

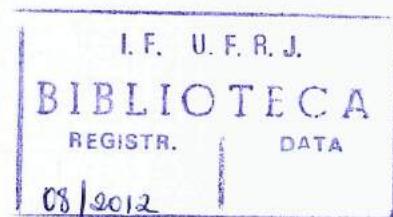


**Universidade Federal do Rio de Janeiro**  
**Instituto de Física**

Leonardo Leandro Vieira de Sá

**LEVITANDO**

Rio de Janeiro  
Outubro de 2012



***Universidade Federal do Rio de Janeiro***  
***Instituto de Física***

Leonardo Leandro Vieira de Sá

**LEVITANDO**

Monografia submetida ao corpo docente do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do diploma em Licenciatura em Física.

Orientadora: Ligia de Farias Moreira

Banca: Ligia de Farias Moreira

Helio Salim Amorim

Marco Adriano Dias

Marcos Binderly Gaspar

Rio de Janeiro  
Outubro de 2012

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado vida e saúde pra chegar aqui. Ele sabe das horas que orava num tapete vermelho da sala de minha mãe, pedindo à Ele uma oportunidade de ser e ter um pouco mais para abençoar a minha família e construir alguns sonhos que já tenho realizados. A mim pertence o corar da vergonha, mas a Ti Senhor, pertencem a honra e a glória!

Obrigado Mãe, Ivonete de Jesus Vieira de Sá, pelo carinho e amor oferecidos ao longo da caminhada. Obrigado pelo mais maravilhoso presente e herança que foi o Senhor Jesus.

Obrigado Pai, Alderico Rodrigues de Sá, pela coragem e disposição a mim ensinados. O senhor me ofereceu dignidade até aqui e isso não tem preço. Também não tem preço os experimentos que montamos juntos.

Pais, o que faço por vocês é um reflexo da gratidão e da honra devidas.

A minha Esposa, Roberta de Faria Bernardo Vieira de Sá, que nunca me abandonou, me dando apoio emocional e me aconselhando a melhorar em momentos de crise. É muito bom saber que não estou sozinho quando tenho você ao meu lado.

A Professora, Ligia de Farias Moreira, que pacientemente me acompanhou, exortou, ensinou, ajudou e perdoou, para que eu pudesse chegar até este momento. Um dos melhores créditos foi o seu, com aulas interativas e livres para o conhecimento. A senhora é dez!

Seria aqui imprudente, talvez, mas gostaria de citar nomes de professores que me cercaram com seus conhecimentos e me presentearam com essa estrada maravilhosa que é a UFRJ: Suzana Barros, Marta Feijó, Herli, Jefferson, Adir Moysés, Vitorvani Soares, Marcos Gaspar, Arthur Chaves, Julio Maria, Paulo Henrique, Deise, Antonio Carlos, Fernando Barros, Alexandre Tort, André Penna, Francisco Cordeiro, José Adolfo, Renato Junior, entre outros.

A orientadora Wania Wolff por nunca ter me julgado por dificuldades ao longo do curso mas permitido que eu avançasse ainda que de forma lenta. Sua paciência é um legado a ser aprendido.

Aos colegas de curso Vagner, Marco e Marcelo. Os dias vivenciados foram bem alegres e divertidos. Vamos sentir falta deles.

Ao Instituto de Educação Gov. Roberto Silveira, por permitir meu estágio e aperfeiçoamento em suas dependências.

## RESUMO

Neste trabalho é apresentado uma proposta ao ensino tradicional das interações magnética e eletromagnética. Foi Elaborado um roteiro de atividades a serem realizadas com aos alunos do ensino médio numa espécie de Feira de Ciências, onde os experimentos são apresentados e, ao chamar a atenção deles, serão abordados seus conhecimentos prévios, sendo ministrados posteriormente conceitos que os ajudarão a aprimorar e a solidificar esses conhecimentos, inclusive com associações às utilidades cotidianas desses fenômenos exibidos, aproximando a ciência e a tecnologia diante de seus olhos, mostrando que somos capazes de realizar mudanças ao nosso redor aplicando corretamente nossos conhecimentos de vida e acadêmicos. Serão apresentadas três interações magnéticas, tais como, a mola magnética, o bastão flutuante e o levitron. Após isso, serão apresentadas três interações eletromagnéticas, tais como, os anéis levitadores, com interações bobina-ímã e bobina-bobina, assim como, uma espécie de hélice e um toca-disco de Foucault. Em todos os fenômenos busca-se a levitação como forma de surpreender a atenção e aguçá-los a entender essa "mágica" de levitar objetos sem os velhos truques das cordinhas e das mesas cobertas por panos brancos.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	- 1 -
<b>CAPÍTULO 1 – METODOLOGIA</b>	- 3 -
1.1 – REFERENCIAL METODOLÓGICO – VYGOTSKY	- 3 -
1.2 – METODOLOGIA APLICADA	- 4 -
1.3 - MATERIAL	- 5 -
1.3.1 – LEVITAÇÃO ÍMÃ-ÍMÃ	- 5 -
Experimento 1 – Mola Magnética	- 5 -
Experimento 2 – Bastão Flutuante	- 6 -
Experimento 3 - Levitron	- 6 -
1.3.2 – LEVITAÇÃO ÍMÃ-BOBINA	- 7 -
Experimento 4 - Anel Levitador 1	- 7 -
1.3.3 – LEVITAÇÃO BOBINA-BOBINA	- 8 -
Experimento 5 - Anel Levitador 2	- 8 -
1.3.4 – LEVITAÇÃO DEVIDO ÀS CORRENTES DE FOUCAULT	- 9 -
Experimento 6 - A Hélice e o Toca-Disco de Foucault	- 9 -
<b>CAPÍTULO 2 – LEVITAÇÃO</b>	- 11 -
2.1 - O MISTÉRIO DA LEVITAÇÃO	- 11 -
2.2 – LEVITAÇÃO IMÃ – IMÃ	- 12 -
2.2.1 - HISTÓRIA DO MAGNETISMO	- 12 -
2.2.2 - PROPRIEDADES E INTERAÇÕES MAGNÉTICAS	- 13 -
2.2.3 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (1) – Mola Magnética	- 15 -
2.2.4 - OBSERVANDO	- 15 -
2.2.5 - EXPLICANDO	- 16 -
2.2.6 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (2) – Bastão Flutuante	- 16 -
2.2.7 - OBSERVANDO	- 16 -
2.2.8 - EXPLICANDO	- 17 -
2.2.9 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (3) - Levitron	- 17 -
2.2.10 - OBSERVANDO	- 18 -

2.2.11 - EXPLICANDO _____	- 18 -
2.2.12 - APLICAÇÕES _____	- 19 -
2.3 – LEVITAÇÃO IMÃ – BOBINA _____	- 20 -
2.3.1 – HISTÓRIA (TEORIA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA) - A DESCOBERTA DO ELETROMAGNETISMO _____	- 20 -
2.3.2 - APRESENTANDO O EXPERIMENTO (4) - Anel Levitador 1 _____	- 21 -
2.3.3 - OBSERVANDO _____	- 22 -
2.3.4 - EXPLICANDO _____	- 22 -
2.3.5 - APLICAÇÕES _____	- 22 -
2.4 - LEVITAÇÃO BOBINA - BOBINA _____	- 23 -
2.4.1 - HISTÓRIA (TEORIA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA) - FARADAY E LENZ _	- 23 -
2.4.2 - APRESENTANDO O EXPERIMENTO (5) - Anel Levitador 2 _____	- 25 -
2.4.3 - OBSERVANDO _____	- 25 -
2.4.4 - EXPLICANDO _____	- 26 -
2.4.5 - APLICAÇÕES _____	- 26 -
2.5 - LEVITAÇÃO DEVIDO A CORRENTES INDUZIDAS EM SUPERFÍCIES CONDUTORAS (Correntes de Foucault) _____	- 27 -
2.5.1 - HISTÓRIA - A DESCOBERTA DE FOUCAULT _____	- 27 -
2.5.2 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (6) - A Hélice e o Toca-Disco de Foucault _	- 28 -
2.5.3 - OBSERVANDO _____	- 28 -
2.5.4 - EXPLICANDO _____	- 28 -
2.5.5 - APLICAÇÕES _____	- 31 -
<b>CAPITULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS _____</b>	<b>- 33 -</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>- 34 -</b>

## INTRODUÇÃO

A Física tem por essência a observação dos fenômenos naturais e a descrição das leis que os regem. E tem um alcance fundamental, nas investigações que vão desde estrutura da matéria até nossas indagações sobre o universo. Usando poucas leis físicas podemos explicar uma grande quantidade de fenômenos naturais presentes no nosso dia-a-dia e compreender o funcionamento daquilo que já se tornou tecnologia e está ao nosso alcance.

A Física é uma ferramenta que deve ser utilizada na formação de indivíduos com olhar crítico, para isso, a preocupação da educação deve ser a de facilitar esse olhar, subsidiando os educandos através de situações que os façam usarem essa ferramenta na identificação de problemas e no alcance de métodos que desenvolvam a capacidade de lidar com esses, com os quais irão se confrontar ao longo da vida. Segundo as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, PCN, os conhecimentos devem buscar a aplicabilidade na vida diária dos estudantes, para não fornecerem apenas uma gama de informações isoladas e sem sentido, mas, uma rede de conhecimento a ser utilizada na vida diária. [Brasil, 2008]

Nesse processo de desenvolvimento o papel do professor, do educador, é fundamental. Segundo Vygotsky, [Ferrari, 2011], o professor tem o papel de impulsionador do desenvolvimento psíquico dos estudantes. A ideia de um maior desenvolvimento conforme um maior aprendizado não quer dizer, porém, que se deve apresentar uma quantidade enciclopédica de conteúdos aos alunos. O importante, para o pensador, é apresentar aos estudantes formas de pensamento, não sem antes detectar que condições eles tem de absorvê-las.

*“O caminho do objeto até a criança e desta até o objeto passa necessariamente por outra pessoa.”*

*“O saber que não vem da experiência, não é realmente saber.” Vygotsky [Ferrari, 2011]*



As ideias de Vygotsky acerca do papel do educador podem ajudar o professor a moldar a forma de apresentação e desenvolvimento de sua aula. Uma aula expositiva, que busque a interação, o despertar dos estudantes para os porquês sem deixar de levar em consideração os conhecimentos, habilidades e conceitos prévios, tem muito mais chance de sucesso que uma aula baseada em resolução repetida e exaustiva de questões completamente desconexas da realidade de vida dos estudantes. Mesclar a utilização de experimentos, debates, questões e atividades diferenciadas é fundamental para despertar o interesse dos alunos.

Em essência este trabalho fará uma simulação de uma Feira de Ciência no intuito de valorizar o ensino de física na prática, utilizando alguns recursos para tratar de interações magnéticas e eletromagnéticas, aguçando os alunos ao raciocínio crítico e construtivo, através das curiosidades dos fenômenos mostrados. Perguntas e respostas os levarão a reflexões e, com isso, a organização e consolidação de conhecimentos talvez ainda isolados.

A exposição de um determinado experimento ou pesquisa em uma feira de ciência escolar apresentado com muita organização, um interessante material visual e escrito pode transmitir muitas informações e enriquecer o conhecimento.

Quase todas as instituições de ensino fazem uso das "Feiras de Ciência" onde são divulgados vários experimentos estimulando com isso o intercâmbio de conhecimentos entre instituições escolares, para o público leigo e em consequência, o progresso na área científica incentivando o jovem estudante, bem como se fazendo valer de um instrumento educativo de alto nível de rendimento escolar. [Silva, 2012]

## CAPÍTULO 1 – METODOLOGIA

### 1.1 – REFERENCIAL METODOLÓGICO – VYGOTSKY

*“Lev Semenovitch Vygotsky nasceu em 1896 em Orsha, pequena cidade perto de Minsk, a capital da Bielo-Rússia, região então dominada pela Rússia (e que só se tornou independente em 1991, com a desintegração da União Soviética, adotando o nome de Belarus). Seus pais eram de uma família judaica culta e com boas condições econômicas, o que permitiu a Vygotsky uma formação sólida desde criança. Ele teve um tutor particular até entrar no curso secundário e se dedicou desde cedo a muitas leituras. Aos 18 anos, matriculou-se no curso de medicina em Moscou, mas acabou cursando a faculdade de direito. Formado, voltou a Gomel, na Bielo-Rússia, em 1917, ano da revolução bolchevique, que ele apoiou. Lecionou literatura, estética e história da arte e fundou um laboratório de psicologia - área em que rapidamente ganhou destaque, graças a sua cultura enciclopédica, seu pensamento inovador e sua intensa atividade, tendo produzido mais de 200 trabalhos científicos. Em 1925, já sofrendo da tuberculose que o mataria em 1934, publicou A Psicologia da Arte, um estudo sobre Hamlet, de William Shakespeare, cuja origem é sua tese de mestrado. [Ferrari, 2011]*

O desafio de cada professor é fazer com que os alunos façam suas próprias descobertas a partir de atividades que os convidem a buscar respostas e provoquem sua curiosidade. Podemos fazer um paralelo com os pensamentos de Vygotsky: *“Todo aprendizado é necessariamente mediado”* – e isso torna o papel do ensino e do professor mais ativo e determinante do que o previsto por Piaget e outros pensadores da educação, para quem cabe à escola facilitar um processo que só pode ser conduzido pelo próprio aluno.

Segundo Vygotsky, ao contrário, o primeiro contato da criança com novas atividades, habilidades ou informações deve ter a participação de um adulto. Ao internalizar um procedimento, a criança “se apropria” dele, tornando-o voluntário e independente.

Também devemos colocar que além da intervenção da Escola e dos docentes na educação do indivíduo, Vygotsky defende a importância da atuação de outros membros do grupo social na mediação entre a cultura e o indivíduo. Ele acredita que o processo de desenvolvimento só é pleno quando ocorre de forma integrada.

## **1.2 – METODOLOGIA APLICADA**

Para a explicação dos fenômenos de levitação, utilizaremos primordialmente ímãs e bobinas em suspensão, afastamento ou aproximação, se movimentando livremente ou com limitadores, buscando atrair a atenção para o invisível poder magnético e eletromagnético. O objetivo é instigar a curiosidade, fazendo perguntas sobre equilíbrios ou distorções, orientando o raciocínio de maneira a que se leve em conta todas as grandezas presentes.

Após a apresentação do modelo experimental, das perguntas e de ouvirmos as respostas e colocações dos estudantes, conceitos físicos serão elucidados por trás desses fenômenos tentando tratar o assunto de maneira o mais intuitivo possível, uma vez que a modelagem do fenômeno implica na utilização de ferramentas matemáticas não acessíveis ao ensino básico.

Experimentos deste tipo podem ser apresentados em salas de aula também, como introdução a um conteúdo, atraindo a atenção e tornando-o mais interessante e divertido.

## 1.3 - MATERIAL

Os materiais listados a seguir podem ser encontrados em casa de bombas, loja de materiais de construção, especializada em ímãs, reutilização de autofalantes, entre outros. Uma atenção especial foi dada ao levitron por se tratar de um equipamento de muita precisão necessitando este de importação dos EUA, contudo com muita paciência e perícia é possível fazer um deste em casa.

### 1.3.1 – LEVITAÇÃO ÍMÃ-ÍMÃ

#### Experimento 1 – Mola Magnética

##### Material:

- 1 porta CD de plástico com eixo central;
- 2 CD velhos;
- 12 ímãs;
- Cola.

##### Montagem:

Um porta CDs como eixo de equilíbrio, dois grupamentos de seis ímãs (anéis) colado em um lado do CD e apenas 1 ímã do outro lado. Antes de colar os ímãs nos CD certifique-se de que os dois grupos se repelem. Monte conforme a figura 1b.



Figura 1a

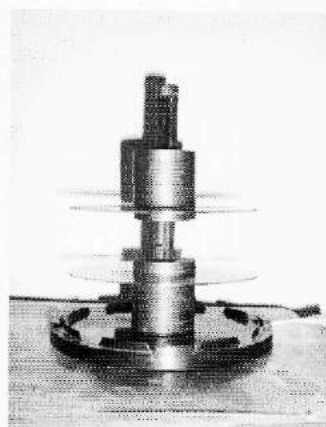


Figura 1b

## Experimento 2 – Bastão Flutuante

### Material:

1 caixa de madeira, com uma das laterais menores mais alta e ligeiramente inclinada e com 4 conjuntos de três ímãs em cada extremidade;

1 armação de madeira formando um "I" que se encaixe internamente firmando os ímãs nas extremidades, na caixa;

1 bastão de madeira com três ímãs (anéis) em cada extremidade e uma agulha em uma das extremidades.

### Montagem:

Os ímãs, na base devem ser colocados de forma a repelir o bastão;

A extremidade do bastão que contém a agulha é encaixada na lateral mais alta.

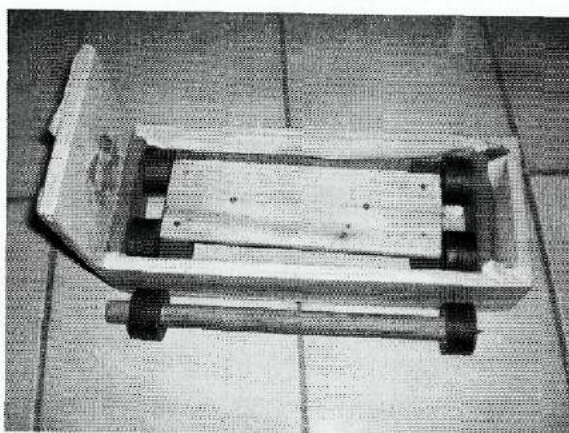


Figura 2a

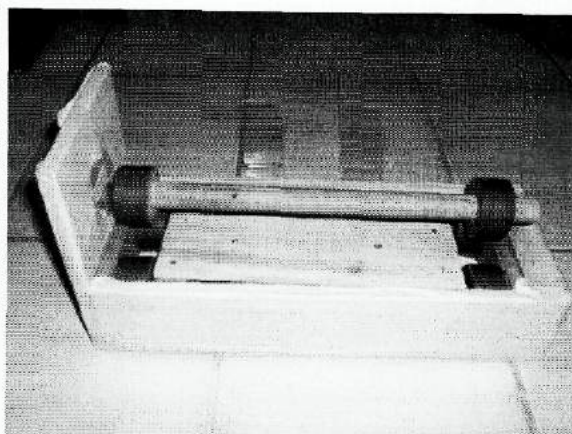


Figura 2b

## Experimento 3 - Levitron

### Material:

1 pião simétrico e muito leve contendo ímã;

1 base de ímã retangular ou em anel;

1 tampa plástica fazendo separação entre a base e o pião;

1 starter (opcional);

1 anel de borracha;

1 plataforma de plástico;

arruelas de plástico e metal para equilibrar a força gravitacional e magnética.

**Montagem:**

A base do pião repele a base retangular. Se a base for em anel, a base do pião é atraída pelo centro da base;

Colocar ou retirar arruelas de plástico ou metal do pião para calibrar o peso, colocando o anel de borracha para prender as arruelas no pião;

Usando o starter ou os dedos, girar o pião sobre a plataforma plástica que está sobre a base, levantando a tampa vagarosamente até que o pião encontre o equilíbrio entre o peso e a repulsão da base.

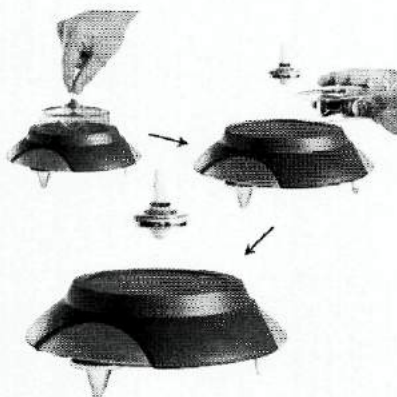


Figura 3

**1.3.2 – LEVITAÇÃO ÍMÃ-BOBINA**

**Experimento 4 - Anel Levitador 1**

**Material:**

- 1 Rolo de esparadrapo vazio;
- 1 Ímã no formato de um anel;
- 1 garrafa pet;
- Fio esmaltado (1100 voltas);
- 1 suporte de bateria;
- 1 bateria ou fonte 9V ou 12V;
- 1 bastão de ferro.

**Montagem:**

Enrolar o fio esmaltado no rolo com cuidado para não arrebentar;

Lixar as extremidades para tirar o verniz e soldar nos pólos do suporte da bateria ou ainda fazer uma conexão para o encaixe de uma fonte;

Fazer um tubo com garrafa pet para que ele sirva como eixo do imã, no entanto, o imã deve se deslocar livremente. Pode-se fixar o tubo no interior do rolo com cola. Se ele ficar muito estreito calce com pedaços pequenos de isopor, EVA ou o restante da própria garrafa PET;

Usar um bastão de ferro por dentro do tubo e do rolo, se necessário, para aumentar a intensidade do campo magnético.

Ligar a fonte para saber qual o lado do imã sentirá repulsão.

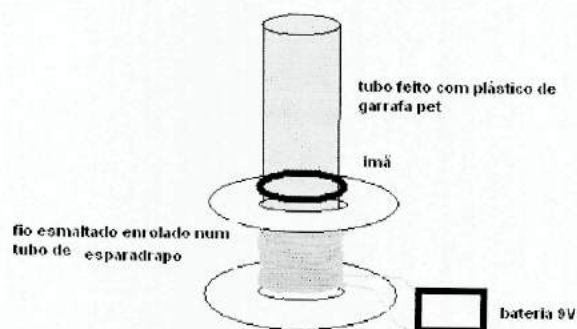


Figura 4a



Figura 4b

### 1.3.3 – LEVITAÇÃO BOBINA-BOBINA

#### Experimento 5 - Anel Levitador 2

##### Material:

- Rolo de esparadrapo vazio;
- 1 garrafa pet;
- Fio esmaltado (10 voltas);
- Fio esmaltado (1100 voltas);
- 1 lâmpada de 200W;
- 1 pedaço de fio paralelo;
- 1 plug;
- 1 bastão de ferro;

##### Montagem:

Enrolar o fio esmaltado (1100 voltas) no rolo com cuidado para não arrebentar;

Enrolar o fio (10 voltas) formando um anel, fixando com durex;

Lixar as extremidades para tirar o verniz e fazer uma tomada;

Em uma das vias do fio paralelo, colocar a lâmpada (ligação em série);

Fazer um tubo com garrafa pet para que ele sirva como eixo do anel, mas o anel deve se deslocar livremente. Pode-se fixar o tubo no interior do rolo com cola. Se ele ficar muito estreito calce com pedaços pequenos de isopor, EVA ou o restante da própria garrafa PET;

Usar um bastão de ferro por dentro do tubo e do rolo, se necessário, para aumentar a intensidade do campo magnético;

Não usar uma lâmpada de potência inferior a 200W, caso contrário, não passará pela bobina a corrente necessária para visualização do fenômeno.

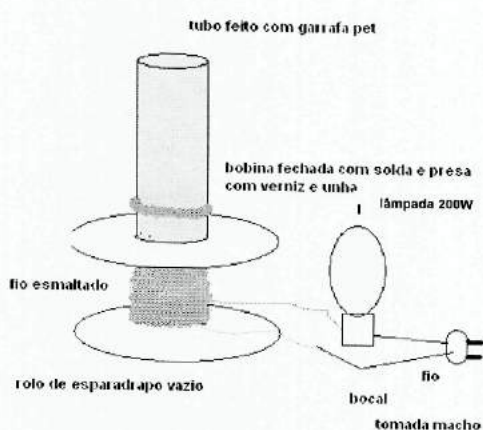


Figura 5a

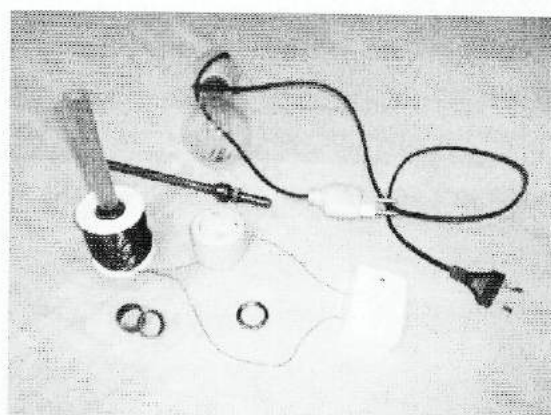


Figura 5b

### 1.3.4 – LEVITAÇÃO DEVIDO ÀS CORRENTES DE FOUCAULT

#### Experimento 6 - A Hélice e o Toca-Disco de Foucault

##### Material:

- 1 motor de ventilador com o comando de velocidades;
- 1 disco de alumínio tirado de um HD;
- 1 polia de plástico;
- 1 caixa de madeira;
- 1 toco de cabo de vassoura;
- 1 bastão longo de madeira;
- 1 bastão curto de madeira;
- 2 moedas;
- 1 pedaço de fio paralelo;
- 2 ímãs médios;
- 1 ímãs pequeno;



- 1 plug;
- 1 pedestal de plástico;
- 1 quadrado de granito;
- 1 rolamento pequeno;

**Montagem:**

Adaptar o motor, o comando de velocidades e o fio paralelo com plug na caixa de madeira, apontando o eixo do motor para fora da caixa;

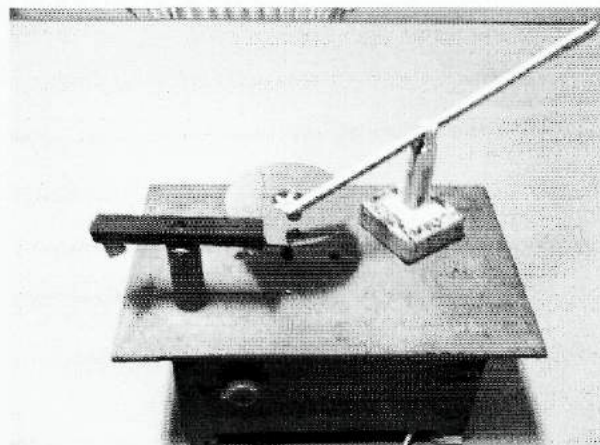
Encaixar a polia no eixo do ventilador e colar o disco de HD na polia;

Com o bastão curto e o toco, formar um "T" giratório, com o rolamento, e colar as moedas nas extremidades, fixando o "T" na caixa;

Colocar os ímãs médios nas moedas do "T";

Regular o bastão longo no pedestal e colar o ímã pequeno na extremidade do trecho menor, de forma que esta parte fique na iminência de ser suspensa pelo trecho maior.

Fixar o pedestal no granito para ficar mais firme.



**Figura 6**

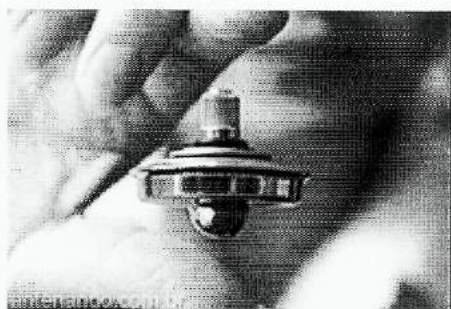
## CAPÍTULO 2 – LEVITAÇÃO

Levitar objetos, pequenos ou grandes, é possível? Neste capítulo veremos que é possível visualizar esse fenômeno com algumas interações magnéticas e eletromagnéticas.

### 2.1 - O MISTÉRIO DA LEVITAÇÃO

*“No momento, com esta atual tecnologia, sua prática seria possível apenas em micro-objetos, onde a força “quantum” é pequena e atua apenas em pequenas distâncias. No momento, levitação humana se reserva apenas para desenhos animados, contos de fadas e histórias paranormais”. [Leonhardt, 2007]*

“A levitação (do Latim: levis, leveza) é o processo com o qual se consegue suspender um objeto numa posição estável contrariando, assim, as forças de gravidade, mediante o uso de forças exercidas sem contato com o objeto.” [Levitar, 2011]



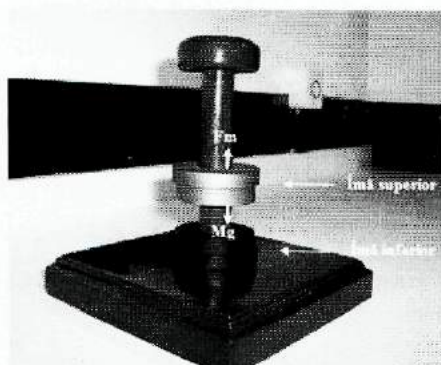
**Figura 7 – Pião girando suspenso no ar**

[<http://memorikano.wordpress.com/2007/08/17/vamos-levitar-daqui-a-15-anos-sera>, 2007]



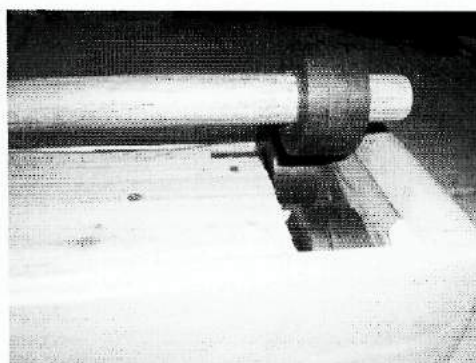
**Figura 8 – Trem que levita sobre trilhos**

[<http://diariodacptm.blogspot.com/2011/04/solucao-alema-para-tav-inclui-levitacao.html>, 2011]

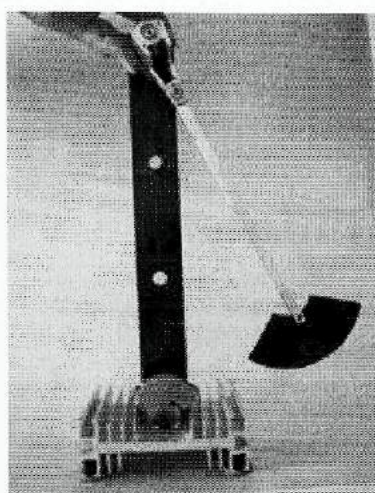


**Figura 9 – Mola magnética**

[<http://www.projetos.unijui.edu.br/fisicaparatodos/index.php?i=Experimentos/eletromagnetismo/discomag>, 2011]

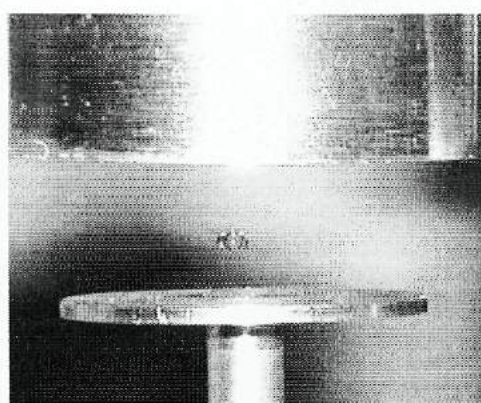


**Figura 10 – Bastão flutuante**



**Figura 11 – freio magnético**

[<http://www.rc.unesp.br/showdefisica/filme3.html>, 2012]



**Figura 12 - A levitação acústica permite que pequenos objetos, como gotículas de líquido, flutuem.**

[<http://ciencia.hsw.uol.com.br/levitacao-acustica.htm>, 2012]

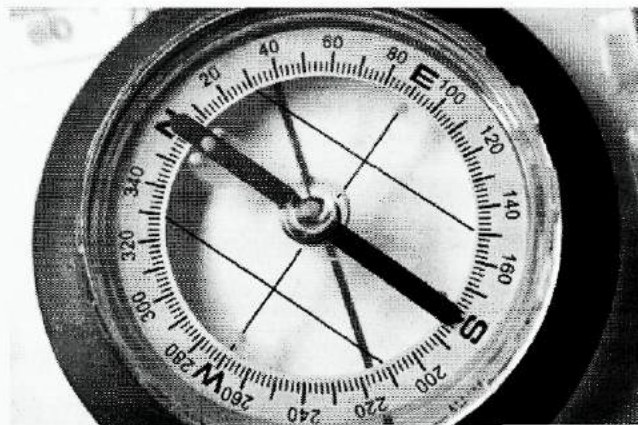
## **2.2 – LEVITAÇÃO IMÃ – IMÃ**

Aproximando pelo menos dois ímãs, podemos provocar o fenômeno da levitação.

### **2.2.1 - HISTÓRIA DO MAGNETISMO**

O Magnetismo é um fenômeno natural que fascina a todas as pessoas. Qual a criança que não fica maravilhada brincando com ímãs que se atraem ou se repelem dependendo de suas posições relativas por meio de forças misteriosas que podem atravessar materiais? Einstein mesmo relata ter ficado maravilhado quando criança brincando com ímãs, limalhas de ferro e bússolas.

Relatos da Grécia antiga falavam sobre propriedades “maravilhosas” de uma pedra que tinha “alma” de origem divina. Esta pedra, encontrada por um pastor chamado Magnes, originou o nome, Magnetita ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Outros dizem que o nome veio devido ao fato da pedra ser encontrada numa região da Turquia chamada Magnesia. O “conhecimento” naquela época era dominado pelos filósofos animistas (religiosos) e mais tarde pelos mecanicistas (também religiosos), caracterizado por superstições metafísicas que prevaleceram até a renascença. Já nesta época surgiu a primeira grande aplicação tecnológica do magnetismo: a bússola, feita de ímã, que se alinha com o campo magnético terrestre apontando sempre para o pólo sul magnético da Terra que está próximo do pólo norte geográfico, Durante séculos a bússola foi o principal instrumento de navegação e por isso foi fundamental para a expansão marítima contribuindo assim para grandes descobrimentos. Não se sabe exatamente quando e onde a bússola foi inventada. Historiadores apontam para épocas e locais que variam desde 1100 AC na China até 1637 DC na Europa, sabendo-se que no século XIV ela já era bastante utilizada. [Novak, 2012]



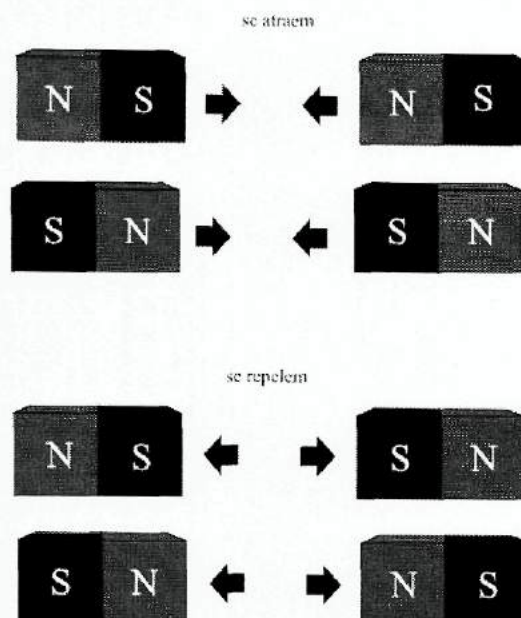
**Figura 13 – A Bússola**

[<http://www.ragio.com.br/bussola.htm>, 2012]

## **2.2.2 - PROPRIEDADES E INTERAÇÕES MAGNÉTICAS**

Todo ímã possui dois pólos chamados de Norte e Sul, e isso é indivisível, ou seja, por mais que se corte um ímã em vários pedaços em cada pedaço se verificará um pólo norte e um pólo sul. O fenômeno magnético pode ser verificado quando aproximamos um ímã de um punhado de pregos, por

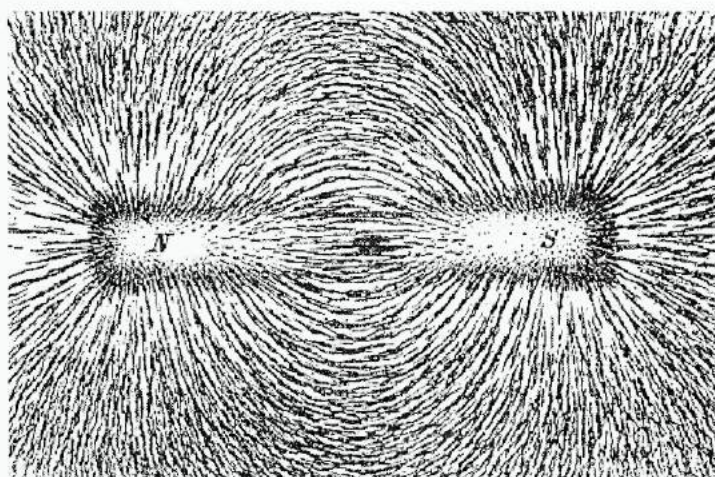
exemplo, ou quando colocamos um ímã na presença de outro. No segundo caso, podemos tirar algumas conclusões conforme abaixo:



**Figura 14 – Interações entre pólos de dois ímãs**

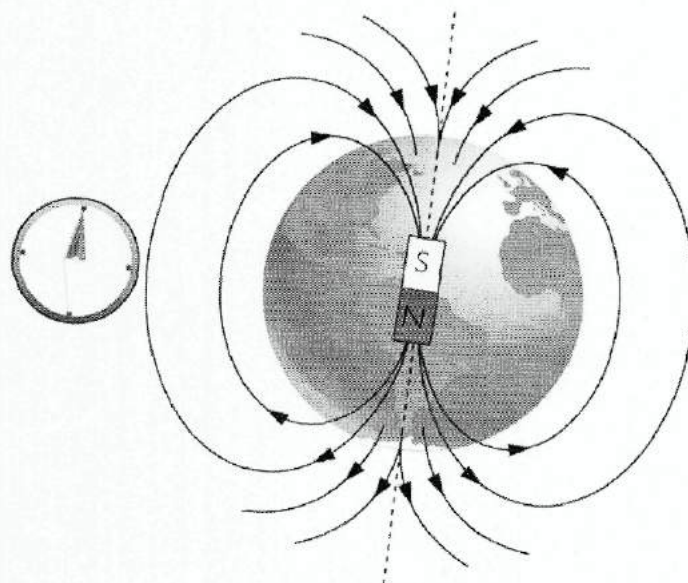
*[<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/CampoMagnetico/imasemagnetos.php>, 2011]*

As interações de atração ou repulsão acontecem, pois nesses casos cada ímã gera em torno de si um campo magnético em um determinado raio de alcance e esse campo pode ser visualizado quando, por exemplo, colocamos limalha de ferro na presença de um ímã. O sentido do campo é convencionalmente sempre do norte para o sul.



**Figura 15 – Desenho do campo magnético formado por limalhas de ferro na presença de um ímã**

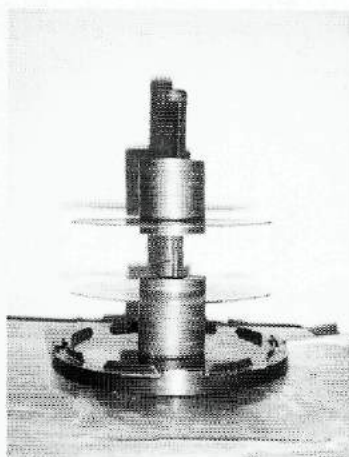
*[<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1196>, 2008]*



**Figura 16 – Linhas do campo magnético da Terra**

*[<http://blogdovinnixd.blogspot.com/2011/08/campo-magnetico-e-campo-eletrico.html>, 2011]*

### **2.2.3 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (1) – Mola Magnética**



**Figura 17 – Mola magnética**

### **2.2.4 - OBSERVANDO**

Os alunos observarão uma lacuna entre os dois conjuntos. Ao pressionarem o conjunto de cima para baixo, este será repellido para cima e oscilará até o ponto de equilíbrio novamente. Se puxarem o conjunto de cima para cima, ao soltarem, ele será freado, e novamente repellido para cima e oscilará até o ponto de equilíbrio novamente.

### 2.2.5 - EXPLICANDO

A levitação do experimento (1) acontece por que a força magnética de repulsão entre os dois ímãs se iguala ao peso do ímã da parte superior, e a distância entre eles dependerá tanto do peso do ímã da parte superior quanto do tipo de ímã utilizado, podendo este gerar maior ou menor campo magnético. Para fazer este fenômeno acontecer basta utilizarmos algum eixo como o de um porta CDs, colocarmos um ou mais ímãs na parte inferior e colocar de preferência a mesma quantidade de ímãs na parte superior, de maneira que os pólos N ou S das duas extremidades interajam entre si causando a repulsão. Os CDs colocados no experimento servem apenas para dar uma melhor visão da repulsão entre os ímãs. O nome "Mola magnética" se dá pelo movimento harmônico amortecido, quando pressionando e soltando o conjunto de cima contra o de baixo ou afastando e abandonando o conjunto de cima.

### 2.2.6 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (2) – Bastão Flutuante

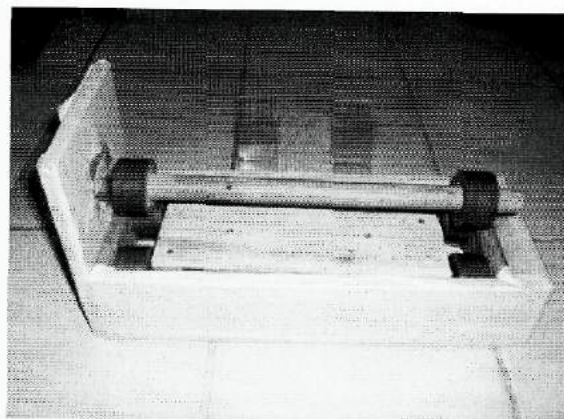


Figura 18 - Bastão flutuante

### 2.2.7 - OBSERVANDO

Os alunos visualizarão um rolo com uma agulha apoiada no anteparo, levitando em repouso ou levitando em rotação em torno de seu próprio eixo horizontal, observando também que este está "cercado" por quatro conjunto de ímãs. Ao manusear o bastão, os alunos sentirão a repulsão e observarão que ao ser deslocado, o bastão tende a grudar no ímãs da base, pelo lado de fora.

### 2.2.8 - EXPLICANDO

Neste fenômeno há que se ponderar o peso do eixo de madeira, que poderá interferir no sucesso da levitação. Numa análise vetorial simples, este experimento pode ser elucidado com relativa facilidade.

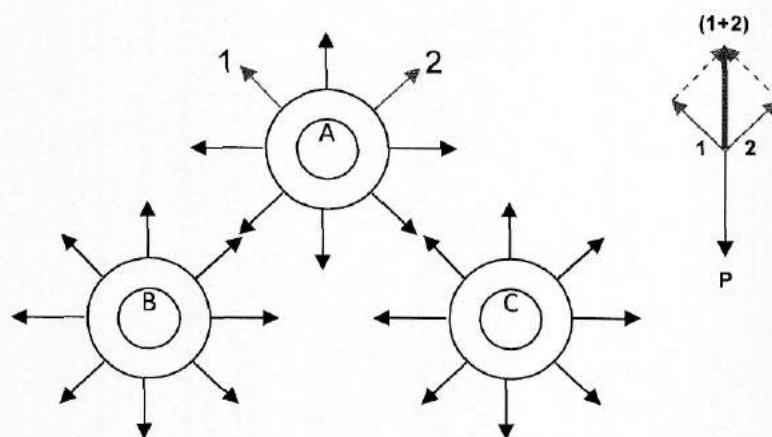


Figura 19 – Análise vetorial e diagrama de forças

Fazendo uma soma vetorial constata-se que os vetores  $1 + 2$  (Repulsão de C em A e B em A, respectivamente) fazem o equilíbrio com a força peso que atua no conjunto bastão-grupamento de ímãs. O anteparo é colocado para estabilizar o experimento, pois, sem ele, o eixo em conjunto poderá se mover para frente ou para trás. Os conjuntos de ímãs na base devem estar em um plano adequado afim de centralizar o bastão.

### 2.2.9 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (3) - Levitron

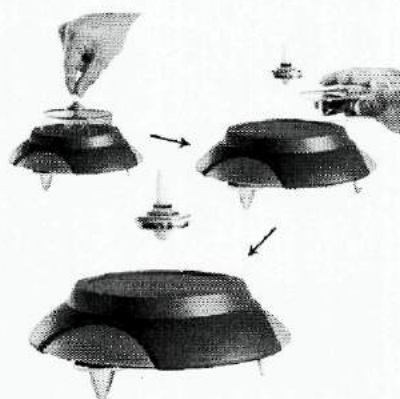


Figura 20 - Levitron

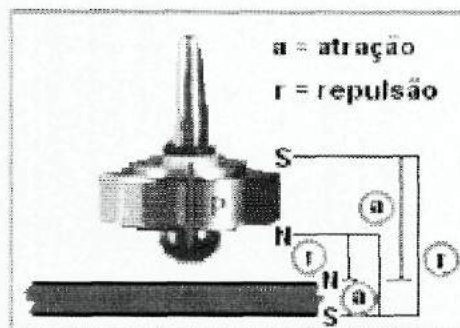


### 2.2.10 - OBSERVANDO

Os alunos visualizarão um pião girando e flutuando sobre uma base de ímã. Verificarão a levitação passando as mãos por baixo e por cima e tentarão fazê-lo levitar, o que requererá um pouco de treinamento. Ao manusear o pião notarão que a parte de baixo contem um ímã com a mesma polaridade que a base.

### 2.2.11 - EXPLICANDO

O Levitron é composto por duas partes: A base (que é colocada sobre a mesa de trabalhos) e um pião com eixo alongado. A base e o pião são essencialmente dois ímãs, porém, dispostos de tal maneira que os pólos iguais se defrontam. O ajuste desses ímãs, durante o processo de fabricação, deve ser feito de modo bastante cuidadoso.



**Figura 21 - Esquema do levitron**

[[http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_36.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_36.asp), 1999]

Surgem, como era de se esperar, quatro forças magnéticas sobre os pólos magnéticos do pião, duas de repulsão e duas de atração, com respeito aos pólos dos ímãs da base e uma força gravitacional (seu peso), com respeito á Terra. A dependência com a distância dessas forças magnéticas fazem com que (devido ao modo como os ímãs são dispostos) a resultante delas se oponha á força gravitacional e, assim, o pião levita sobre a base.

O princípio de funcionamento é semelhante ao de um pião comum. É quase impossível que um pião comum, sem girar, fique equilibrado sobre sua ponta metálica e não caia. Entretanto, enquanto está girando, o equilíbrio se

mantém. Ao diminuir a velocidade esse pião comum começa a precessar até que, finalmente, cai. Exatamente isso é o que ocorre com o Levitron.

O aspecto da estabilidade é muito delicado no Levitron. O sistema funciona dentro de limitada faixa de alturas, algo entre 3 e 4 cm contados desde o centro da base. A altura final para o equilíbrio depende principalmente do peso do pião e das forças de campo devidas á base.

A temperatura (que afeta a magnetização dos ímãs) pode alterar a estabilidade de equilíbrio. Uma boa faixa de rotação para o pião está entre 20Hz e 26Hz, abaixo de 18Hz, se torna impossível sua estabilidade.

É possível fazer um levitron levitar por aproximadamente 30 minutos em uma câmara de vácuo, já que a resistência do ar faz com que o sistema perca energia cinética, contudo, podemos aproveitar o próprio ar para compensar a perda desse movimento, jateando-o de maneira adequada tangencialmente ao pião que levita de forma a compensar a perda de velocidade, o que faria o pião levitar por dias. *[Netto, 2008]*

## **2.2.12 - APLICAÇÕES**

As atrações e repulsões magnéticas são vistas todos os dias por nós no abrir e fechar de uma geladeira, para achar uma agulha no palheiro, dois cachorrinhos de brinquedo que nunca conseguem se beijar, por exemplo.

## 2.3 – LEVITAÇÃO IMÃ – BOBINA

A partir da descoberta da relação entre eletricidade e magnetismo, é possível provocar a levitação com essa interação.

### 2.3.1 – HISTÓRIA (TEORIA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA) - A DESCOBERTA DO ELETROMAGNETISMO

Enquanto se preparava para uma palestra na tarde de 21 de Abril de 1820, Oersted desenvolveu uma experiência que forneceu evidências que o surpreenderam. Enquanto preparava os seus materiais, reparou que a agulha de uma bússola defletia do norte magnético quando a corrente elétrica da bateria que estava usando era ligada e desligada. Esta deflexão convenceu-o que os campos magnéticos radiam a partir de todos os lados de um fio carregado com uma corrente elétrica, tal como ocorre com a luz e o calor, e que isso confirmava uma relação direta entre eletricidade e magnetismo.

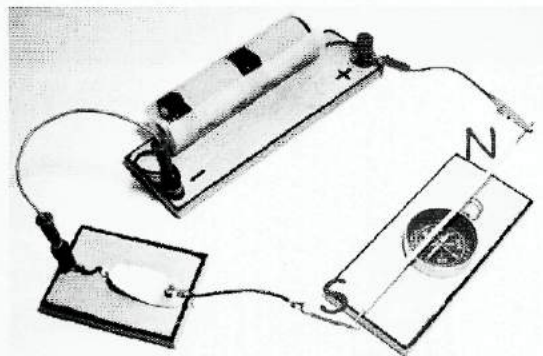
À época desta descoberta, Oersted não sugeriu nenhuma explicação satisfatória para o fenômeno, nem tentou representar o fenômeno numa estrutura matemática. No entanto, três meses mais tarde deu início a investigações mais intensivas. Pouco depois publicou as suas descobertas, provando que a corrente elétrica produz um campo magnético à medida que flui através de um fio. A unidade CGS da indução magnética (Oersted) foi assim designada em honra das suas contribuições no campo do eletromagnetismo.

As suas descobertas resultaram numa pesquisa intensa em eletrodinâmica por parte da comunidade científica, influenciando o desenvolvimento de uma forma matemática única que representasse as forças magnéticas entre condutores portadores de corrente por parte do físico francês André-Marie Ampère. As descobertas de Oersted representaram também um grande passo em direção a um conceito de energia unificado. *[Oersted, 2011]*

Vejamos o que aconteceu na experiência do Oersted. Lá estava a bússola em cima da mesa, com sua agulha imantada apontando em uma determinada direção, provavelmente norte-sul, Isto é, as linhas do campo magnético da agulha da bússola estavam alinhadas com as linhas do campo magnético do planeta. De repente, Oersted liga uma bateria e faz passar corrente elétrica pelo circuito que está nas vizinhanças da bússola. A

passagem de corrente provoca o aparecimento de linhas de campo magnético circulares em torno do fio, as quais vão se propagando pelo espaço. Em uma região onde anteriormente só havia as linhas do campo terrestre somadas às linhas da agulha imantada, começam a aparecer linhas geradas pela passagem de corrente no fio. A natureza "não gosta" dessa novidade, e tenta neutralizá-la. Como? Fazendo a agulha da bússola se movimentar, de maneira que as suas linhas de força neutralizem ou minimizem aquela variação.

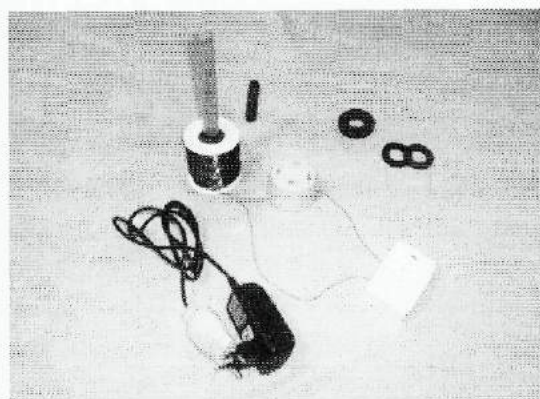
Quando a corrente se estabiliza, o campo magnético gerado por ela deixa de aumentar e então a agulha da bússola para de se mexer, permanecendo na última posição assumida. Quando a bateria é desligada e o campo magnético em torno do fio começa a diminuir, a agulha passa a se movimentar novamente, tentando restabelecer o valor do campo existente até então. Quando a corrente cessa e o campo magnético em torno do fio desaparece, a agulha também para, estando à essas alturas novamente alinhada com o campo terrestre. [Zulmira, 2009]



**Figura 22 – Experiência de Oersted**

[[http://www.feg.unesp.br/~cepee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=23&Itemid=36](http://www.feg.unesp.br/~cepee/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=36), 2010]

### **2.3.2 - APRESENTANDO O EXPERIMENTO (4) - Anel Levitador 1**



**Figura 23 - Anel levitador 1**

### 2.3.3 - OBSERVANDO

Os alunos poderão constatar que ao ligarmos a bobina na bateria ou fonte, o ímã é repellido, subindo até uma certa altura no tubo, percebendo que a bobina funciona como ímã, quando ligada. Poderão certificar-se também que se virarmos o ímã, ele será atraído.

### 2.3.4 - EXPLICANDO

Quando a bobina é ligada na bateria ou fonte, essa bobina gera um campo magnético devido a passagem da corrente pelas suas espiras em determinado sentido, daí a necessidade da fonte de corrente contínua, caso contrário, o ímã ficaria tremendo ou estático devido a corrente alternada de frequência (60Hz). Depois disso determinamos se esse campo repele ou atrai o ímã, caso atraia, é só mudar a posição do ímã para que ele seja repellido e levite guiado pelo tubo da garrafa pet.

### 2.3.5 - APLICAÇÕES

Guindastes utilizados em alguns ferros-velhos, possuem bobinas poderosas que quando ligadas atraem os carros e sucatas, transportando-os de um lugar para o outro ou ainda empilhando-os. Esse método substitui parte da força mecânica pela força eletromagnética.



**Figura 24 - Um caminhão para transportar sucatas apanha seu material com um grande eletroímã**

*[<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=19024>, 2010]*

## 2.4 - LEVITAÇÃO BOBINA - BOBINA

A interação entre bobinas pode provocar a levitação.

### 2.4.1 - HISTÓRIA (TEORIA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA) - FARADAY E LENZ

O fenômeno da indução eletromagnética, que foi descoberto quase que simultaneamente por Faraday e por Henry em 1830, é sem dúvida o fato que mais impacto teve na história recente da humanidade, porque está na origem de quase todas as aplicações tecnológicas da eletricidade. Na verdade, é devido à existência desse fenômeno que podemos ter a energia elétrica, sem a qual a nossa vida hoje em pouco se diferenciaria da vida no século XVIII.

Agora vejamos uma experiência feita pelo Faraday. Ele curvou um fio em forma de círculo (fez uma espira), e o ligou a um medidor de corrente. Depois pegou um ímã em barra e começou a movimentá-lo para frente e para trás segundo a direção do eixo da espira. O que ele observou? O aparecimento de corrente intermitente (não contínua) no fio, mesmo sem haver uma bateria no circuito. Ou seja, uma corrente induzida (provocada).

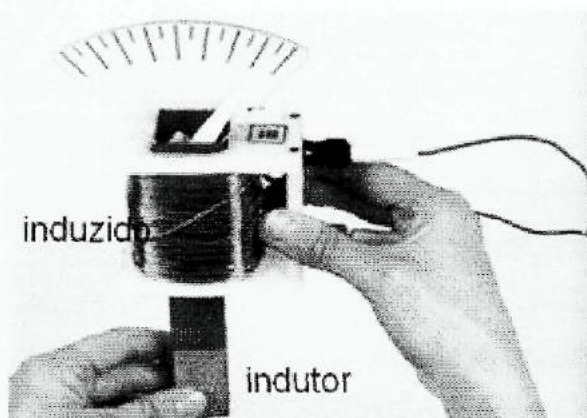
Façamos uma pausa para analisar a origem dessa corrente. Como sabemos, para haver corrente elétrica é preciso haver campo elétrico. Esse campo elétrico tem que estar dentro do fio metálico por onde a corrente está passando. Dizemos que a corrente induzida foi provocada por um campo elétrico induzido. "Induzido" significa "provocado". O que provocou o campo elétrico? Foi a variação do campo magnético! Que campo magnético? Aquele do ímã que o Faraday estava segurando.

Ao movimentar o ímã, Faraday fazia variar o fluxo magnético dentro da espira. Quer dizer, quando aproximava o ímã, um grande número de linhas de força magnética atravessava o espaço limitado pela espira, e quando afastava o ímã, o número de linhas atravessando a espira diminuía.

Ele estava fazendo o campo magnético variar, à medida que fazia variar o fluxo. A natureza "não gosta" de variações de campo magnético! O campo estava aumentando e diminuindo naquela região do espaço? Era preciso neutralizar essa variação. Como? Fazendo aparecer campo elétrico induzido, e, conseqüentemente, uma corrente induzida na espira! Essa

corrente, provocando o aparecimento de suas próprias linhas de força magnéticas, compensava a variação do fluxo das linhas originadas pelo ímã.

Assim, se Faraday estivesse aproximando o ímã, e, portanto fazendo o número de linhas magnéticas aumentar, aparecia uma corrente no circuito que provocava linhas magnéticas em sentido oposto, a fim de que o campo magnético total ficasse estacionário. Se o movimento da mão de Faraday cessava, a corrente também cessava. Se Faraday começasse a afastar o ímã, fazendo diminuir o número de linhas que atravessava o interior da espira, aparecia uma corrente com sentido contrário à anterior, com a finalidade de restabelecer o número de linhas. Resultado: uma corrente elétrica fazendo movimento de vaivém dentro da espira. Uma corrente alternada! [Zulmira, 2009]



**Figura 25 – Experiência de Faraday**

[<http://fqsanches.blogspot.com.br/2009/03/electromagnetismo-magnetismo-e-uma.html>, 2009]

Não se sabe o porquê, mas o fato é que a natureza "não gosta" de variações de campo magnético. Se existe um campo magnético em determinada região do espaço, nenhum problema. Mas se esse campo começa a variar (aumentando ou diminuindo), acontecem coisas em volta cuja finalidade é contrariar a variação. Ou seja: se o campo está mudando em intensidade, a natureza "reage", provocando outro campo de sentido oposto naquela mesma região. A taxa de variação desse campo provocado é igual à do primeiro, e o objetivo é neutralizar a variação. Lenz comprovou que a corrente induzida cria um campo magnético que se opõe à mudança de fluxo magnético do campo que a criou, de forma tal que a corrente tende a manter o fluxo. Isto é válido tanto para o caso em que o a intensidade do fluxo varie, ou que o corpo condutor se mova em relação a ele. [Zulmira, 2009]

### Sentido da Corrente Induzida

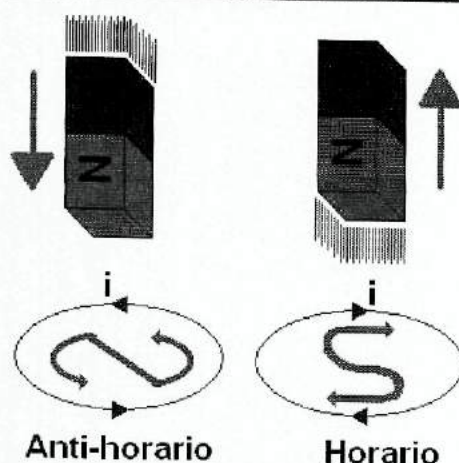


Figura 26 – Lei de Lenz

[[http://pt.wikipedia.org/wiki/Indu%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Indu%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica), 2011]

#### 2.4.2 - APRESENTANDO O EXPERIMENTO (5) - Anel Levitador 2

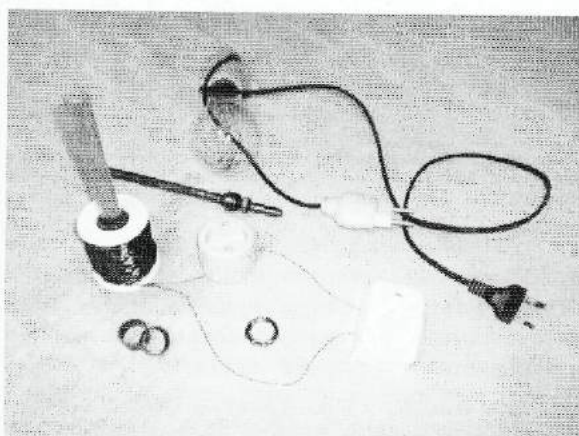


Figura 27 - Anel levitador 2

#### 2.4.3 - OBSERVANDO

Os alunos observarão que nesse experimento o que levitará será o anel de espiras, constatando também que esse anel não está ligado em nenhum circuito, trazendo o seguinte questionamento: O que faz ele levitar então já que ele não é um ímã?

Perceberão uma lâmpada ligada ao circuito indicando passagem de corrente. Neste experimentos temos que usar corrente alternada, pois corrente contínua provoca campo magnético estável que não induz.



#### 2.4.4 - EXPLICANDO

Quando a bobina principal é ligada, a lâmpada serve como resistência auxiliar para que a voltagem (110V) não queime nenhuma das espiras. Também mostra para os alunos que a corrente está passando no circuito.

Diferente do experimento anterior, independente do sentido da corrente que passa pela bobina principal, aparecerá por indução uma corrente no anel de espiras cujo campo repelirá o campo criado pela espira principal, conforme a lei de Lenz, no sentido de neutralizar a variação. Essa repulsão acontece de maneira quase instantânea já que o sentido do campo na bobina principal varia na frequência 60Hz, padrão brasileiro de corrente alternada, muito rápido.

#### 2.4.5 - APLICAÇÕES

Os processos de produção de energia elétrica usados atualmente não são diferentes, em princípio, do usado por Faraday que consiste na movimentação de uma espira no campo magnético de um ímã fixo. Por questões de praticidade, o movimento da espira é rotativo: gira em torno de um eixo, fazendo com que o fluxo de linhas magnéticas passando pelo seu interior vá de um máximo até um mínimo. Então a corrente produzida é alternada, exatamente como a obtida pelo Faraday.

O funcionamento da maioria dos aparelhos exige corrente contínua, e por isso utilizam-se "retificadores de corrente", que transformam a corrente alternada em contínua.

Dependendo do tipo da usina de produção de energia elétrica, a movimentação da espira por turbinas (grandes pás giratórias), pode ser obtida pela queda da água de barragens (usinas hidroelétricas), ou por jatos de vapor de água (usinas termoelétricas ou nucleares). Pode-se até mesmo transformar a energia eólica em energia elétrica, usando-se moinhos de pás leves, que giram devido à passagem do vento. *[Zulmira, 2009]*

A ideia é sempre a mesma: fazendo-se variar o fluxo magnético em uma determinada região do espaço, a partir da movimentação de um ímã nas proximidades de uma espira metálica, ou, equivalentemente, a partir da movimentação de uma espira no campo magnético de um ímã fixo, aparecem

correntes elétricas induzidas dentro do material da espira; essas correntes são então aproveitadas para o funcionamento de aparelhos.

Voltando à experiência de Oersted, relembremos que naquele caso foi a variação de uma corrente elétrica que provocou a movimentação do ímã. O fenômeno básico é o mesmo: a natureza tentando manter estáticos os campos magnéticos. Haverá alguma utilização prática para esse último processo, ou seja, uma variação de corrente provocando movimentação de um ímã? Certamente! É assim que funcionam os motores elétricos, desde o motor de um carro até o de um liquidificador. Todos os aparelhos que têm partes móveis utilizam esse princípio.

Podemos dizer que campos elétricos e magnéticos estão associados, a variação de um provocando o aparecimento do outro. *[Zulmira, 2009]*

## **2.5 - LEVITAÇÃO DEVIDO A CORRENTES INDUZIDAS EM SUPERFÍCIES CONDUTORAS (Correntes de Foucault)**

Uma superfície condutora que não reage à ação de um campo magnético estático, quando colocada em movimento repele este campo podendo provocar a levitação.

### **2.5.1 - HISTÓRIA - A DESCOBERTA DE FOUCAULT**

Para entender o que são as Correntes de Foucault, é necessário lembrar-se de dois fatos muito importantes na História do Eletromagnetismo. Os dois fatos ocorrem no século XIX. No primeiro, o professor dinamarquês Hans Christian Oersted conseguiu comprovar, a partir dos seus experimentos, que quando uma corrente elétrica passava ao longo de um fio aparecia um campo magnético. Quase que imediatamente, o físico francês Andre Marie Ampère, esclareceu o efeito de uma corrente sobre um ímã, assim como o efeito oposto.

A partir destas descobertas, por volta de 1855 Jean Bernard Leon Foucault observou que quando um disco de cobre era colocado entre os pólos de um magneto era preciso mais força para fazê-lo girar do que quando não havia o magneto, fato que ocorre devido ao surgimento de correntes parasitas

no interior do metal produzidas pela variação do fluxo. Estas correntes receberam o nome de correntes de Foucault. [Normando, 2011]

### 2.5.2 – APRESENTANDO O EXPERIMENTO (6) - A Hélice e o Toca-Disco de Foucault

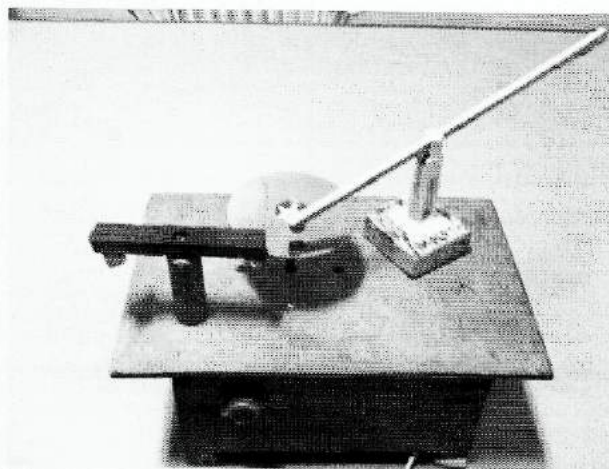


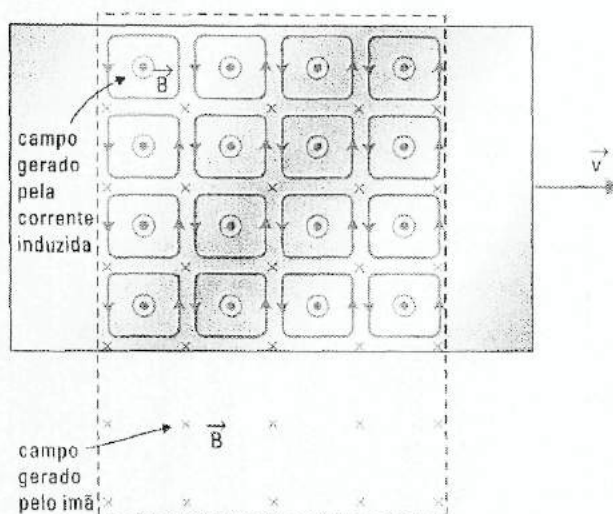
Figura 28 - A Hélice e o Toca-Disco de Foucault

### 2.5.3 - OBSERVANDO

Os alunos poderão visualizar um disco de alumínio, quando parado, não sofrendo qualquer alteração na presença de um ímã, porém, quando o disco de alumínio gira, repele qualquer pólo magnético fazendo o "T" virar uma hélice e o bastão longo ter a parte com ímã ser repelida, suspendendo essa parte. Desligando o experimento, o "T" para de girar e o bastão volta a encostar no disco, já parado. Poderão visualizar também alguma interferência do "T" no bastão pela proximidade dos dois objetos.

### 2.5.4 - EXPLICANDO

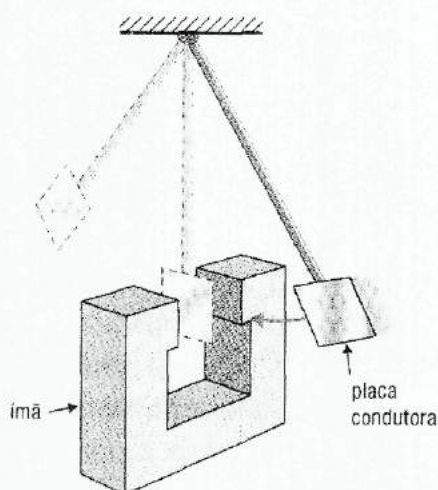
As correntes induzidas não se formam apenas em espiras, mas aparecem também em placas condutoras que atravessam as linhas de um campo magnético, embora nesse caso não existam espiras com contorno definido, admite-se que se formem na placa correntes elétricas induzidas, como se fossem remoinhos, chamadas Correntes de Foucault.



**Figura 29 - Quando a placa condutora oscila atravessando o campo magnético do ímã, aparecem correntes induzidas que freiam o movimento oscilatório.**

[Gaspar, 2005]

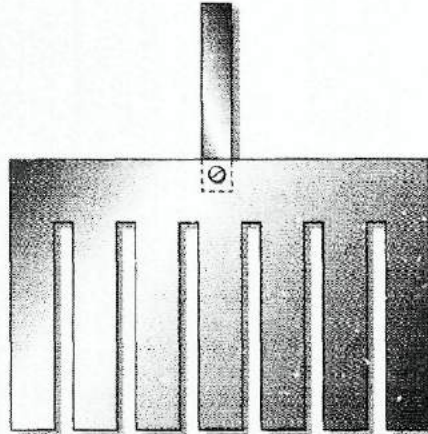
À medida que a placa atravessa a região onde se concentram as linhas do campo magnético do ímã, variam as regiões da placas atravessadas pela linha do campo. É como se uma infinidade de pequenas espiras, umas atrás das outras, estivessem atravessando o campo magnético. E pela Lei de Faraday, em cada uma dessas espiras, aparece uma força eletromotriz induzida. E, pela Lei de Lenz, essas forças eletromotrizes induzidas geram correntes induzidas, como se fossem remoinhos, que se opõem à variação do campo que a criou ao movimento da placa.



**Figura 30 - As oscilações do pêndulo são rapidamente amortecidas quando a placa condutora passa pelo interior do campo magnético.**

[Gaspar, 2005]

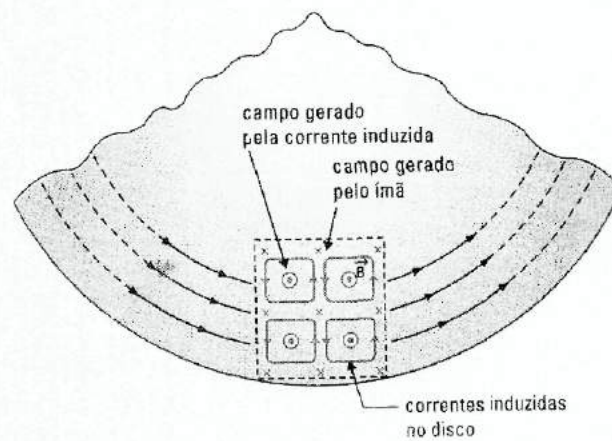
Se uma placa possuir fendas, o espaço entre essas reduz a área da placa que atravessa o campo magnético, reduzindo o fluxo e consequentemente a força eletromotriz induzida. O campo magnético que se opõe ao movimento será menor e o amortecimento também.



**Figura 31 - Quando a placa condutora tem cortes, como um pente, o amortecimento é muito menor.**

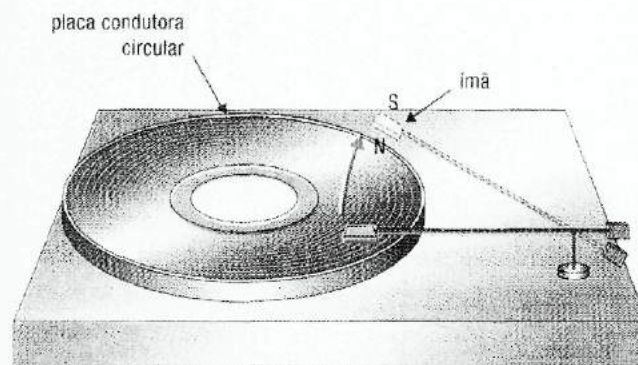
*[Gaspar, 2005]*

Embora a placa seja contínua, a região que está sob a ação do campo magnético do ímã é limitada e variável, as correntes induzidas formam-se, portanto, sob o ímã. Pela Lei de Lenz essas correntes devem gerar um campo magnético que se opõem a causa que o gerou. Como são duas causas, o movimento da placa e a ação do ímã, essa oposição pode se manifestar tanto no sentido de frear a placa como no de afastar ou repelir o ímã. Manifesta-se o efeito "mais fácil" para o campo magnético. Nesse caso, é a repulsão do ímã, que sobe com a alavanca e repelindo os ímãs do "T", fazendo-o girar como uma hélice. *[Gaspar, 2005]*



**Figura 32 - Quando a placa circular passa sob o ímã, aparecem correntes induzidas circulares que o repelem , empurrando a alavanca para cima.**

[Gaspar, 2005]

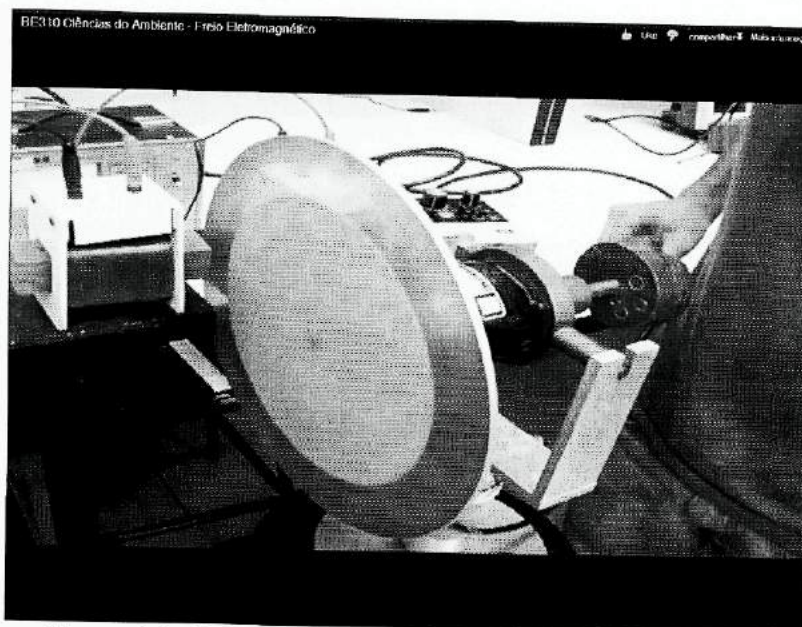


**Figura 33 - o braço da alavanca, na extremidade em que está o ímã, sobe quando a placa circular condutora começa a girar.**

[Gaspar, 2005]

### 2.5.5 - APLICAÇÕES

Uma aplicação prática para as Correntes de Foucault é o freio de automóveis e trens. Este tipo de freio é constituído pelo disco da roda girando entre dois potentes eletroímãs. Estes últimos são solidários à uma estrutura móvel cujo deslocamento é controlado por um dispositivo de mola. Quando o freio é acionado, as bobinas são ligadas e criam nos discos em rotação as correntes de Foucault, se opondo ao torque, freando o disco.



**Figura 34 - Freio magnético representado em laboratório**

*[<http://www.youtube.com/watch?v=5QobcQxKOA4&feature=related>, 2012]*

Pode ser utilizado também em bicicletas ergométricas, cadeira de rodas com controle de subida e descida suaves, entre outras aplicações.

## CAPITULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível fazer aulas e apresentações, cuja teoria seja absolutamente abstrata, em momentos divertidos e encantadores. Num palpite de quem gosta muito de Feira de Ciências, suspeito que o levitron será o experimento mais badalado entre aqueles que devem demonstrar equilíbrio e dinâmica ao mesmo tempo, desafiando o bom senso de que tudo tem de ficar preso ao chão, levitando em rotação e bem perto dos olhos. O que dizer de um bocado de fio enrolado, fazer um ímã e um pedaço de cano de cobre levitarem, além de um anel de fio enrolado, sem estar ligado a nada, simplesmente levar, parecendo um passo de mágica?

A Física é uma ciência fantástica que revolucionou a sociedade, que dá combustível aos amantes para novas descobertas, habilidades para as descrições e previsões dos fenômenos naturais, além da manipulação de resultados através de tecnologias altamente complexas. Sem física, como existiria a energia elétrica que move os motores da sociedade moderna e pós-moderna? Tesla que o diga. Hoje, qualquer um pode manipular essa ferramenta, basta paixão, intuição, imaginação e um pouco de matemática.

Como graduando em Física sinto-me desafiado a deixar o legado, da busca pelo conhecimento e da contribuição para uma sociedade melhor, igual e capaz de criar tecnologias que faça frente aos obstáculos impostos pela vida, para os que não de me seguir.

"A mente que se abre a uma ideia, jamais voltará ao seu tamanho original"

*[Einstein, 2012]*



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil, PCN , Brasília, MEC 2008.

Ferrari, Mario, Lev Vygotsky, o teórico do ensino como processo social - disponível no site em março de 2011:

<http://revistaescola.abril.com.br/historia/pratica-pedagogica/lev-vygotsky-teorico-423354.shtml>

Silva, Ivana - acessado em agosto de 2012:

<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/feiradeciencias.htm>

Leonhardt, Ulf, Thomas G Philbin - Quantum levitation by left-handed metamaterials, New Journal of Physics 10 August 2007 - disponível no site em 13 de agosto de 2007:

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165070813>

Levitar - disponível no site em 08 de janeiro de 2011:

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Levitar\\_08-01-2011](http://pt.wikipedia.org/wiki/Levitar_08-01-2011)

Piã girando suspenso no ar - disponível no site em agosto de 2011:

<http://memorikano.wordpress.com/2007/08/17/vamos-levitar-daqui-a-15-anos-sera>

Trem que levita sobre trilhos - disponível no site em abril de 2011:

<http://diariodacptm.blogspot.com/2011/04/solucao-alema-para-tav-inclui-levitacao.html>

Mola magnética - disponível no site em outubro de 2011:

<http://www.projetos.unijui.edu.br/fisicaparatodos/index.php?i=Experimentos/eletromagnetismo/discomag>

Freio magnético - acessado em agosto de 2012:

<http://www.rc.unesp.br/showdefisica/filme3.html>

A levitação acústica permite que pequenos objetos, como gotículas de líquido, flutuem - acessado em agosto de 2012:

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/levitacao-acustica.htm>

Novak, Miguel A. - acessado em agosto de 2012:

<http://www.cbpf.br/~labmag/miguel.pdf>

A Bússola - disponível no site em novembro de 2010:

<http://www.ragio.com.br/bussola.htm>

Interações entre pólos de dois ímãs - disponível em outubro de 2011:

<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/CampoMagnetico/imasemagnetos.php>

Desenho do campo magnético formado por limalhas de ferro na presença de um ímã - disponível em novembro de 2008:

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1196>

Linhas do campo magnético da Terra - disponível em agosto de 2011:

<http://blogdovinnixd.blogspot.com/2011/08/campo-magnetico-e-campo-eletrico.html>

Esquema do levitron - disponível em novembro de 1999:

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_36.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_36.asp)

Netto, Prof. Luiz Ferraz - disponível em novembro de 1999:

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_36.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_36.asp)

Oersted, disponível em 15 de Janeiro de 2012,

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Christian\\_%C3%98rsted](http://pt.wikipedia.org/wiki/Hans_Christian_%C3%98rsted)

Zulmira - disponível em outubro de 2009:

<http://www.oocities.org/zulmira52/inducaao.html>

Experiência de Oersted - disponível em 2010:

[http://www.feg.unesp.br/~cepee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=23&Itemid=36](http://www.feg.unesp.br/~cepee/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=36)

Um caminhão para transportar sucatas apanha seu material com um grande eletroímã - disponível em 15 de maio de 2010:

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=19024>

Experiência de Faraday - disponível em 2009:

<http://fqsanches.blogspot.com.br/2009/03/electromagnetismo-magnetismo-e-uma.html>

Lei de Lenz - disponível em 05 de outubro de 2011:

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Indu%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Indu%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica)

Normando, Ricardo - disponível em 29 de agosto de 2011:

<http://www.infoescola.com/fisica/corrente-de-foucault/>

Gaspar, Alberto, Física, Eletromagnetismo, Física Moderna, Vol. 3, Ed. Ática, 2005, 1ª edição.

Freio magnético - disponível em 17 de junho de 2012:

<http://www.youtube.com/watch?v=5QobcQxKOA4&feature=related>

Einstein, Albert - acessado em 24 de agosto de 2012:

<http://pensador.uol.com.br/frase/MTQw/>