

**Universidade estadual de Campinas:
F 609 Tópicos de Ensino de Física I**



**Relatório
Freio Eletromagnético Retro-Alimentável.**

Aluno: Reginaldo Zancani Werle Ra 046046
Orientador: Mauro Monteiro Garcia de Carvalho
Coordenador da Disciplina: José Joaquim Lunazzi

1-Resumo:

Este experimento utiliza-se das perturbações geradas pelo campo magnético em um metal, com propriedades ferromagnéticas ou não, devido à variação de fluxo do campo magnético. Neste experimento optou-se pelo movimento do metal, imitando um disco de freio, para obter-se os efeitos de correntes da variação de fluxo do campo sobre ele. O efeito é um torque contrário ao movimento do disco, atuando assim como um sistema de frenagem. Esse efeito é aplicado atualmente, em fase de teste, em algumas das principais empresas desta área como a Arten.

O objetivo deste tipo de freio é a maximização da energia gerada pela queima de combustível, uma vez que a energia utilizada pelo freio é obtida em grande parte pela energia cinética do automóvel. Assim trata-se de um sistema de freios que maximiza a durabilidade das tradicionais pastilhas de freio.

2-Introdução Histórica:

As propriedades magnéticas são conhecidas pelo homem desde de a antiguidade e assume-se a descoberta do magnetismo a um camponês da região da Ásia Menor, atual região da Turquia, que ao andar pelo campo notou que algumas "pedras" haviam sido atraídas pelos pregos de sua sandália, denominadas magnetita. Desde então as propriedades magnéticas foram estudadas por grandes pensadores.

Tendo observado que pedaços de magnetita, quando em formas mais ou menos semelhantes a cilindros ou barras, apresentavam a tendência de se orientar na direção (aproximada) norte-sul, os chineses inventaram a bússola. Nos séculos seguintes descobriram-se alguns fatos intrigantes: os ímãs (que nada mais eram do que os tais cilindros ou barras de magnetita) dispõem de "pólos", em número de dois, e opostos.

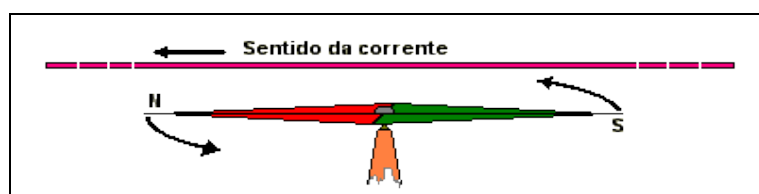
Por volta de 1600 Gilbert ainda pensava em "eflúvios" na tentativa de entender o magnetismo, mas, um século depois, idéias semelhantes a essa estavam banidas do pensamento científico devido ao prestígio da obra publicada por **Isaac Newton** em 1687, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*

(Princípios Matemáticos da Filosofia Natural), um tratado de Mecânica Clássica que incluía a Teoria da Gravitação Universal.

Essa teoria, que teve grande sucesso em explicar fenômenos até então incompreendidos, passou a ser aceita livremente e a filosofia na qual se baseava acabou sendo estendida a campos não abrangidos por ela, como por exemplo, a Eletricidade e o Magnetismo.

As evidências da correlação entre eletricidade e magnetismo obtidos por Oersted, Faraday e outros, eram experimentais (fundamentadas em experiências), sem sustentação em nenhuma teoria que lhes dessa legitimidade matemática. Essa teoria — o Eletromagnetismo — foi construída depois por **James Clerk Maxwell**, que se baseou principalmente nos experimentos de Faraday e na sua própria criatividade e erudição.

De há muito se suspeitava que a 'eletricidade' estava relacionada de alguma forma com o magnetismo. Por exemplo, peças de ferro tinham sido freqüentemente encontradas magnetizadas nas vizinhanças de algum lugar onde havia caído um raio. Mas a conexão entre as duas ciências não foi descoberta senão em 1820. Naquele ano, o cientista dinamarquês **Hans Christian Oersted** (1777 ---1851), fez uma grande descoberta que deu origem à ciência do eletromagnetismo. Ele descobriu que um fio conduzindo uma corrente elétrica provoca uma deflexão de uma agulha magnetizada. O fio foi primeiramente alinhado em paralelo com a agulha do compasso (que repousa na direção norte-sul), não havendo fluxo de corrente elétrica. Em seguida uma corrente foi estabelecida no fio gerando uma rotação de 90° na agulha, conforme se vê na figura abaixo:



Descoberta, feita por Oersted, da interação entre a eletricidade e o magnetismo. Uma corrente elétrica produz uma força sobre a agulha magnética que estava inicialmente alinhada com o fio

Com base nos estudos de Oersted, foi possível elaborar diferentes formas de se utilizar e maximizar o efeito da corrente elétrica em um condutor, como o uso de bobinas.

Mais tardiamente observou-se também que um metal em movimento próximo a um campo magnético sofria efeitos deste campo graças aos seus elétrons livres. Esse fenômeno foi nomeado de **Corrente de Foucault** (ou ainda corrente parasita) sendo este o nome dado à corrente induzida em um condutor quando o fluxo magnético através de uma amostra razoavelmente grande de material condutor varia. O nome foi dado em homenagem a **Jean Bernard Léon Foucault**, que estudou esse efeito.

O efeito destas correntes é o tema deste experimento e possibilitou a produção do aparato experimental aqui chamado de freio-eltromagnético-retroalimentável.

3-Teoria:

A lei da indução eletromagnética de Faraday é uma das primeiras leis do eletromagnetismo, e o efeito que ela descreve é de fundamental importância. Máquinas Elétricas e Transformadores, por exemplo, têm o seu funcionamento baseado inteiramente no princípio da indução eletromagnética.

3.1-Indução Eletromagnética:

Considere a espira circular da figura 3.1^a. Com um ímã permanente movendo-se no sentido de penetrar na espira. Portanto o fluxo magnético que atravessa a espira estará aumentando. Isto resultará em uma corrente induzida na espira, numa direção tal que o fluxo magnético por ela gerado se oporá à variação do fluxo produzido pelo ímã permanente. Na figura 3.1b o ímã está se afastando da espira, portanto o fluxo que atravessa a espira estará diminuindo. Novamente ter-se-á uma indução de corrente na espira, produzindo um fluxo que se oporá à variação do fluxo produzido pelo ímã. Assim, a direção da corrente na figura 3.1b será na direção contrária à corrente da figura 3.1a. Movendo-se o ímã para cima e para baixo, alternadamente, uma corrente

alternada (CA) fluirá na espira. Este arranjo constitui um gerador simples de corrente alternada. O fato da corrente induzida na espira estar sempre em oposição à variação do fluxo produzido pelo ímã permanente, é explicado pela lei de Lenz.

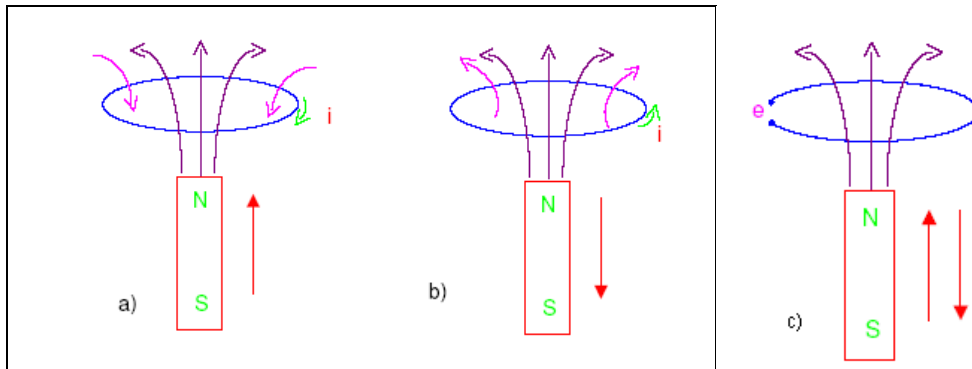


Figura 3.1 Variação do fluxo magnético em uma espira, pelo movimento de um ímã permanente.

Suponha agora que a espira é seccionada em um ponto qualquer, como na figura 3.1c O movimento alternado do ímã fará com que uma força eletromotriz apareça entre os seus terminais. Essa força eletromotriz será igual à taxa de variação do fluxo através da espira em relação ao tempo:

$$e = - \frac{d\phi_m}{dt} \tag{3.1}$$

Onde:

e = força eletromotriz induzida, em Volts.

ϕ_m = fluxo magnético, em Weber.

t = tempo, em segundos.

A equação 3.1 é uma maneira de apresentar a lei de Faraday, e expressa a força eletromotriz induzida em um circuito devido à variação do fluxo no circuito. Esta variação de fluxo concatenado pode ocorrer através de:

- variação no tempo da amplitude do fluxo magnético
- variação da área da espira

- movimento relativo entre um campo magnético e o circuito
- combinação de todos.

3.2 - Tensão Induzida por Efeito Variacional:

A força eletromotriz em um circuito é igual à integral do vetor intensidade de campo elétrico associado com a corrente induzida, ao longo do comprimento da espira, considerando a separação entre os terminais como sendo desprezível:

$$e = \oint_1 \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.2)$$

O fluxo através da espira é igual à integral da componente normal do vetor indução magnética sobre a superfície envolvida pela espira:

$$\phi_m = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (3.3)$$

onde:

B = vetor indução magnética, em Weber/m².

dS = elemento diferencial de área, em m².

Substituindo a equação (3.3) em (3.1), ter-se-á:

$$e = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (3.4)$$

E se a espira, ou circuito fechado, for estacionário, ou manter a sua forma fixa:

$$e = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (3.5)$$

Esta forma da lei de Faraday expressa a força eletromotriz induzida, devido especificamente à variação do vetor campo magnético em relação ao tempo, para uma espira, ou circuito fechado que está em repouso em relação ao observador. Ela também é chamada de tensão de transformador. Combinando as equações (3.5) e (3.2):

$$\oint_1 \vec{E} \cdot d\vec{L} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (3.6)$$

Esta é uma das equações de Maxwell, derivada da lei de Faraday.

3.3- Correntes de Foucault:

A indução eletromagnética que se processa num condutor em forma de fio, colocado num campo magnético, mas também existe indução eletromagnética em um bloco metálico sujeito ao fluxo magnético variável.

Suponhamos, por exemplo, que um bloco de ferro seja colocado com a face plana ABCD perpendicular a um campo magnético variável. Sendo S a área dessa face, ela é atravessada por um fluxo $\Phi = S \cdot |\vec{B}|$. Se o campo for variável, então o fluxo será variável. Neste caso, o bloco de ferro sofrerá indução eletromagnética e aparecerão nele correntes elétricas induzidas circulares, situadas em planos perpendiculares à indução magnética, isto é, planos paralelos a ABCD.

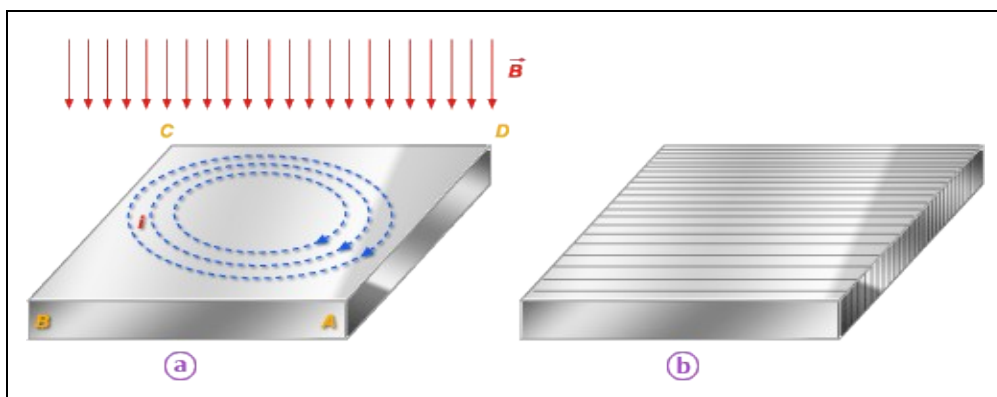


Figura 3.3 Esquema de formação das correntes de Foucault em um metal.

Chama-se corrente de Foucault a essas correntes que aparecem por indução em blocos metálicos. Pode-se demonstrar que a energia perdida num bloco metálico por causa das correntes de Foucault é proporcional ao quadrado da espessura de laminas de comprimento BC do bloco da figura 3.2b. Para diminuir essa perda nos transformadores, por exemplo, lamina-se o bloco, isto é, em vez de fazermos um bloco metálico maciço, juntamos um grande número de lâminas finas.

No caso do freio eletromagnético retro-alimentável, utilizou-se dos princípios fundamentados nos tópicos 3.2 e 3.3. Assim, aplica-se tensão em uma bobina para frear um eixo e aproveitar o movimento do eixo para produzir novamente tensão.

4- Montagem Experimental:

Neste experimento utilizou principalmente peças automotivas, dentre as quais a maioria destina-se a aplicação em alternadores (peça automotiva que proporciona a alimentação do sistema elétrico do carro). Optou-se pela elaboração de dois sistemas para explicar o funcionamento deste protótipo de freio.



Figura 4.1 Alternador automotivo com alguns de seus principais componentes (Estator, Rotor, rolamentos e escovas de carvão).

O primeiro é composto por duas bobinas, extraídas de solenóides de motores de partida, pêndulo de alumínio, garras tipo jacaré, barras de rosca, arruelas, porcas, fixadores de fios, fios e suporte de madeira.

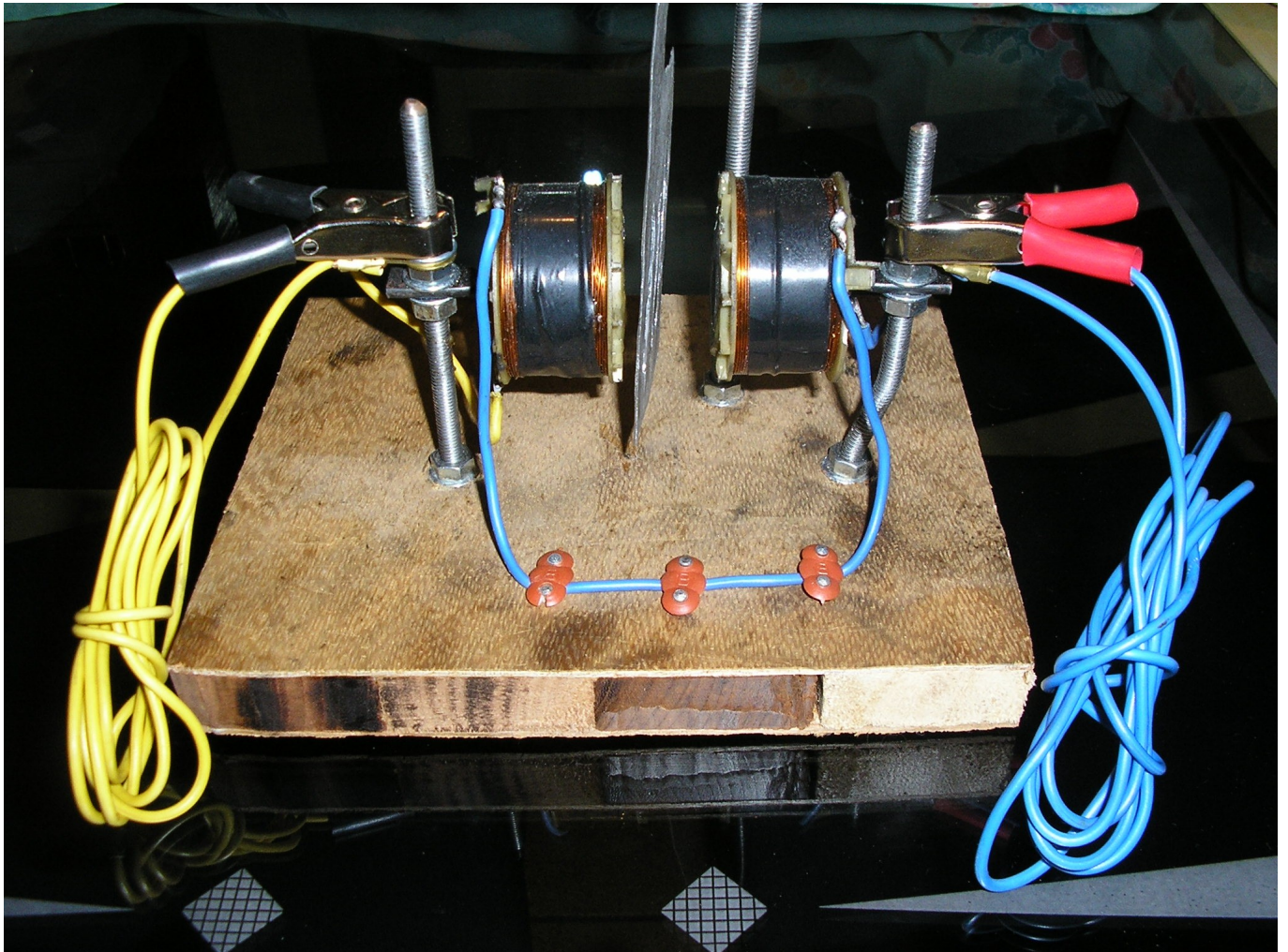


Figura 4.2.a Montagem experimental do sistema de pêndulo.

Assim as duas bobinas produzem um campo magnético, com a finalidade de frear um pêndulo de metal (alumínio) provando a eficácia do sistema de frenagem e também a existência das correntes de Foucault, uma vez que o alumínio não possui propriedades ferromagnéticas (metais que não são atraídos por campos magnéticos).

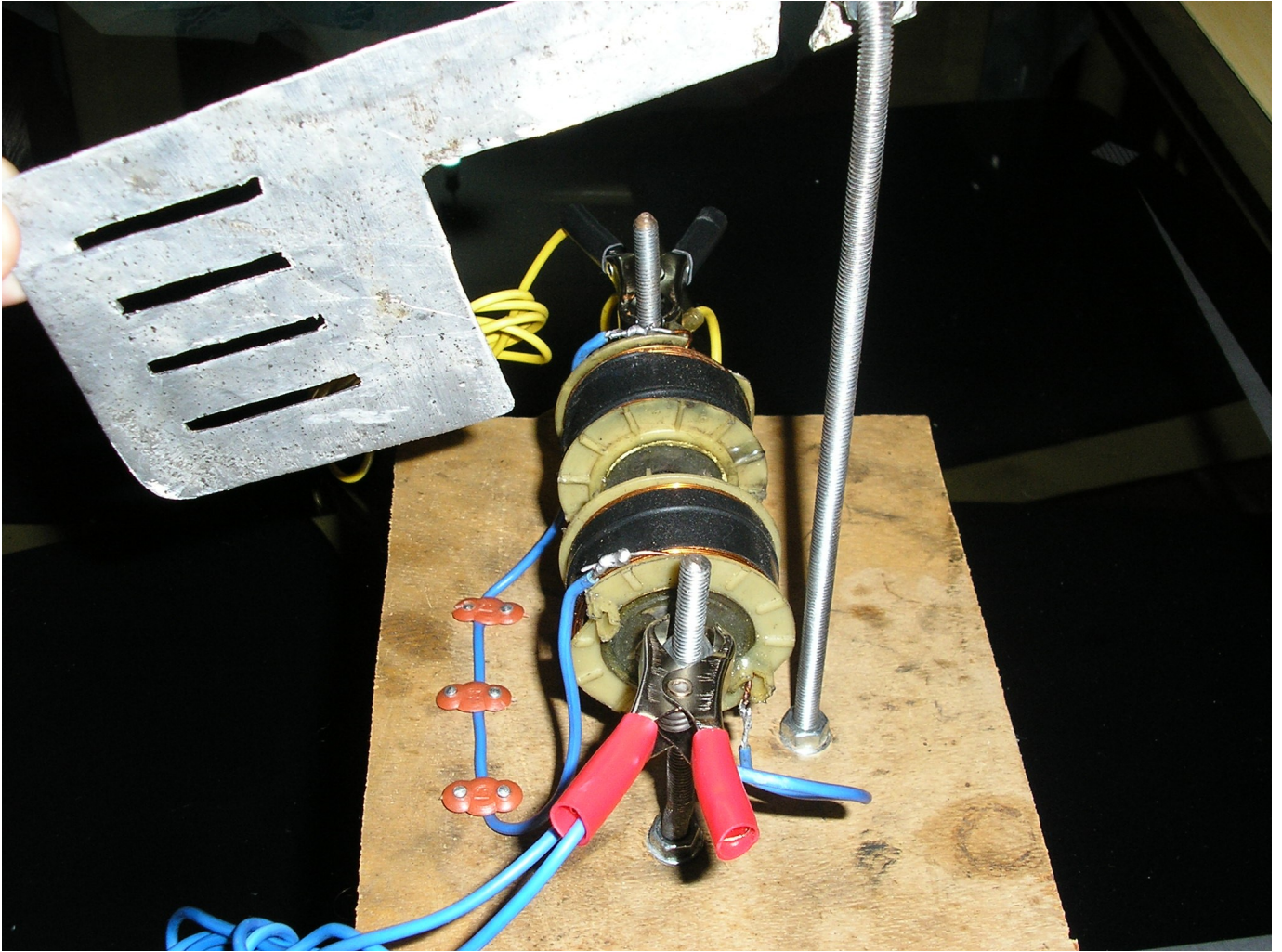


Figura 4.2.b Montagem experimental do sistema de pêndulo.

A velocidade do pêndulo é diminuída com o acionamento das bobinas, ou seja, com a passagem do metal pelo campo magnético, assim as correntes induzidas no metal, proporcionam um torque contrário ao movimento do pêndulo, obtendo um sistema de freio que não depende de “contatos físicos” como os tradicionais freios a disco ou a tambor. Porém que também dissipa calor devido aos choques dos elétrons com a estrutura (célula molecular) do metal.



Figura 4.3: Peças utilizadas nos sistemas de freios dos automóveis comerciais.

No segundo sistema, ou seja, composição do freio eletromagnético retro-alimentável utilizou-se todas as peças da figura 4.1 (estator, rotor, rolamentos e escovas de carvão) além de um regulador de voltagem, leds, lâmpada com soquete, garras tipo jacaré, polia, barras de rosca, porcas, arruelas, fios, potenciômetro, suportes para guindaste, folha de zinco, fixadores de fios e madeira para suporte.

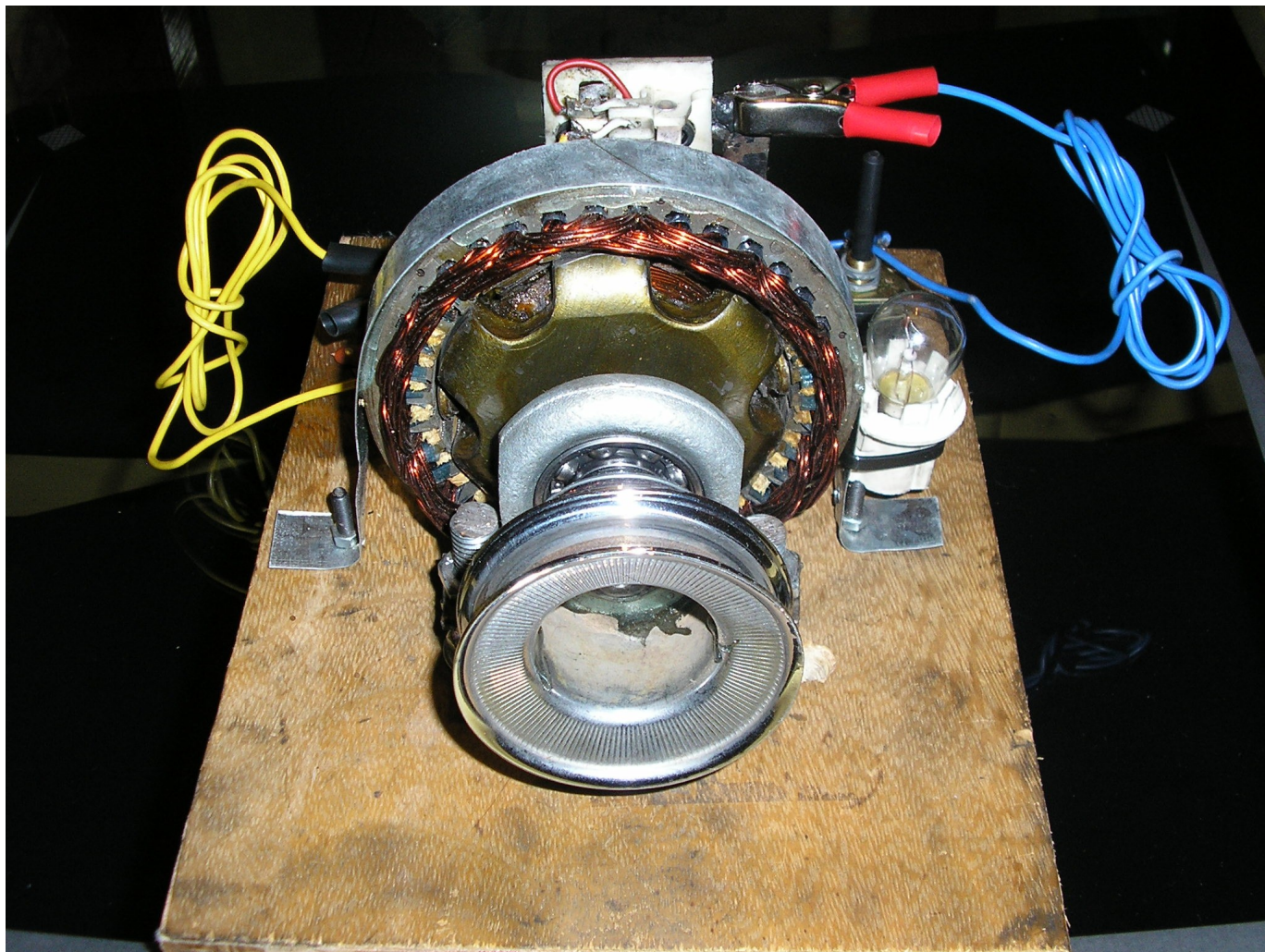


Figura 4.4.a: Montagem experimental do sistema de freio (visão frontal)

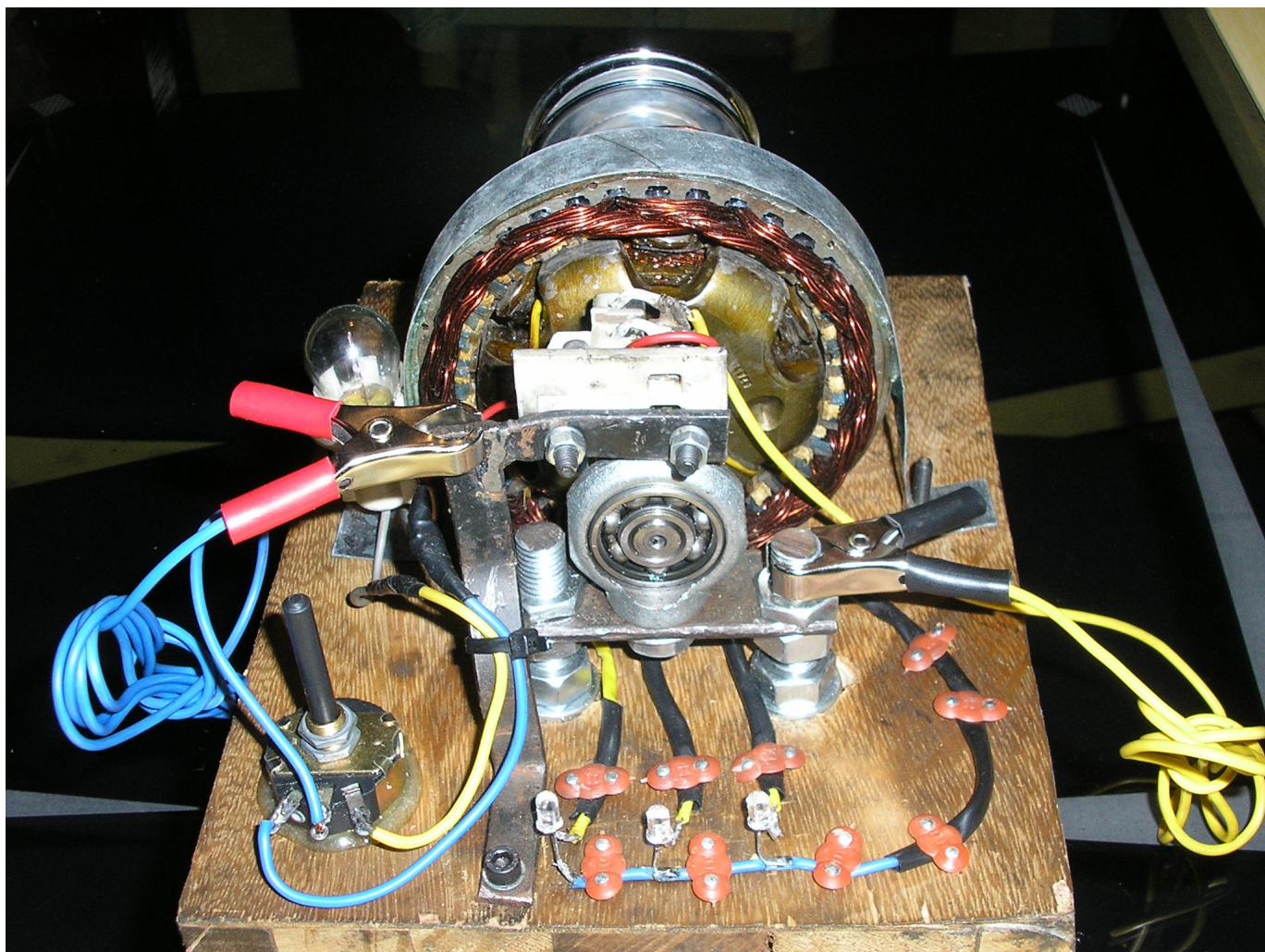


Figura 4.4.b: Montagem experimental do sistema de freio (visão parte posterior)

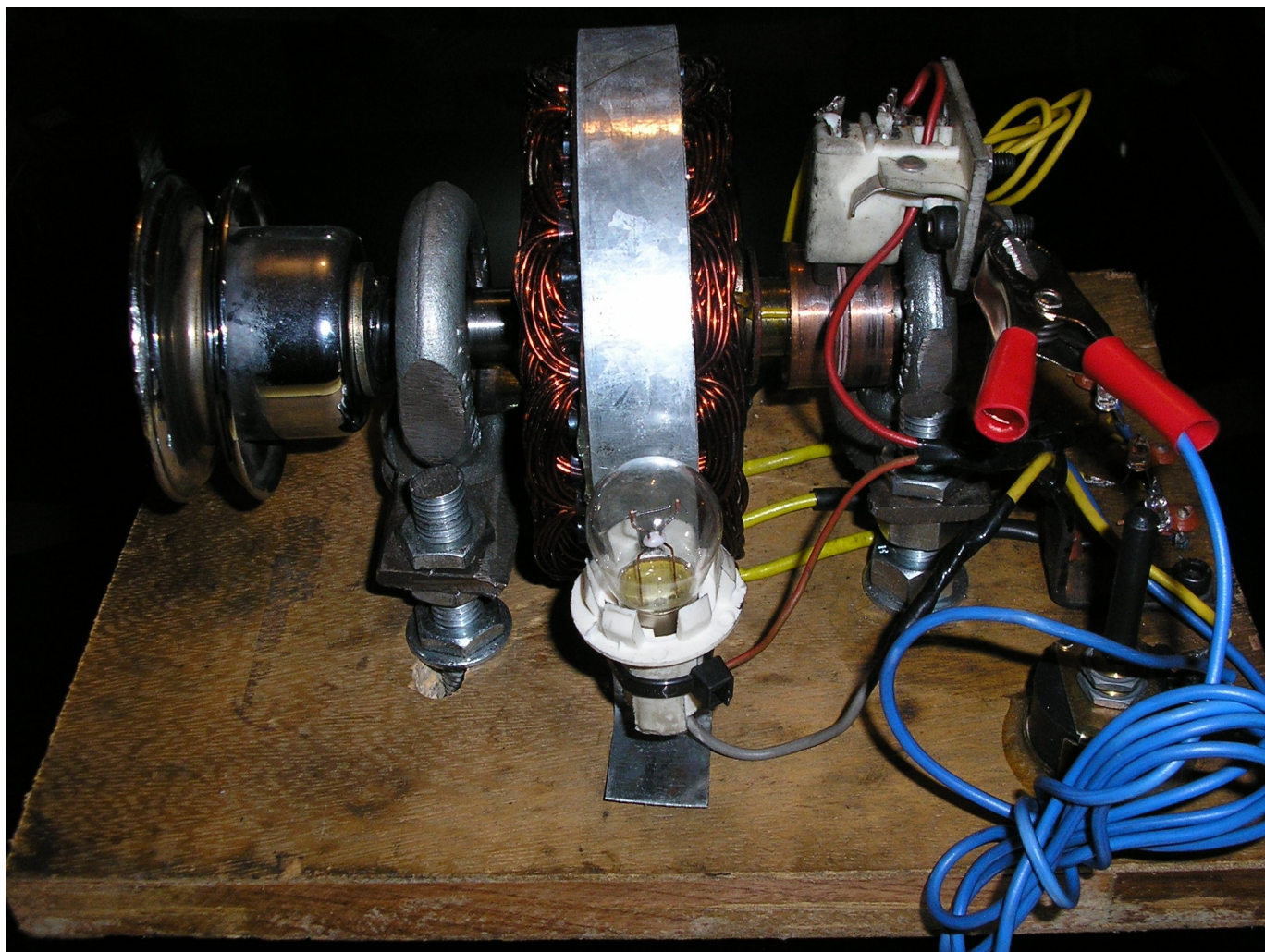


Figura 4.4.c: Montagem experimental do sistema de freio (visão lateral)

Finalidades dos principais materiais:

- **Rotor** - Peça composto por uma bobina interna que devido a sua estrutura proporciona a variação de campo magnético.

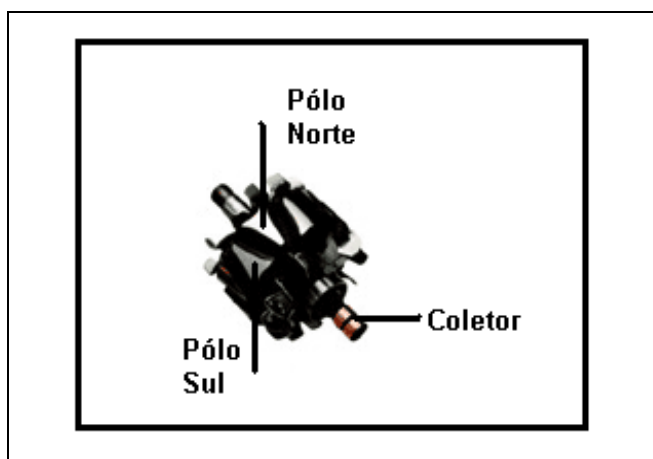


Figura 4.5 Rotor automotivo.

- **Estator** - Peça composta por várias bobinas, que tem por finalidade produzir a corrente oriunda da variação do fluxo magnético.

-**Escovas de carvão** – Material que conduz uma elevada corrente ao coletor do rotor, proporcionando mobilidade ao rotor.

-**Leds** – Dispositivo eletrônico acionado por pequenas correntes elétricas, com a finalidade de provar a existência de correntes oriundas do estator.

-**Potenciômetro** – Resistência variável que tem como finalidade simular um pedal de freio.

Funcionamento do freio:

Sem a presença do campo magnético oriundo do rotor, o sistema funciona livremente, graças à presença dos rolamentos, como todo sistema de eixos automotivos,

Quando acionado o potenciômetro, o rotor produz um campo magnético que induz uma diferença de potencial no rotor, e graças as correntes de Foucault e a variação de fluxo características do movimento e estrutura do rotor, o sistema de freio é acionado. A regulação de frenagem é acionada pelo potenciômetro, aumentando ou diminuindo sua eficácia. O movimento do rotor produz corrente, que neste caso é detectada pelo funcionamento dos leds.

5-Conclusão:

A partir dos resultados obtidos pela experiência do pêndulo, bem como do freio eletromagnético, conclui-se que tanto a eficácia dos métodos aplicados, quanto à das experiências é verificada.

A aplicação deste tipo de freio é relativamente cara, assim bem como sua manutenção, o que não inviabiliza sua aplicação para maximizar a energia produzida pela queima de combustível, mas sim o preço final do automóvel ao consumidor na atualidade. Contudo pesquisas nesta área estão sendo feitas por grandes empresas do ramo (como citado anteriormente), o que sustenta a viabilidade deste projeto.

A montagem da experiência com pêndulo é relativamente simples e barata, o que viabiliza sua aplicação como método de ensino, pois se espera estimular a

motivação intrínseca do aluno, já o freio exige um maior custo e trabalho para sua elaboração, dificultando a aplicação deste em sala de aula.

6-Referências:

<http://www.arten.com.br/>



ARTEN FREIOS & EMBREAGENS LTDA.



RECONHECIMENTO
Selo Top Five 2006/2007



[Freios e embreagens pneumáticas radiais](#)

[Freios para controle de tensão](#)

[Conjuntos de embreagem pneumática com freio de segurança para prensas](#)

[Freios e embreagens eletromagnéticos monodisco](#)

[Freios e embreagens eletromagnéticos monodisco polar \(flange redonda/mola plana\)](#)

[Freios e embreagens pneumáticos](#)

[Freios e embreagens hidráulicos](#)

[Freios e embreagens multidisco](#)

[Freios de segurança](#)

[Acoplamentos hidráulicos](#)

[Embreagens eletromagnéticas dentadas](#)

[Conjuntos de freios e embreagens eletromagnéticos montados](#)

[Discos e lamelas](#)

[Freios e embreagens - modelo a molas](#)

[Freios a disco](#)

[Limitadores de torque](#)

[Uniões Rotativas](#)

[Home](#) [Entre em contato](#)

Bem-vindo ao nosso site!



A **Arten do Brasil**, atuando há mais de **20 anos** no mercado, é uma empresa especializada em freios e embreagens industriais de todos os tipos e para as mais diversas aplicações.

Mantemos estoques para **entrega imediata**, assim como importamos e fabricamos conforme a sua necessidade. Possuímos, ainda, um departamento de **Assistência Técnica** para manutenção, conserto e reforma de todos os tipos de freios e embreagens.



Distribuidor Autorizado / Importador

Warner
Electric

Wichita
Clutch

 **OMPI** S.r.l.

 **WESTCAR** S.r.l.


ComIntec


COFINO
OMIFA

EAT•N | Airflex®

ARTEN



22 ANOS

Arten Freios & Embreagens Ltda.

Rua dos Narcisos, 84 - Vila Mariana - São Paulo, SP - CEP: 04048-040

Fone: (0 xx 11) 5594-8333

Fax (0 xx 11) 5589-2422

E-Mail: arten@arten.com.br

Web Site Hospedado por: [Web Server Ultralink Ltda.](#)

Produto - Freio para controle de Tensão

::: Produtos



Busca por produto:

::: Serviços

Manutenção e Reparo em
Freios e Embreagens
Máquinas especiais dedicadas
Reparo de fusos de esferas

::: Suporte Técnico

Softwares Manuais Esquemas
de Ligação Artigos Técnicos

::: Lançamentos

Guias para altas cargas
Encoder Linear Driver STAC6
Driver SI 2035 Redutor
Harmonic Guias em Aço inox
Motores DC com controle de
velocidade

Fornecedor:

Linha de Produto:

Descrição



A WARNER ELECTRIC, especialista em sistemas de tensionamento de papéis e laminados, oferece a seus clientes os modelos TB, ATT, MTB, Série M e partículas magnéticas:

FREIO TB: Freio eletromagnético mono-disco de alimentação 24 ou 90 VDC. É oferecido com o magneto aletado para melhor dissipação de calor e está disponível no torque de 0,6 à 347Nm.

FREIO ATT: Freio ou Embreagem eletromagnético monodisco de alimentação 24 ou 90 VDC. O freio ATT adota uma concepção que permite fazer a troca das pastilhas sem a necessidade de desmontar o conjunto. Torque de 10Nm à 85Nm.

FREIO MTB: Freio Eletromagnético MTB foi desenvolvido para aplicações de alto torque dinâmico, podendo funcionar com simples ou duplo disco e permite inserir múltiplas pastilhas. O que faz do MTB o melhor modelo para paradas instantâneas de emergência. Funcionamento em alimentação de 24 VDC e Torque entre 0,2 à 800Nm.

Série M: Pode ser fornecido na configuração Freio ou Embreagem. Trata-se de modelos que operam com ímãs permanentes, excelente para aplicações que exigem boa suavidade no aumento gradativo do torque. Disponível nos torques de 0 à 88Nm.

Utilizado em aplicações de fechamento de tampas de qrrafas, tensionamento de filmes laminados e rebobinamento de fios.

Partículas Magnéticas: Freio ou Embreagem eletromagnético desenvolvido com o princípio da tecnologia de partículas magnéticas. Nesse modelo, não há atrito físico é altamente eficaz no controle de torque de alta precisão e em aplicações de baixa velocidade com a mesma suavidade. Disponível nos torques de 0,2Nm à 784Nm.

Consulte também a página:

- [Acessórios para Sistema de Bobinamento](#)

<http://www.guia.heu.nom.br/magnetismo.htm>

Magnetismo e eletricidade

Atualmente, os físicos acreditam que todos os fenômenos magnéticos resultam de forças entre cargas elétricas em movimento.

http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_T01.asp

CAMPO ELETROMAGNÉTICO

Nos primórdios do século XIX, aparece Tomás Young, examinando as ocorrências da reflexão, interferência e difração da luz, fundamentando-se sobre a **ação ondulatória**, seguindo-se-lhe Fresnel, a consolidar-lhe as deduções.

Sucedem-se investigadores e pioneiros, até que, em 1869, Maxwell afirma, sem que as suas asserções lograssem despertar maior interesse nos sábios de seu tempo, que as ondulações de luz nasciam de um **campo magnético** associado a um campo elétrico, anunciando a correlação entre a **eletricidade** e a **luz** e assegurando que as linhas de força extravasam dos circuitos, assaltando o espaço ambiente e expandindo-se como pulsações ondulatórias. Cria ele a notável **teoria eletromagnética**.

Desde essa época, o conceito de «**campo eletromagnético**» assume singular importância no mundo, até que Hertz consegue positivar a existência das **ondas elétricas**, descobrindo-as e colocando-as a serviço da Humanidade. (**Ver: Ondas Hertzianas**)

Nas vésperas do século XX, a Ciência já considera a Natureza terrestre como percorrida por **ondas** inumeráveis que cruzam todas as faixas do Planeta, sem jamais se misturarem.

Entretanto, certa indagação se generalizara.

Reconhecido o mundo como vasto magneto, composto de **átomos**, e sabendo-se que as **ondas** provinham deles, como poderiam os sistemas atômicos gerá-las, criando, por exemplo, o **calor e a luz**?

[29 - página 28] - André Luiz - 1959

LINKs:

- **Eletricidade e Magnetismo:**
<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/>
- **Eletroímã; Trem de levitação magnética; Radiação eletromagnética:**
<http://www.vestibular1.com.br/revisao/magnetismo.doc>
- **Magnetismo e supercondutividade** (Materiais Cerâmicos e Moleculares):
<http://omnis.if.ufrj.br/~barthem/MCE5.html>
- **Eletromagnetismo:**
<http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/index13.asp>

Ver também:

- | | |
|---|--|
| • Aura humana | • Magnetohidrodinâmica |
| • Células e Perispírito | • Matéria |
| • Corpo físico | • Matéria PSI |
| • Fluido espiritual | • Microcosmo prodigioso |
| • Forças | • Propriedade de corporeidade do perispírito |
| • Glândula pineal | • Spins e Domínios |

Agradecimentos:

Lauro César Donadon – Dono da Oficina onde foi realizada a montagem do experimento.

Marcos Roberto Mendes – Torneiro mecânico que preparou os suportes para guindaste, para adequar-se os rolamentos.