricos. Ele descobriu por sua própria conta, de forma semelhante, a lei de **Coulomb**.

**Cavendish** demonstrou que a capacidade de um condensador, um dispositivo que armazena energia elétrica, dependia da substância inserida entre as placas e estabeleceu o grau de eletrificação de um corpo em relação ao ângulo formado entre duas folhas de ouro, que se repeliam, quando submetidas ao contato com a eletricidade. Trabalhou com a idéia de distribuição de cargas elétricas nas superfícies de condutores e com a idéia de potencial elétrico, cabendo a ele, também, afirmar que todos os pontos de uma superfície de um condutor tinham o mesmo potencial elétrico. Em seu trabalho de 1771 ele estabeleceu a diferença entre carga elétrica armazenada em um corpo e tensão. Estes fatos selaram a afirmação de que, pelos fins do século XVIII, todos os princípios básicos da eletrostática e da "magnetostática" estavam estabelecidos.

### 1.5. Eletricidade Contínua

No dia 28 de junho de 1800 o naturalista inglês **Joseph Bank** (1743-1820) fazia a leitura para a "Royal Society" de uma carta de **Alessandro Volta** (1745-1827) que relatava, o físico italiano, ter conseguido produzir corrente elétrica contínua utilizando a sua célebre invenção, a pilha.

Na verdade, **Volta** havia construído a sua pilha em 1796 e foi o primeiro a conseguir retirar energia elétrica de uma outra fonte que não seja mecânica. Na pilha de **Volta**, as reações químicas que ocorrem entre dois metais são as responsáveis pela energia elétrica resultante. O fluxo de elétrons que sai de um material e vai para o outro produz esta corrente que é praticamente constante (enquanto durarem os materiais). O processo é hoje chamado de óxido-redução.

Após a invenção da pilha, diversos experimentos utilizando correntes contínuas apareceram e grandes descobertas foram feitas, dando destaque para duas principais ambas do ilustre cientista inglês **Humphrey Davy** (1778-1829). Ele conseguiu decompor a água em oxigênio e hidrogênio passando por ela uma enorme corrente conseguida através de uma montagem de uma enorme pilha com mais de duzentas placas de zinco e cobre. Através da mesma montagem também foi possível obter na forma pura diversos outros elementos tais como sódio e potássio e alguns outros elementos desconhecidos na época, tais como: cálcio, estrôncio, bário e magnésio. O processo foi batizado de eletrólise.

A outra descoberta importante foi o arco elétrico. **Davy** percebeu que uma grande fagulha se formava quando interrompia o circuito formado pelas pilhas. Esse fenômeno trouxe a inauguração de uma nova forma de iluminação: o arco voltaico.

### 1.6. O casamento da eletricidade com o magnetismo

Em 1820 um novo fenômeno foi observado por acaso pelo físico dinamarquês **Hans Christian Oersted** (1777-1825). Durante uma de suas aulas sobre o efeito térmico das correntes nos fios condutores, percebeu que ao passar uma corrente pelo fio uma agulha magnética próxima ao fio sofria influência. Investigando a fundo percebeu que ao se passar

uma corrente elétrica por um fio um campo magnético é gerado ao seu redor.

A notícia se espalhou rapidamente e muitas outras experiências foram realizadas. **André Marie Ampère** (1775-1836), um matemático francês logo descobriu o efeito das correntes de um fio nas correntes de outro fio próximo e estabeleceu a primeira teoria matemática desse novo fenômeno. Observou que correntes em fios paralelos com o mesmo sentido repeliam os fios e correntes no sentido oposto os atraíam e estabeleceu as equações matemáticas. Construiu em 1822 um solenóide para criar campos magnéticos.

Os passos iniciais da eletricidade ficaram ainda mais alicerçados quando o físico alemão **George Simon Ohm** (1789-1854) anunciou em 1827 a lei que hoje recebe seu nome. A lei de **Ohm** diz que a corrente que atravessa um circuito é proporcional à tensão dividida pela resistência do circuito.

## 1.7. O Eletromagnetismo

**Michael Faraday** (1791-1867), físico inglês, descobriu onze anos depois de **Oersted** ter feito o casamento da eletricidade com o magnetismo, que a variação magnética ao redor de um fio gera uma corrente neste. Com a descoberta de **Oersted** muitos motores foram construídos e outras maneiras de gerar movimento através da eletricidade foram inventadas.

Enquanto **Faraday** estudava essas novas formas de gerar movimento ele descobriu que ao se ter um campo magnético variável ao redor de um fio condutor, uma corrente era gerada neste fio. Ou seja, **Faraday** descobriu uma maneira de gerar eletricidade através do movimento.

Mas **Faraday** não foi o único a fazer esta descoberta. Quase concomitantemente, **Joseph Henry** (1797-1878), professor americano, descobriu a força eletro-motriz de auto-indução. Como **Henry** anunciou formalmente antes, foi ele o homenageado por esta descoberta.

Mas **Henry**, conhecido pelos seus trabalhos em eletromagnetismo, foi pioneiro em muitos outros domínios da eletricidade: entre 1830 e 1831 inventou o que parece ter sido o primeiro telégrafo eletromagnético prático.

O interessante é observar que em eletricidade, a partir do século XIX, a teoria andou praticamente de mãos dadas com as utilidades práticas. Poucos anos separaram os conhecimentos teóricos sobre eletricidade dos usos possíveis de tais conhecimentos. Pode-se dizer que em muitos casos o desenvolvimento comercial da eletricidade foi resultado de pesquisas científicas.

Não que os cientistas que estudavam a eletricidade fossem os mesmos que produziram comercialmente, aparatos elétricos úteis à sociedade. Eles forem por vezes distintos, mas devido ao alto grau de comunicação científica do século XIX muitas pessoas entraram em contato com os novos saberes no campo do eletromagnetismo.

Alguns descobrimentos no campo científico foram de extrema importância para os avanços gerais da eletricidade e do magnetismo. **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887) formulou em 1847 duas leis, chamadas "leis de **Kirchhoff**" sobre correntes e tensões elétricas, que permitiam a resolução, juntamente com a lei de **Ohm**, dos mais variados circuitos, facilitando, principalmente, em muito o trabalho com a eletricidade. Embora em outros campos até o século XIX, grande parte dos avanços tecnológicos tivesse sido consequência de descobrimentos empíricos levados a cabo por homens eminentemente práticos, no campo do conhecimento elétrico, o desenvolvimento tecnológico foi derivado mais das pesquisas científicas. É possível estabelecer uma divisão nítida entre a ciência da eletricidade e a utilidade industrial dos conhecimentos científicos. Logo após o descobrimento de **Faraday**, ao cabo de pouco tempo já se vendia gerador eletromagnético para o público. Se pessoas como **Faraday** não tinham tino de transformar os conhecimentos eletromagnéticos nos seus usos práticos, não foi difícil para outros absorverem seus ensinamentos e construir equipamentos úteis à sociedade da época.

## 1.8. Uma Nova Era

O telégrafo foi a invenção que mais ajudou o eletromagnetismo a se desenvolver. Muitos cientistas trabalharam com o telégrafo, entre eles: **Wilhelm Weber, Karl Friedrich Gauss, Werner von Siemens, Charles Wheatstone e Samuel Finley Breese Morse**.

O telégrafo foi muito importante porque forneceu muita ajuda aos usos posteriores da eletricidade. Alimentou de materiais importantes, requeridos pelos laboratórios de experimentação elétrica, tais como: baterias, terminais, isolantes, condutores de diversos tipos e outros materiais, facilitando as pesquisas tecnológicas. O telégrafo ajudou até a construção de medidores mais baratos. É bom lembrar, que **Faraday** tinha usado, arames de guarda chuvas para realizar seus experimentos.

Paralelamente ao caminhar do telégrafo, a eletrotécnica se desenvolveu muito rapidamente também. Apenas um ano depois da descoberta de **Faraday, Nicolas Constant Pixii** (1776-1861), fabricante francês de instrumentos de precisão constrói um gerador de corrente alternada muito rudimentar, fazendo rodar um ímã permanente em forma de ferradura, em torno de bobinas fixas, utilizando as descobertas de **Faraday** e **Henry**.

Muitos outros construíram diversas outras máquinas eletromagnéticas, em Londres, em 1834 já se fabricava com destino ao comércio, geradores de bobinas giratórias. Os primeiros geradores produziam correntes alternadas, o que era

considerado uma desvantagem pois todos estavam acostumados à corrente contínua das pilhas.

Uma pessoa que colaborou muito para mostrar que a corrente alternada possuía muitas vantagens sobre a contínua, principalmente em grande escala, foi **Nicola Tesla** (1856-1943) com as suas invenções: o sistema polifásico, o motor de indução, a bobina **Tesla** e as lâmpadas fluorescentes.

A abundância da energia elétrica começava a tornar-se realidade. De um momento para o outro, tornara-se evidente que a eletricidade, transportando por fios a sua energia, era uma fonte de trabalho com que se podia contar, substituindo com enormes vantagens outras formas até então utilizadas. Foi uma revolução logo centenas de cérebros se puseram a procurar as várias possibilidades de utilização desta descoberta.

A energia elétrica fazia a sua apresentação na sociedade, em larga escala. Para um uso compatível com a época, era necessário resolver o problema da comutação, pois se requeria corrente contínua (principalmente na eletroquímica). A comutação era fonte de muitos problemas de desgastes da máquina e, além de tudo, perigosa. Mas pela década de 1880 já se percebia a vantagem de corrente alternada, pois para grandes distâncias era importante a transmissão a altas voltagens e construir geradores de corrente contínua de altas voltagens era mais complicado. Com a corrente alternada podia ser usado o transformador, para alteração dos valores da tensão, pois já se sabia que o transporte de energia a tensão mais elevada diminuía as perdas nas linhas de transmissão.

Embora os princípios do transformador fossem conhecidos desde 1831, com **Faraday**, ninguém havia se aventurado a usá-lo da maneira proposta nos fins do século XIX. **Marcel Deprez** (1853-1918) fez a primeira transmissão de energia por alta tensão em 1882, baseando-se nos princípios da indução e no uso do transformador. **Galileo Ferraris** (1847-1897) e **Nikola Tesla** (1856-1943), este croata americano, inventaram o motor assíncrono, um motor que tipicamente usa a corrente alternada e de bem simples construção. Quando **Tesla** chegou aos Estados Unidos em 1884, no ambiente dos engenheiros elétricos havia uma "batalha de correntes" entre **Thomas A. Edison** a favor da corrente contínua, e **George Westinghouse**, pela corrente alternada.

**Tesla**, através de suas extraordinárias invenções definiu a discussão em favor da corrente alternada. Com a atuação de **Tesla**, na Exposição de Frankfurt de 1891, se consagrou a vitória da corrente alternada sobre a corrente contínua. Em 1893 houve uma mudança radical quando **George Westinghouse** (1846-1914), engenheiro e metalúrgico americano, adotou os primeiros geradores hidroelétricos instalados nas cataratas de Niágara. Ainda assim se instalaram várias centrais de corrente contínua. Mas o seu fim como geradora de grandes energias elétricas estava contado.

Outro marco decisivo, na implantação da indústria elétrica, foi a lâmpada de incandescência, inventada pelo esforço persistente de **Thomas A. Edison** (1847-1931) e de **Joseph Swan** (1828-1914) por volta de 1880.

Embora as baterias tivessem sido, e ainda são uma fonte de eletricidade útil para grandes quantidades de fins, não fornecia quantidade suficiente para levar a cabo a iluminação em larga escala. O uso de luz dependia dos progressos efetuados na busca de métodos que gerassem energia em grande quantidade que suprissem as necessidades de iluminação.

Os geradores de fins do século XIX já atendiam perfeitamente as exigências do momento. Até a utilização prática do dínamo, na segunda metade do século XIX, a pilha voltaica permaneceu como única fonte de eletricidade, de resto limitada e dispendiosa. Para iluminação era necessária a construção de grandes geradores. A iluminação era mais necessária que a própria comunicação. O conhecimento da possibilidade de produzir iluminação precedia a da comunicação, no entanto, ficaria bem mais caro que o gás, não dava para competir, se as fontes permanecessem fundadas nas pilhas e baterias elétricas.

A construção de baterias ficava demasiada cara para o capitalismo competitivo de fins do século XIX. Dever-se-ia melhorar tecnicamente os geradores, mas isto só seria feito se houvesse um aumento substancial de demanda por energia. A iluminação supriu essa demanda. A indústria da fabricação do material elétrico, com isso, deu um salto gigantesco nos fins do século XIX. As centrais elétricas espalharam-se pelo mundo, e passaram a adotar a turbina a vapor e a turbina hidráulica como máquinas motrizes. Durante o século XX a eletricidade destronou o vapor como fonte de energia industrial e doméstica.

## 1.9. A Teoria Final

O edifício teórico do eletromagnetismo, base de todos os desenvolvimentos da eletrotécnica, foi definitivamente estabelecido em 1873 pelas mãos de **James Clerk Maxwell** (1831-1879), sábio escocês, criador das equações gerais do eletromagnetismo, que sintetizam elegante e magistralmente essa área do saber. A eletricidade e o magnetismo no mundo contemporâneo estão presentes em todos os setores econômicos, desde as áreas de transporte e comunicação, passando pelas de produção, até as de lazer. Além do largo espectro de aplicação a eletricidade é uma forma privilegiada de energia, pois pode atingir com facilidade qualquer lugar imaginável. Ela significa, entre outras coisas, transportar os enormes movimentos mecânicos de lugares distantes para os mais íntimos locais, juntamente com informações, lazer, comunicações e cultura nos campos e nas cidades, por ondas transversas. De forma bem simples e resumida o conhecimento do eletromagnetismo, entre outras determinações, possibilitou a transformação do movimento em eletricidade e a eletricidade em movimento onde o magnetismo entra como condição da possibilidade dessas geniais transformações.

## 2. Levando para os Alunos

### 2.1. O que deve ser passado?

Apesar de toda a história ser importante, não é necessário para os alunos que eles guardem cada nome, cada acontecimento, mas sim, que eles entendam o que é ser um cientista.

Que eles entendam que a tecnologia de hoje demorou anos, séculos para ser criada e que muitas pessoas deram muito mais do que suor para isso, eles deram as suas vidas.

Sem dúvida é importante o reconhecimento dos grandes feitos e das grandes personalidades. Mas uma criança, ou um adolescente, não é capaz de compreender o significado de todo esse esforço, de toda essa luta pelo conhecimento e pelo reconhecimento. Por isso, não é essencial que, pelo menos para essa faixa etária, este seja o ponto principal das palestras.

Da história do eletromagnetismo, alguns trechos principais, com alguns fenômenos mais importantes, estão diretamente relacionados com o dia-a-dia de uma cidade grande. Os trechos escolhidos são:

- Como se deu o início da ciência do magnetismo;
- Como se deu o início da ciência da eletricidade estática;
- O desenvolvimento da eletrostática;
- A invenção da primeira pilha;
- O desenvolvimento da eletrodinâmica;
- A descoberta da relação da eletricidade com o magnetismo;
- O desenvolvimento do eletromagnetismo;
- O caminho da eletricidade (da sua casa à fonte).

Com estes trechos o ensino do eletromagnetismo estará completo e totalmente compreensível para um adolescente de ensino médio que tem acesso a eletrodomésticos simples tais como: televisão, liquidificador, videocassete, etc.

### 2.2. Experimentos? Por que não?

A parte experimental é de fundamental importância para que os alunos possam compreender o fenômeno melhor e “ver” que ele realmente acontece e existe, além de estar presente no nosso dia-a-dia.

Os experimentos devem ser simples e de fácil compreensão, além de baratos, para que possam ser realizados em qualquer lugar por qualquer pessoa. Aqui, quando tratamos de algum experimento, serão levados em consideração todos estes pontos.

Um experimento simples pode ser a gota que falta para que o aluno consiga compreender o fenômeno, demarcando, algumas vezes a fronteira do “Sim, eu entendi!”, e a do “Não, dá para repetir?”. Algumas vezes, por mais que o professor acredite que esteja passando o conhecimento de uma forma simples e compreensível, o aluno fica com dúvidas e na maioria das vezes, por timidez, ou por medo de ser retaliado pelos colegas de classe, não faz perguntas e deixa passar aquela dúvida.

## 3. Experimentos

Foi decidido que seria feito três experimentos, o primeiro para mostrar o campo magnético gerado por um fio, o segundo para mostrar que dois fios podem exercer forças entre si e o terceiro que é a aplicação dos campos magnéticos gerados por fios mais comum, o motor de corrente contínua.

### 3.1. O campo magnético de um fio

Este experimento é bem simples e de baixo custo podendo ser realizado em qualquer lugar por qualquer pessoa. É preciso apenas um bússola, um pedaço de fio e uma pilha.

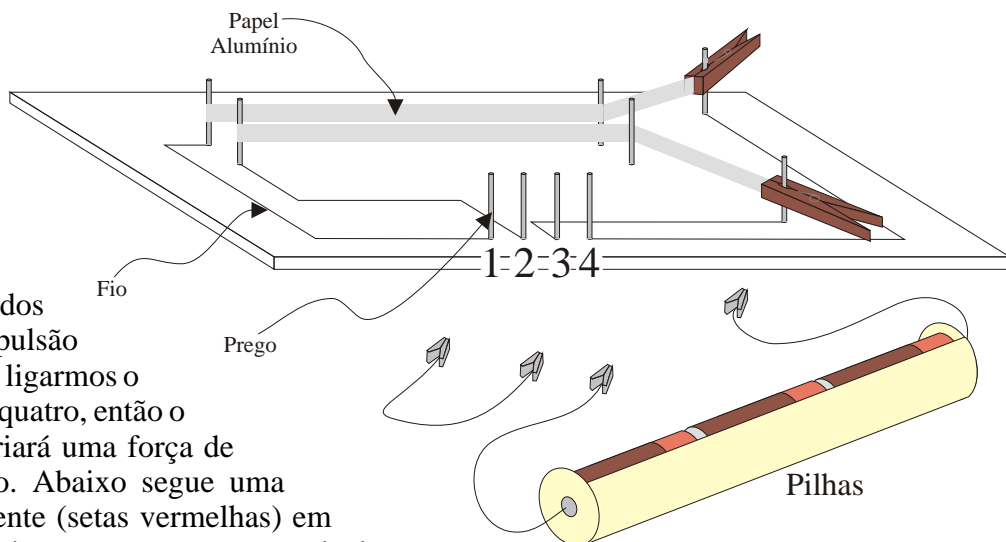
O fio deve ser enrolado de modo a formar uma espécie de bobina para maximizar o campo magnético e melhorar o controle do fluxo. Então é só conectar a pilha ao fio para que passe uma corrente por este e aproximá-lo da bússula. Ao fazer isso a bússola sofrerá uma deflexão.

O ideal é que a bússola seja transparente para que o experimento possa ser projetado num retroprojetor, para melhorar a visualização.

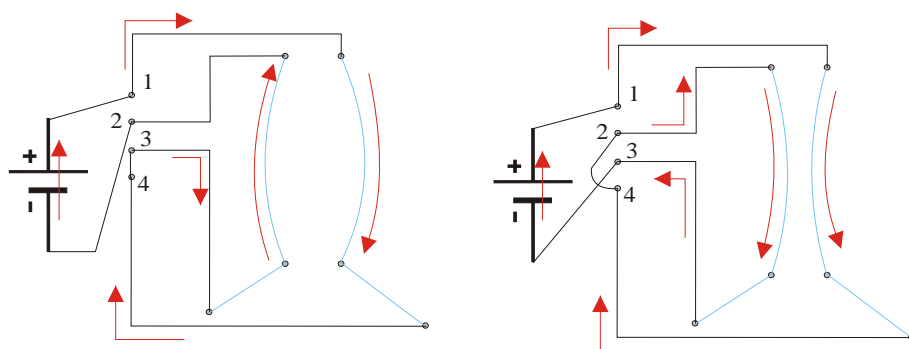
## 4. Outros experimentos que podem ser realizados

### 4.1. Força entre fios

Este experimento também é simples de ser realizado mas já é um pouco mais sofisticado pois é preciso montar um equipamento mais completo. Um esquema do aparato é mostrado a abaixo. O aparato é simples de ser montado. Ele é composto de alguns contatos que no esquema abaixo são os pregos, fios para conduzir a eletricidade das pilhas até o circuito principal que é composto de dois pedaços finos de papel alumínio presos aos contatos. Os contatos 1, 2, 3 e 4 são ligados à três pilhas, de preferência do tamanho “A” (popularmente conhecida como pilha média) para que aumente a sua durabilidade. De acordo com os modos com que se faz a conexão das pilhas com os contatos numerados a corrente passará nas duas folhas de papel alumínio em paralelo ou em série. Se ligarmos o contato um com o dois e o três com o quatro, então o circuito estará em série e as correntes que passarão nas folhas de alumínio estarão em sentidos opostos, isso criará uma força de repulsão entre as folhas de alumínio. Agora, se ligarmos o contato um com o três e o dois com o quatro, então o circuito estará em paralelo, o que criará uma força de atração entre as folhas de alumínio. Abaixo segue uma figura que mostra o sentido da corrente (setas vermelhas) em cada um dos dois casos e mostra também um esquema exagerado da deflexão das folhas de alumínio (linhas azuis).



É importante dizer que a base onde é montado o aparato deve ser de algum material transparente (acrílico, por exemplo) para que o experimento possa ser projetado no retroprojetor para melhorar a visualização.



### 4.2. Gerando movimento através de campos magnéticos: o motor elétrico

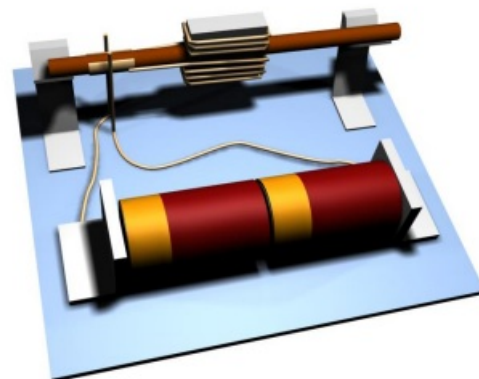
A maior demonstração da importância da interação entre os campos magnéticos e elétricos está no motor elétrico. O motor elétrico foi o que causou o maior impacto na sociedade pois houve a substituição das máquinas a vapor por máquinas elétricas. Trens, indústrias e tudo o que era possível foi substituído.

Levar um motor elétrico desmontado para mostrar numa palestra como esta não é uma coisa tão importante pois os alunos vão olhar e dizer: “Poxa, legal! E daí?”. O que eles querem é ação. O interessante é levar um equipamento que possa mostrar o princípio de funcionamento do motor elétrico e a cima de tudo: funcione!

Existem algumas maneira de se contruir um motor elétrico de corrente contínua, o que será mostrado aqui é baseado numa construção simples feita pelo *Didatica Center*. Ao invés de montá-lo você pode comprar o kit pronto para montar. Depois de montado, o equipamento se parecerá com o da figura ao lado.

Ele é composto de uma haste que tem um paralelepípedo, que servirá como núcleo ferromagnético, no centro. Esta haste está apoiada em dois suportes de forma que possa girar livremente. A haste, nesta montagem, deve ser feita de material isolante. Um fio condutor é enrolado ao redor do núcleo ferromagnético para maximizar o campo magnético. Este fio está em contato com duas placas de material condutor na ponta da haste. Estas placas, quando a haste girar, terão contato intermitente com outros dois fio que estão ligados até duas pilhas, novamente, preferencialmente do tamanho “A” (médio) para aumentar a durabilidade.

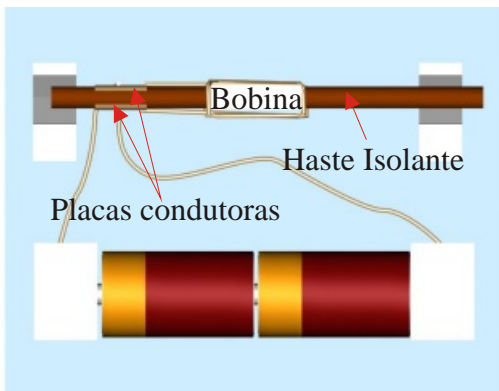
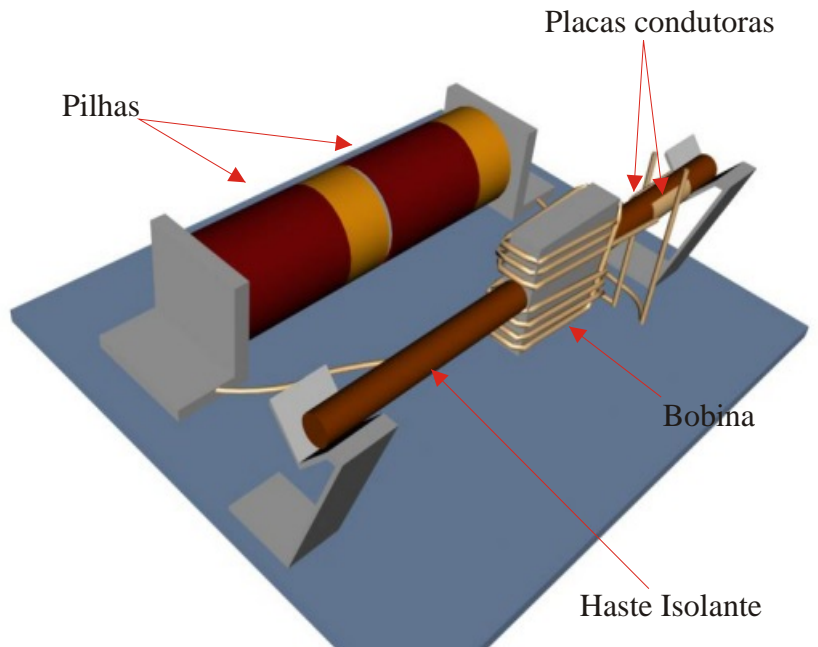
Este contato intermitente deve existir pois quando a bobina





contiver uma corrente, existirá um campo magnético através do ferromagnético. Ao aproximarmos um ímã desta bobina, ela tentará se alinhar com o campo magnético do ímã, porém, uma vez alinhada, ela ficaria parada numa posição de equilíbrio. Para evitar isso, desligamos o campo magnético desfazendo o contato entre a bobina e as pilhas, assim pela inércia a bobina continuará a girar, ao invés de parar na posição de equilíbrio. Então, ligamos o contato novamente para que ela tente se alinhar com o campo, e assim sucessivamente, o que faz a haste girar continuamente gerando movimento a partir de uma corrente elétrica.

A figura abaixo mostra uma representação da corrente elétrica passando pela bobina, que sob a ação de um campo magnético externo sofre a ação de uma força que somadas geram um torque na bobina, fazendo-a girar. Pela figura é fácil perceber que quando a bobina está alinhada com o campo magnético externo as forças não irão mais gerar um torque, mas sim se anular. É nesse momento que a corrente é desligada.



a curiosidade dos alunos, fazendo com que eles se sintam mais motivados à se dedicar ao estudo daquela matéria.

## 6. Bibliografia

- GREF, "Física 3 - eletromagnetismo", EDUSP, 2000
- Oliveira, J. C. O. e Souza, A. L., "Breve esboço sobre história da ciência e tecnologia da eletricidade e do magnetismo até fins do século XIX", na internet: <http://www.dee.ufrj.br/lanteg/abmuseu/tutorial/tutohistele.html>
- Netto, L. F., "Feira da Ciências", na internet: <http://www.feiradeciencias.com.br/>
- Queiroz, A. C. M., "A Máquina de Wimshurst", na internet: <http://www.coe.ufrj.br/~acmq/wimport.html>
- "Alessandro Giuseppe Volta", na internet: <http://www.ahistoriadafisica.hpg.ig.com.br/grandes/volta.htm>
- "Descoberta das Partículas Sub-atômicas", na internet: <http://www.virtualquimica.hpg.ig.com.br/particulas.htm>
- "Graduação - História", na internet: [http://www.ene.unb.br/ene/grad/grad\\_hist.html](http://www.ene.unb.br/ene/grad/grad_hist.html)
- Bertulani, C., "Luz e Cor", na internet: <http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>
- Beaty, W. J., "Red and Green "Electricity"", na internet: <http://amasci.com/redgreen.html>

## 5. Conclusão

Ensinar física se torna uma tarefa mais fácil quando se mostra o lado "humano" da ciência, ou seja, quando se mostra que existiu algumas pessoas que pensaram e trabalharam sobre aqueles conceitos que hoje nos parecem tão óbvios algumas vezes, mas que nem sempre foi assim.

Além disso também é importante notar como as experiências devem ser parte integrante das aulas pois elas despertam a atenção e

