

---

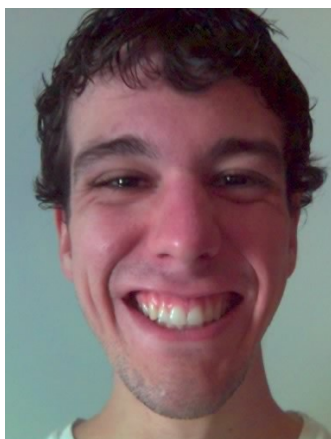
*Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP*  
*Instituto de Física Gleb Wataghin – IFGW*

INSTRUMENTAÇÃO PARA ENSINO  
F-809

# **MOTOR DE BOBINA FIXA**

## **Relatório Final**

1º Semestre/2006



**Aluno:** Gustavo Brunetto

**Orientador:** Prof. Douglas Soares Galvão

**Coordenador:** Prof. José J. Lunazzi

## **INTRODUÇÃO**

Este projeto desenvolvido no primeiro semestre de 2006, teve como objetivo construir um pequeno motor de bobina fixa, juntamente com a produção de um pequeno vídeo, mostrando e explicando o seu funcionamento. A construção teve um enfoque didático visando principalmente alunos de ensino médio, pois estes apresentam grande dificuldade em abstrair as idéias do eletromagnetismo. Com este protótipo de motor é possível se explicar idéias básicas, como por exemplo geração de campo magnético através de corrente elétrica.

## **TEORIA**

A rotação inerente aos motores elétricos é a base do funcionamento de muitos eletrodomésticos. Por vezes, esse movimento de rotação é óbvio, como nos ventiladores ou batedeiras de bolos, mas freqüentemente permanece um tanto disfarçado, como nos agitadores das máquinas de lavar roupas ou nos "vidros elétricos" das janelas de certos automóveis.

O entendimento do funcionamento do motor requer algum conhecimento básico sobre eletromagnetismo, tais como ímãs, forças magnéticas entre ímãs, ação dos campos magnéticos sobre as correntes.

O rotor do motor precisa de um torque para iniciar o seu giro. Este torque (momento) normalmente é produzido por forças magnéticas desenvolvidas entre os pólos magnéticos do rotor e aqueles do estator (parte fixa). Forças de atração ou de repulsão, desenvolvidas entre estator e rotor, "puxam" ou "empurram" os pólos móveis do rotor, produzindo torques, que fazem o rotor girar mais e mais rapidamente, até que os atritos ou cargas ligadas ao eixo reduzam o torque resultante ao valor 'zero'. Após esse ponto, o rotor passa a girar com velocidade angular constante. Tanto o rotor como o estator do motor devem ser 'magnéticos', pois são essas forças entre pólos que produzem o torque necessário para fazer o rotor girar. Todavia, mesmo que ímãs permanentes sejam freqüentemente usados, principalmente em pequenos motores, pelo menos alguns dos 'ímãs' de um motor devem ser 'eletroímãs'. Um motor não pode funcionar se for construído exclusivamente com ímãs permanentes! Isso é fácil de perceber pois, não só não haverá o

torque inicial para 'disparar' o movimento, se eles já estiverem em suas posições de equilíbrio, como apenas oscilarão, em torno dessa posição, se receberem um 'empurrão' externo inicial. É condição necessária que algum 'pólo' altere sua polaridade para garantir a rotação do rotor. Vamos entender melhor isso, através da ilustração abaixo.

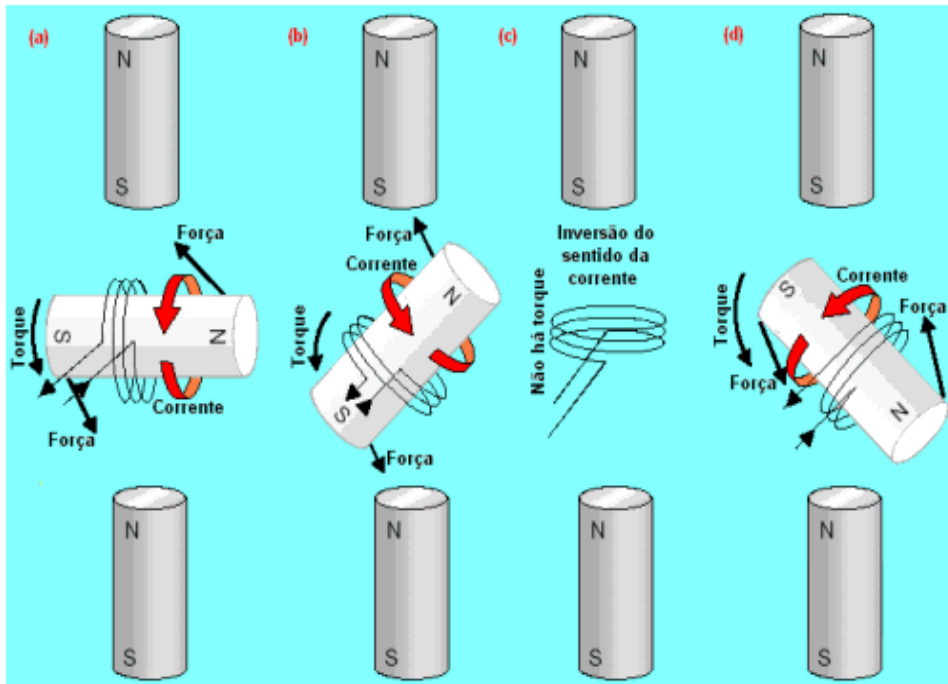


Figura 1: Esquema básico do funcionamento de um motor, onde são mostradas as principais forças que fazem o motor girar.

Acima esquematizamos um motor simples onde o estator é constituído por ímãs permanentes e o rotor é uma bobina de fio de cobre esmaltado por onde circula uma corrente elétrica. Uma vez que as correntes elétricas produzem campo magnético essa bobina se comporta como um ímã permanente, com seus pólos N (norte) e S (sul) como mostrados na figura.

Começemos a descrição pela situação ilustrada em (a) onde a bobina apresenta-se horizontal. Como os pólos opostos se atraem, a bobina experimenta um torque que age no sentido de girar a bobina "para a esquerda". A bobina sofre aceleração angular e continua seu giro para a esquerda, como se ilustra em (b). Esse torque continua até que os pólos da bobina alcance os pólos opostos dos ímãs fixos (estator). Nessa situação (c) quando a bobina girou de 90°, não há torque algum, uma vez que os braços de

alavanca são nulos (a direção das forças passa pelo centro de rotação); o rotor está em equilíbrio estável (força resultante nula e torque resultante nulo). Esse é o instante adequado para inverter o sentido da corrente na bobina. Agora os pólos de mesmo nome estão muito próximos e a força de repulsão é intensa. Como a bobina já apresenta um momento angular "para a esquerda", ela continua girando "para a esquerda" (algo como uma "inércia de rotação") e o novo torque (agora propiciado por forças de repulsão), como em (d), colabora para a manutenção e aceleração do movimento de rotação.

Após a bobina ter sido girada de  $180^\circ$ , o movimento continua, a bobina chega na "vertical" ( $270^\circ$ ), o torque novamente se anula, a corrente novamente inverte seu sentido, novo torque e a bobina chega novamente á situação (a) ( $360^\circ$ ). E o ciclo se repete.

Essas atrações e repulsões bem coordenadas é que fazem o rotor girar, embora o modo como tais torques sejam obtidos possam variar entre os vários tipos de motores. A inversão do sentido da corrente, no momento oportuno, é condição indispensável para a manutenção dos torques "favoráveis", os quais garantem o funcionamento dos motores. É por isso que um motor não pode ser feito exclusivamente com ímãs permanentes.

## **DESCRIÇÃO DA MONTAGEM EXPERIMENTAL**

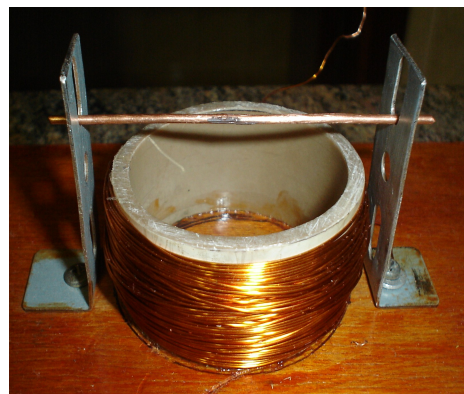
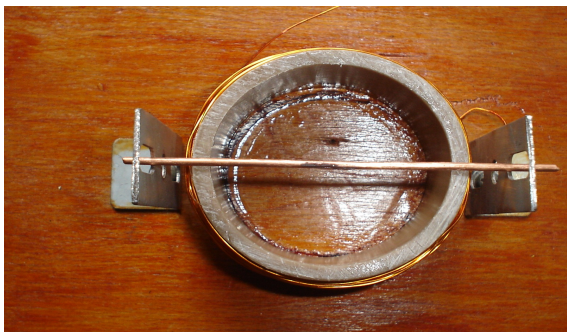
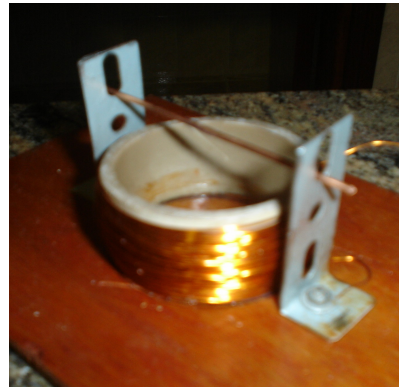
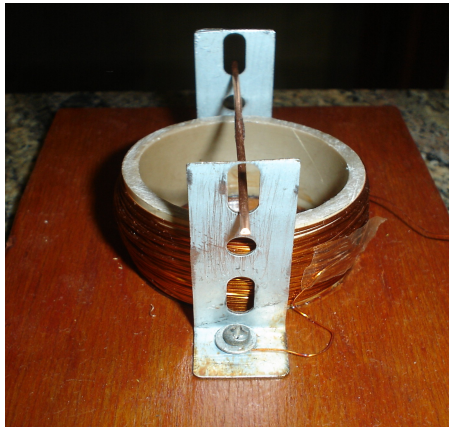
Nesta construção, a bobina (parte fixa) pode ser circular ou retangular, e deve ser disposta verticalmente entre os suportes do eixo. Como a parte móvel (rotor) vai girar parcialmente dentro da bobina, seu diâmetro, ou largura, deve permitir esse movimento. O fio do enrolamento pode ser de cobre esmaltado nº 26, por exemplo. O número de espiras pode variar (nessa montagem será em torno de 100). Em princípio, como a resistência elétrica do fio é muito pequena, quanto maior o número de espiras, melhor. A bobina deve ser ligada em série a uma fonte de tensão contínua (pilha), ao suporte e ao eixo da parte móvel.

Para construção da parte móvel serão utilizados dois ímãs iguais de polaridade facial, colocando-se entre eles um eixo de fio de cobre rígido, desencapado (no 16). Estes ímãs podem ser facilmente encontrados em fechos magnéticos, brinquedos, etc. No caso do motor aqui construído, o ímã foi retirado da parte traseira de um alto-falante.



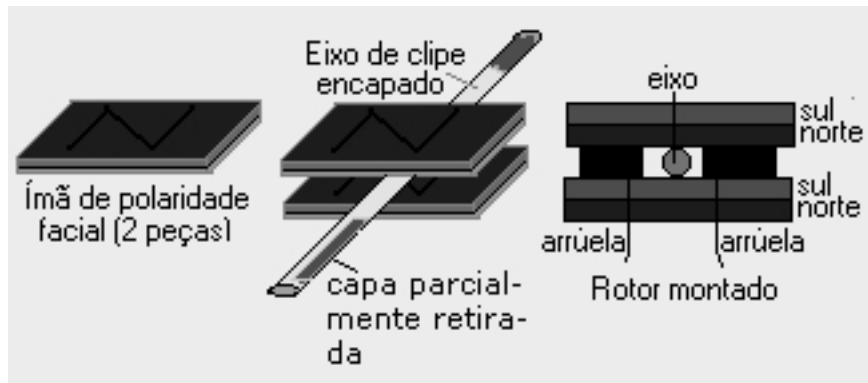
*Figura 2: Detalhe de uma bobina utilizada na construção do motor. A bobina é constituída de um cano de PVC enrolado por fio de cobre.*

Os suportes do eixo podem ser feitos de chapa de cobre ou outro metal não magnético. O espaço entre eles deve ser suficiente para a colocação da bobina.



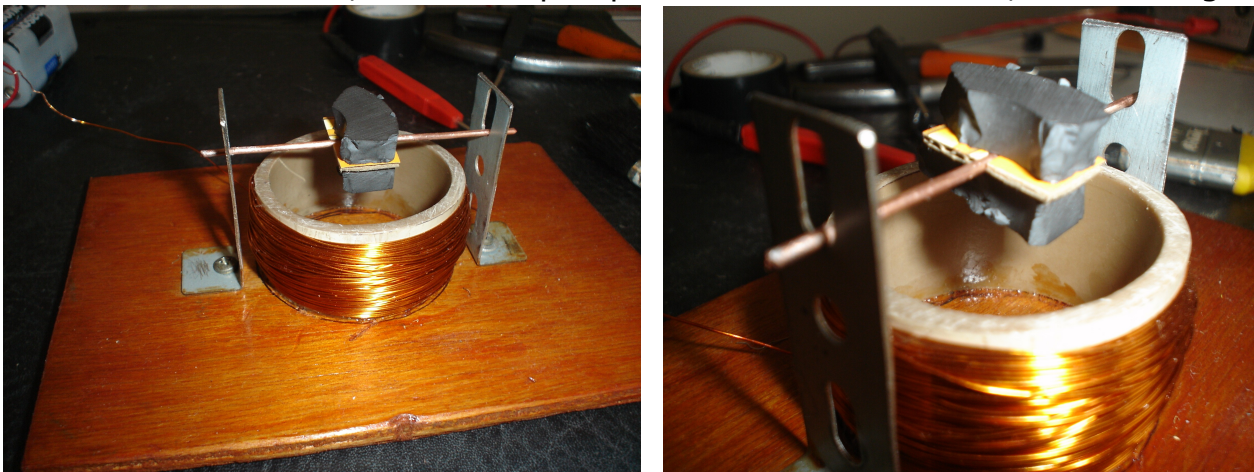
*Figura 3: Observe que o eixo do rotor deve ficar a uma distância da bobina, de forma que ao girar o ímã não fique preso.*

O eixo deve ser isolado ao longo da sua face superior, em um dos lados, o que pode ser feito com esmalte para unhas. A bobina será ligada em série ao



*Figura 4: Esquema do eixo do rotor que será utilizado. Observe que apenas uma parte do eixo recebe a proteção do esmalte, evitando que o eixo permaneça em contato com o suporte durante toda a rotação.*

pino e aos suportes, acompanhando o sentido da corrente  $i$ , que sai do pólo positivo da pilha, passa pela bobina, desta para o suporte da direita; através do eixo do rotor, passa ao suporte da esquerda e deste fecha o circuito atingindo o pólo negativo da pilha. Pode-se também ligar uma pequena chave em série neste circuito, de forma que quando acionada a chave, o motor "liga".



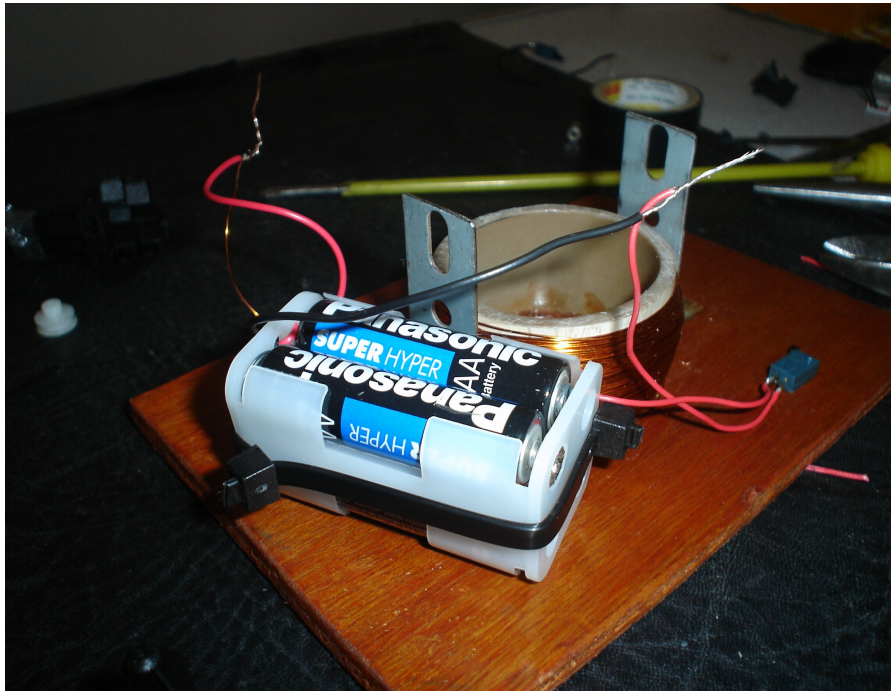
*Figura 5: A montagem começa a tomar forma de um motor. O rotor é posicionado no suporte sobre a bobina. Observe a posição de equilíbrio adquirida pelo ímã quando colocado no suporte.*

A parte móvel deve permanecer em equilíbrio de forma que os ímãs estejam dispostos verticalmente. Para isso, um dos seus lados deve ser ligeiramente mais pesado que o outro. Além disso, nessa posição, deve haver contato entre o eixo e os suportes o que vai permitir a movimentação imediata

do motor assim que o circuito for fechado. Na posição inversa não deve haver contato para que não haja torque no sentido oposto. Por essa razão, a parte de cima do eixo deve ser isolada.



*Figura 6: Local da montagem do motor. Observe, a esquerda, o cansaço do técnico que ajudou na realização da montagem.*



*Figura 7: Foto da montagem na fase beta. Fios ainda desempapados, mostram apenas uma fase de testes.*



*Figura 8: Finalmente o motor totalmente pronto.*

## **Conclusão**

Esta montagem é bem adequada para professores de ensino médio a fim de mostrar princípios do eletromagnetismo aplicados na prática, através do funcionamento de um motor. A montagem utiliza apenas materiais que podem ser facilmente encontrados, podendo, desta forma, ser construído até pelos próprios alunos, ajudando-os a compreender e a verificar a teoria.

O vídeo realizado não mostra passos iniciais da montagem, mas mostra os primeiros testes realizados e como superamos a dificuldade de evitar que o eixo do motor se desprenda do suporte. Os vídeos podem ser encontrados na página da disciplina.

## **Referências:**

[1] Física 3, Eletromagnetismo. GREF, Edusp, 5a Ed. 2002.

## **Anexos:**



# Motor elétrico 03

(rotor = ímã móvel; estator = bobina)

Prof. Luiz Ferraz Netto  
[leobarretos@uol.com.br](mailto:leobarretos@uol.com.br)

## Apresentação

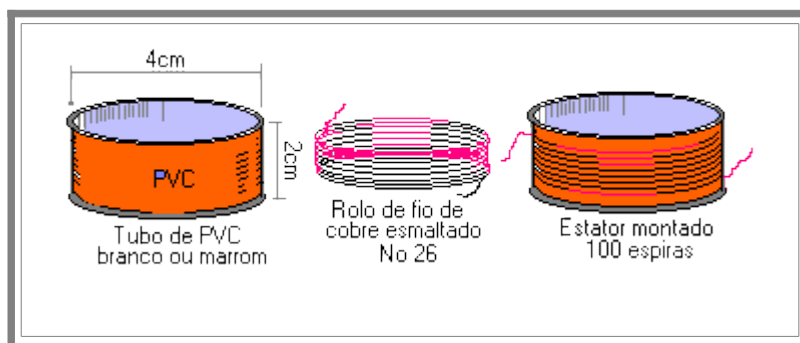
Nesse modelo de motor, o rotor (parte móvel) é constituído por ímãs e o estator (parte fixa) é uma bobina. A tensão elétrica para acioná-lo pode ser proveniente de 1 a 3 pilhas (ligadas em série).

## Material

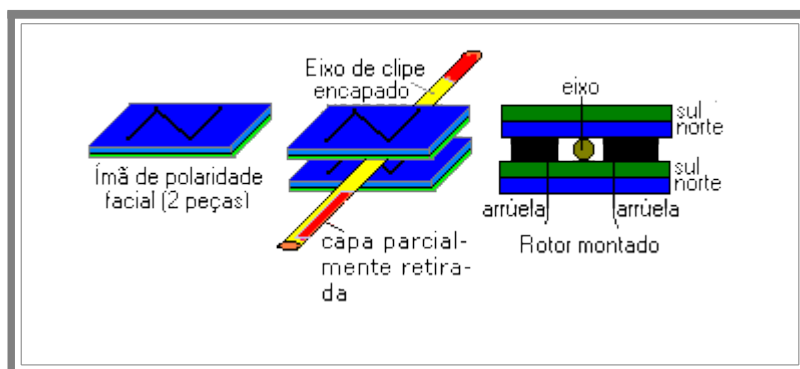
- | Base de madeira de (10x15x1) cm - lixada e envernizada;
- | 1 tira de lata (folha de flandes ou alumínio de 1,5 cm de largura;
- | 2 ímãs quadrados ou retangulares;
- | 1 pedaço de tubo de PVC de 2 cm de altura e diâmetro 4 cm;
- | 20 m de fio de cobre esmaltado # 26;
- | clipe encapado, arruelas, cola-forte, tesoura, porta-pilhas etc.

## Montagem

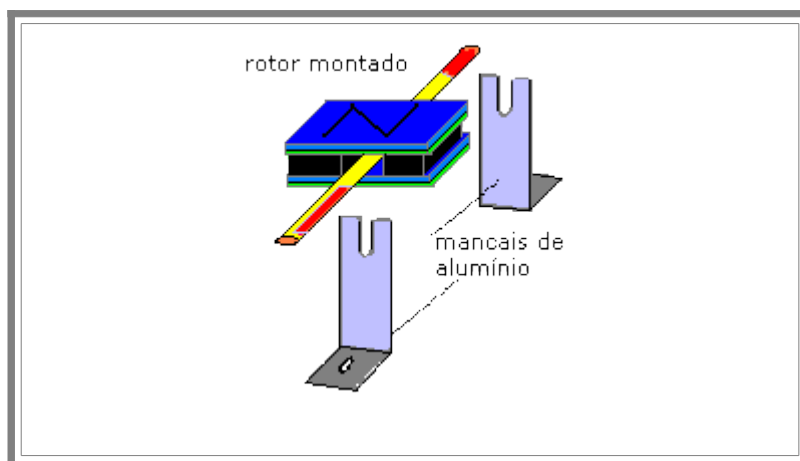
### Construção do estator



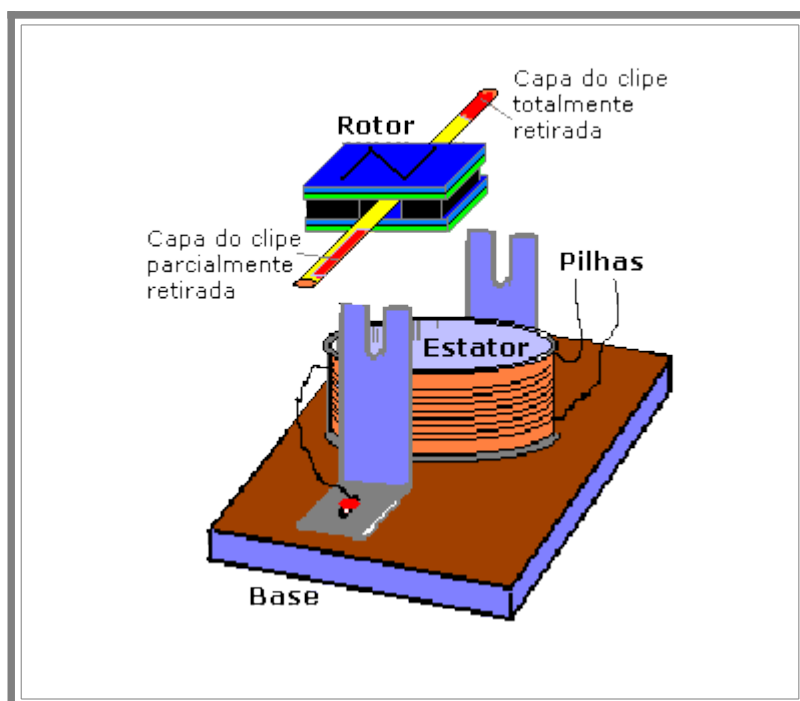
### Construção do rotor



### Preparo do rotor e mancais



### Motor pronto



### Fazendo

A seqüência de ilustrações apresentadas permite, facilmente, a montagem desse modelo de motor elétrico. A parte elétrica é feita assim: ligue um dos fios do estator num dos mancais (mancal da frente, na figura acima); a outra extremidade do fio do estator vai para o porta-pilhas e, do outro mancal (mancal de trás, na figura acima) sai um fio para o porta-pilhas. Aproveite os parafusinhos que fixam os mancais na base para prender esses fios.

### funcionar

Coloque o rotor nas guias dos mancais ... e dê um pequeno impulso! O motor deve entrar em funcionamento contínuo. Se isso não acontecer (ou o rotor dá algumas voltas, aos trancos, e depois pára), basta ajustar a capa do clipe na extremidade parcialmente retirada. Para tanto, se necessário, corte, com faca afiada, o plástico que recobre o clipe, bem junto ao ímã, mas essa capa cortada não deve ser retirada; o corte é apenas para facilitar o giro do plástico sobre o clipe.

# Motores elétricos

Prof. Luiz Ferraz Netto  
[leobarretos@uol.com.br](mailto:leobarretos@uol.com.br)

## Introdução

A rotação inerente aos **motores elétricos** é a base do funcionamento de muitos eletrodomésticos. Por vezes, esse movimento de rotação é óbvio, como nos ventiladores ou batedeiras de bolos, mas freqüentemente permanece um tanto disfarçado, como nos agitadores das máquinas de lavar roupas ou nos 'vidros elétricos' das janelas de certos automóveis.

Motores elétricos são encontrados nas mais variadas formas e tamanhos, cada qual apropriado á sua tarefa. Não importa quanto torque ou potência um motor deva desenvolver, com certeza, você encontrará no mercado aquele que lhe é mais satisfatório.



Alguns motores operam com **corrente contínua (CC / DC)** e podem ser alimentados quer por pilhas/baterias quer por fontes de alimentação adequadas, outros requerem **corrente alternada (CA / AC)** e podem ser alimentados diretamente pela rede elétrica domiciliar. Há até mesmo motores que trabalham, indiferentemente, com esses dois tipos de correntes.

## Princípio de funcionamento

Aqui pretendemos examinar os componentes básicos dos motores elétricos; ver 'o que faz um motor girar' e como os motores diferem um dos outros. Para fazer isso iremos nos aproveitar de conceitos já conhecidos sobre os ímãs, forças magnéticas entre ímãs, ação dos campos magnéticos sobre as correntes etc., e, quando se fizer necessário, revisaremos algumas dessas importantes relações que existem entre eletricidade e magnetismo.

**Nota:** Nessa primeira parte, mais elementar, usaremos apenas o conceito de "repulsão/atração entre pólos magnéticos"; numa segunda parte, mais avançada, usaremos do conceito da "ação dos campos magnéticos sobre as correntes".

Enquanto não avançamos no assunto, vá pensando: Como as forças magnéticas podem fazer algo girar? Se as forças magnéticas são as causas do 'por que o motor gira', por

que não podemos fazer um motor construído exclusivamente com ímãs permanentes? O que é que determina 'para que lado' o motor vai girar?

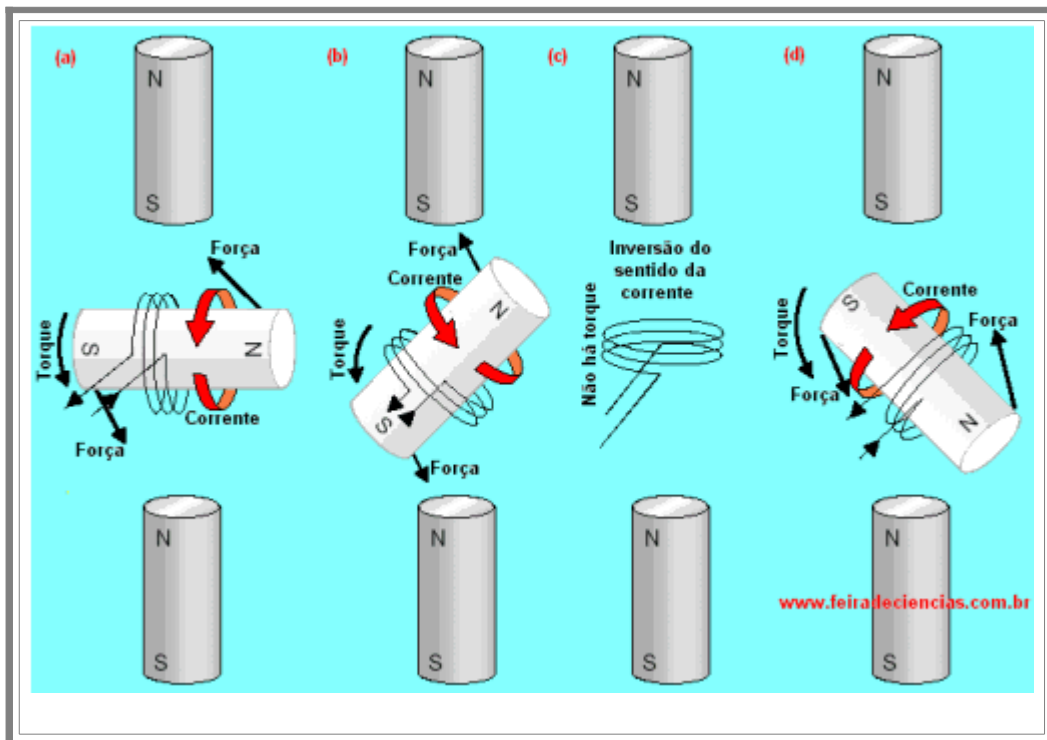
### O que faz girar o rotor do motor elétrico?

O rotor do motor precisa de um torque para iniciar o seu giro. Este torque (momento) normalmente é produzido por forças magnéticas desenvolvidas entre os pólos magnéticos do rotor e aqueles do estator. Forças de atração ou de repulsão, desenvolvidas entre estator e rotor, 'puxam' ou 'empurram' os pólos móveis do rotor, produzindo torques, que fazem o rotor girar mais e mais rapidamente, até que os atritos ou cargas ligadas ao eixo reduzam o torque resultante ao valor 'zero'. Após esse ponto, o rotor passa a girar com velocidade angular constante. Tanto o rotor como o estator do motor devem ser 'magnéticos', pois são essas forças entre pólos que produzem o torque necessário para fazer o rotor girar. Todavia, mesmo que ímãs permanentes sejam freqüentemente usados, principalmente em pequenos motores, pelo menos alguns dos 'ímãs' de um motor devem ser 'eletroímãs'.

### Um motor não pode funcionar se for construído exclusivamente com ímãs permanentes!

Isso é fácil de perceber pois, não só não haverá o torque inicial para 'disparar' o movimento, se eles já estiverem em suas posições de equilíbrio, como apenas oscilarão, em torno dessa posição, se receberem um 'empurrão' externo inicial.

É condição necessária que algum 'pólo' altere sua polaridade para garantir a rotação do rotor. Vamos entender melhor isso, através da ilustração abaixo.



Um motor simples consiste de uma bobina que gira entre dois ímãs permanentes. (a) Os pólos magnéticos da bobina (representados como ímã) são atraídos pelos pólos opostos dos ímãs fixos. (b) A bobina gira para levar esses pólos magnéticos o mais perto possível um do outro mas, (c) ao chegar nessa posição o sentido da corrente é invertido e (d) agora os pólos que se defrontam se repelem, continuando a impulsionar o rotor.

Acima esquematizamos um motor simples onde o estator é constituído por ímãs permanentes e o rotor é uma bobina de fio de cobre esmaltado por onde circula uma corrente elétrica. Uma vez que as correntes elétricas produzem campo magnéticos essa

bobina **se comporta como um ímã permanente**, com seus pólos N (norte) e S (sul) como mostrados na figura. Começamos a descrição pela situação ilustrada em (a) onde a bobina apresenta-se horizontal. Como os pólos opostos se atraem, a bobina experimenta um torque que age no sentido de girar a bobina 'para a esquerda'. A bobina sofre aceleração angular e continua seu giro para a esquerda, como se ilustra em (b). Esse torque continua até que os pólos da bobina alcance os pólos opostos dos ímãs fixos (estator). Nessa situação (c) -- a bobina girou de  $90^\circ$  -- não há torque algum, uma vez que os braços de alavanca são nulos (a direção das forças passa pelo centro de rotação); o rotor está em equilíbrio estável (força resultante nula e torque resultante nulo). Esse é o instante adequado para inverter o sentido da corrente na bobina. Agora os pólos de mesmo nome estão muito próximos e a força de repulsão é intensa. Como a bobina já apresenta um momento angular 'para a esquerda', ela continua girando 'para a esquerda' (algo como uma 'inércia de rotação') e o novo torque (agora propiciado por forças de repulsão), como em (d), colabora para a manutenção e aceleração do movimento de rotação. Mas, mesmo após a bobina ter sido girada de  $180^\circ$  -- não ilustrada na figura --, o movimento continua, a bobina chega na 'vertical' -- giro de  $270^\circ$  --, o torque novamente se anula, a corrente novamente inverte seu sentido, novo torque e a bobina chega novamente á situação (a) -- giro de  $360^\circ$  --. E o ciclo se repete. Essas atrações e repulsões bem coordenadas é que fazem o rotor girar, embora o modo como tais torques sejam obtidos possam variar entre os vários tipos de motores. A inversão do sentido da corrente, no momento oportuno, é condição indispensável para a manutenção dos torques 'favoráveis', os quais garantem o funcionamento dos motores. É por isso que um motor não pode ser feito exclusivamente com ímãs permanentes!

A seguir, vamos examinar como essa '**condição indispensável para a manutenção dos torques favoráveis**' é implementada nos diferentes tipos de motores. Perceba, por exemplo, que nas explicações acima, nada foi dito sobre '**como inverter o sentido da corrente**'.

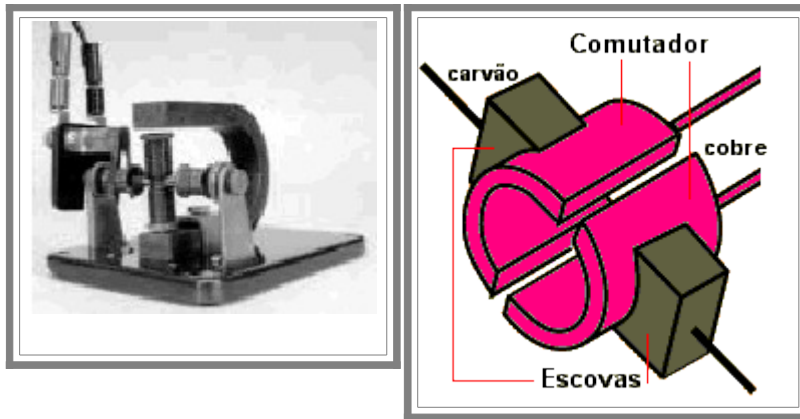
## Motores

CC

Fazer um motor elétrico que possa ser acionado por pilhas ou baterias não é tão fácil como parece. Não basta apenas colocar ímãs permanentes fixos e uma bobina, pela qual circule corrente elétrica, de modo que possa girar entre os pólos desses ímãs. Uma corrente contínua, como o é a fornecida por pilhas ou baterias, é muito boa para fazer eletroímãs com pólos imutáveis mas, como para o funcionamento do motor é preciso periódicas mudanças de polaridade, algo tem que ser feito para inverter o sentido da corrente nos momentos apropriados.

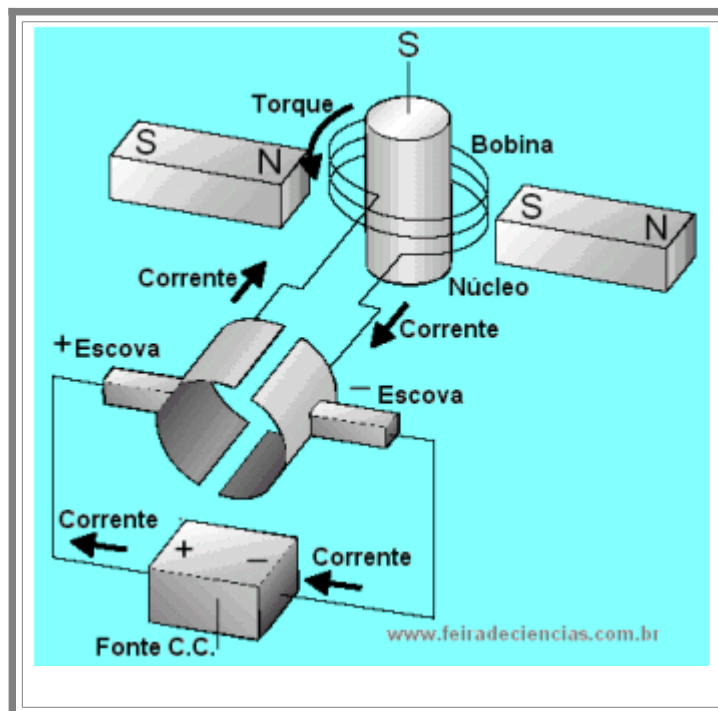
Na maioria dos motores elétricos CC, o rotor é um '**eletroímã**' que gira entre os pólos de ímãs permanentes estacionários. Para tornar esse eletroímã mais eficiente o rotor contém um núcleo de ferro, que torna-se fortemente magnetizado, quando a corrente flui pela bobina. O rotor girará desde que essa corrente inverta seu sentido de percurso cada vez que seus pólos alcançam os pólos opostos do estator. O modo mais comum para produzir essas reversões é usar um **comutador**.





A corrente flui ora num sentido ora no outro, no rotor desse motor CC, graças às escovas de metal (esquerda da ilustração). Essas escovas tocam o comutador do rotor de forma que a corrente inverte seu sentido a cada meia volta do rotor.

Em sua forma mais simples, um comutador apresenta duas placas de cobre encurvadas e fixadas (isoladamente) no eixo do rotor; os terminais do enrolamento da bobina são soldados nessas placas. A corrente elétrica 'chega' por uma das escovas (+), 'entra' pela placa do comutador, 'passa' pela bobina do rotor, 'sai' pela outra placa do comutador e 'retorna' à fonte pela outra escova (-). Nessa etapa o rotor realiza sua primeira meia-volta. Eis um visual completo:



Nessa meia-volta, as placas do comutador trocam seus contatos com as escovas e a corrente inverte seu sentido de percurso na bobina do rotor. E o motor CC continua girando, sempre com o mesmo sentido de rotação. Mas, o motor CC acima descrito tem seus problemas. Primeiro não há nada que determine qual será o sentido de sua rotação na partida, tanto poderá iniciar girando para a 'esquerda' como para a 'direita'. Segundo, é que por vezes, as escovas pode iniciar tocando ambas as placas ou eventualmente nenhuma; o motor 'não dá partida!' Para que a partida se dê com total confiança e no sentido certo é preciso que as escovas sempre 'enviem' corrente para o rotor e que não ocorra nenhum curto circuito

entre as placas devido às escovas.

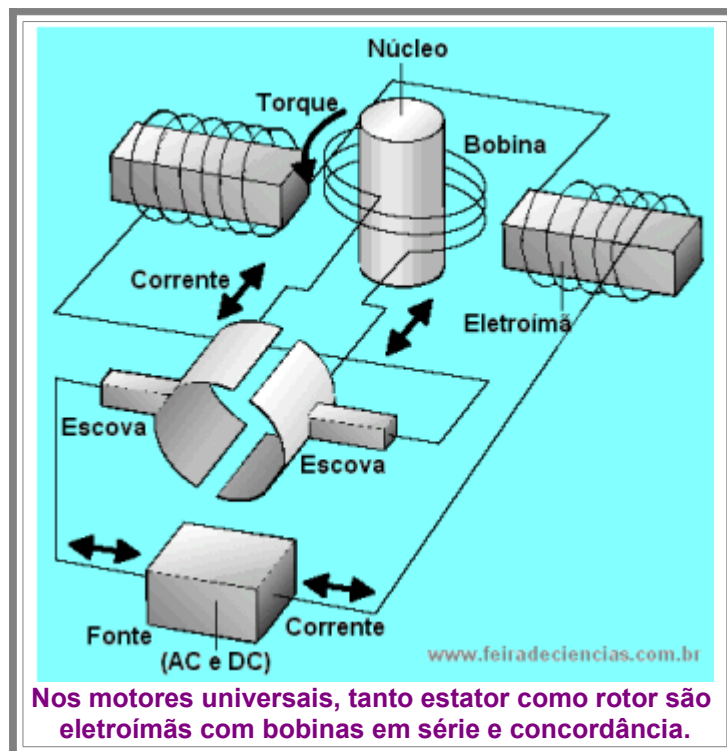
Na maioria dos motores CC consegue-se tais exigências colocando-se várias bobinas no rotor, cada uma com seu par de placas no comutador. Conforme o rotor gira, as escovas suprem a corrente para as bobinas, uma de cada vez, uma após a outra. A 'largura' das escovas também deve ser bem planejada.

O rotor de um motor CC gira com velocidade angular que é proporcional à tensão aplicada em suas bobinas. Tais bobinas têm pequena resistência elétrica e conseqüentemente seriam percorrida por intensas correntes elétricas se o rotor permanecesse em repouso. Todavia, uma vez em movimento, as alterações do fluxo magnético sobre tais bobinas, geram uma **força contra-eletromotriz** (f.c.e.m.), extraem energia daquela corrente e baixa as tensões elétricas sobre tais bobinas. O torque resultante se anulará quando essa f.c.e.m. se igualar á tensão elétrica aplicada; a velocidade angular passa a ser constante. Em geral, 'carregando-se' o motor (ligando seu eixo a algo que deve ser movimentado) sua rotação não varia acentuadamente, mas, uma maior potência será solicitada da fonte de alimentação (aumenta a intensidade de corrente de alimentação). Para alterar a velocidade angular devemos alterar a tensão aplicada ao motor. O sentido de rotação do rotor depende das assimetrias do motor e também do sentido da corrente elétrica; invertendo-se o sentido da corrente o motor começará a girar 'para trás'. É assim que fazemos um trenzinho de brinquedo 'andar para trás'; invertemos o sentido da corrente em seu rotor.

## **Motores**

## **universais**

Antes de comentarmos sobre os verdadeiros motores elétricos AC, vejamos um tipo intermediário de motor denominado **motor universal**. Esse motor pode funcionar tanto com alimentação DC como AC. Um verdadeiro motor elétrico DC não aceita alimentação AC (essa inverte o sentido da corrente a cada meio ciclo e isso apenas causaria trepidações); do mesmo modo, um verdadeiro motor AC (como veremos) não aceita alimentação DC (essa não oferecerá as convenientes alterações do sentido da corrente para o correto funcionamento do motor). Porém, se substituímos os ímãs permanentes dos estatores dos motores DC por eletroímãs e ligarmos (em série) esses eletroímãs no mesmo circuito do rotor e comutador, teremos um motor universal. Eis a ilustração dessa 'engenhoca':



Este motor 'girá' corretamente quer seja alimentado por corrente contínua ou corrente alternada. A diferença notável entre motor universal e motor DC é que se você alimentar o motor universal com fonte DC, ele não inverterá o sentido de rotação se você inverter a polaridade da fonte (como acontece com o motor DC), continuará a girar sempre no mesmo sentido. Se você quiser realmente inverter o sentido de rotação de um motor universal deverá inverter as ligações nos eletroímãs dos estatores para inverter seus pólos.

Motores universais são usados, por exemplo, em batedeiras elétricas, aspiradores de pó etc. Em tais motores, com o tempo de uso, haverá desgastes nas escovas de carvão e deverão ser substituídas. Basta você levar um pedacinho da escova velha até uma loja de ferragens, comprar o par de escovas novas adequadas e repor no motor; uma operação bastante simples.

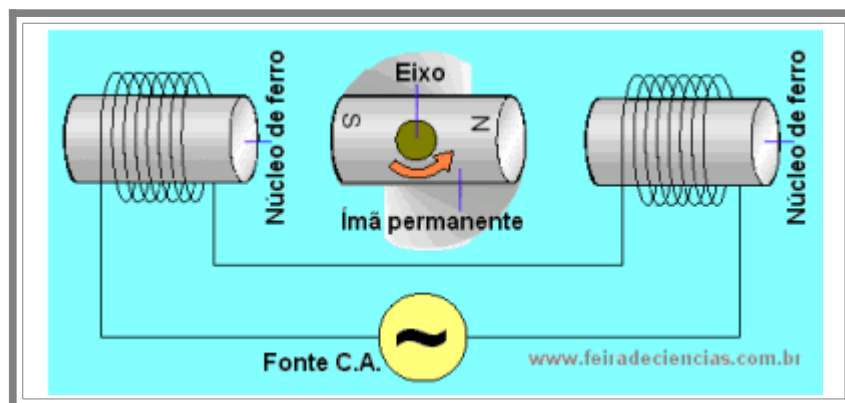


## Motores

## AC

## síncronos

Alguns motores são projetados para operar exclusivamente com corrente alternada. Um tal motor é esquematizado a seguir:





**O motor síncrono AC usa eletroímãs como estatores para fazer girar o rotor que é um ímã permanente. O rotor gira com frequência igual ou múltipla daquela da AC aplicada.**

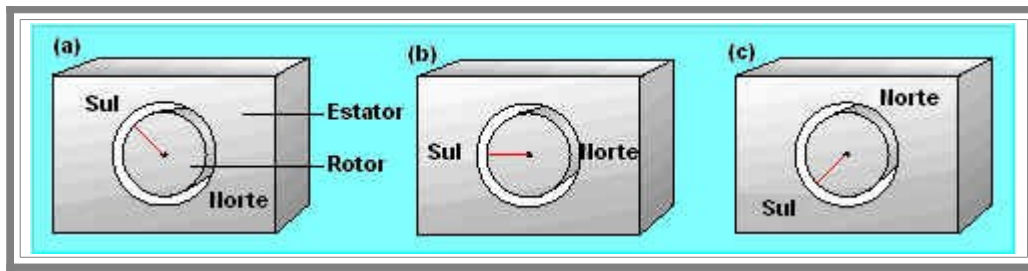
Este motor é essencialmente idêntico a um gerador elétrico; realmente, geradores e motores têm configuração bastante próximas. Um gerador usa do trabalho mecânico para produzir a energia elétrica enquanto que um motor usa a energia elétrica para produzir trabalho mecânico. O rotor, na ilustração acima, é um ímã permanente que gira entre dois eletroímãs estacionários. Como os eletroímãs são alimentados por corrente alternada, seus pólos invertem suas polaridades conforme o sentido da corrente inverte. O rotor gira enquanto seu pólo norte é 'puxado' primeiramente para o eletroímã esquerdo e 'empurrado' pelo eletroímã direito. Cada vez que o pólo norte do rotor está a ponto de alcançar o pólo sul de um eletroímã estacionário, a corrente inverte e esse pólo sul transforma-se um pólo norte. O rotor gira continuamente, terminando uma volta para cada ciclo da corrente alternada. Como sua rotação é perfeitamente sincronizada com as reversões da C.A, este motor é denominado '**motor elétrico síncrono da C. A.**'. O motor da bomba d'água de máquinas de lavar roupa, por exemplo, são desse tipo. Os motores de C.A síncronos são usados somente quando uma velocidade angular constante é essencial para o projeto.

Entretanto, os motores síncronos ilustram um ponto importante sobre motores e geradores: são, essencialmente, os mesmos dispositivos. Se você conectar um motor C.A síncrono à rede elétrica domiciliar e o deixar girar, extrairá energia do circuito elétrico e fornecerá trabalho mecânico. Mas, se você ligar uma lâmpada incandescente no cordão de força que sai desse mesmo motor e girar bem rapidamente seu rotor (com um sistema de rodas acopladas e manivela), gerará 'eletricidade' e a lâmpada acenderá.

### **Motores A.C. de indução**

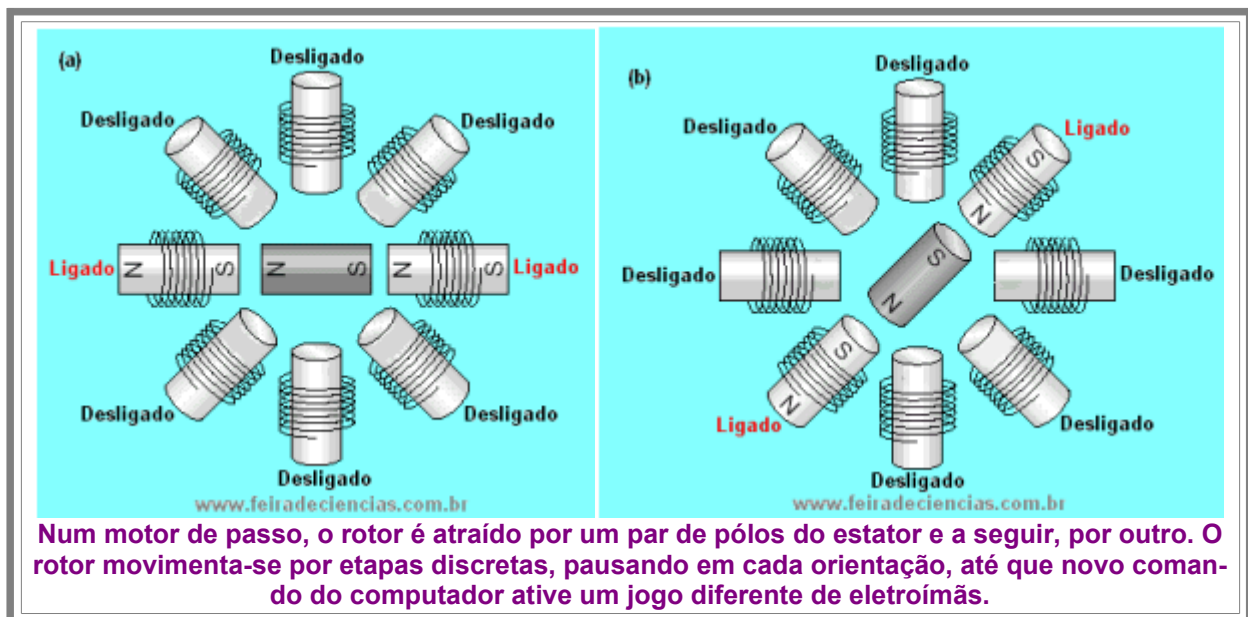
Alguns motores de corrente alternada têm rotores que não são quer ímãs permanentes quer eletroímãs convencionais. Estes rotores são feitos de metais não-magnéticos, como o alumínio, e não têm nenhuma conexão elétrica. Todavia, o isolamento elétrico deles não os impede de ficarem 'magnetizados' ou 'imantados'. Quando um rotor feito de alumínio é exposto a campos magnéticos alternados, correntes elétricas começam a fluir por ele e estas correntes induzidas tornam o rotor magnético. Esse é um fenômeno básico do eletromagnetismo denominado indução eletromagnética. Tais motores, que usam desse fenômeno para tornarem seus rotores magnetizados, são chamados de '**motores A.C de indução**'.

Os motores de indução são provavelmente o tipo o mais comum de motor de C. A., comparecendo em muitos eletrodomésticos (ventiladores, motores de toca-discos etc.) e aplicações industriais. Fornecem bom torque, começam facilmente a girar, e são baratos. Um motor de indução trabalha 'movendo' um campo magnético em torno do rotor --- o denominado '**campo magnético girante**'. O estator que cerca o rotor contem um eletroímã sofisticado. O estator não se movimenta, mas sim o campo magnético que ele produz! Com um uso inteligente de vários recursos eletromagnéticos (espiras de curto circuito, capacitores etc.), o estator pode criar pólos magnéticos de que se deslocam em um círculo e se movimenta em torno do rotor. Na ilustração abaixo, o pólo norte do estator 'gira' no sentido anti-horário em torno do rotor.



## Motores de passo

Muitos dispositivos computadorizados (drives, CDROM etc.) usam motores especiais que controlam os ângulos de giro de seus rotores. Em vez de girar continuamente, estes rotores giram em etapas discretas; os motores que fazem isso são denominados 'motores de passo'. O rotor de um motor de passo é simplesmente um ímã permanente que é atraído, seqüencialmente, pelos pólos de diversos eletroímãs estacionários, como se ilustra:



Estes eletroímãs são ligados/ desligados seguindo impulsos cuidadosamente controlados de modo que os pólos magnéticos do rotor se movam de um eletroímã para outro devidamente habilitado.

Eis algumas ilustrações (animadas) de motores de passo:

