



**Eletrobras**  
Furnas

# 04

## ELETROIMÃS

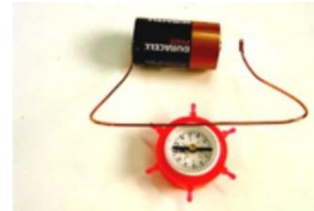
### TRANSFORMADORES

## A corrente elétrica gera magnetismo

Em 1821 - vinte e um anos após a invenção da pilha elétrica por Alexandre Volta, um professor dinamarquês da Universidade de Copenhague – Hans Christian Oersted (1777 - 1851) – preparou uma demonstração para colegas e estudantes sobre a geração de calor por corrente elétrica.

Durante a demonstração ele percebeu que a agulha de uma bússola – que estava perto – sempre se deslocava quando uma corrente elétrica passava pelo fio.

Ele acabara de descobrir que uma corrente elétrica no fio (movimento ordenado de elétrons) produz um campo magnético!

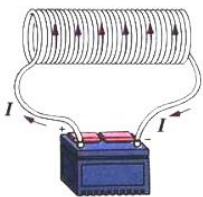


Encostando o fio no polo positivo circula uma corrente pelo fio deslocando a agulha da bússola.

## Eletroímã

A experiência de Oersted mostra que à corrente elétrica sempre se associa um campo magnético.

Este fato permite construir ímãs artificiais não permanentes; estes ímãs só funcionam com a circulação de corrente elétrica. Fazendo circular uma corrente elétrica numa bobina – enrolado de fio em forma de cilindro oco – o campo magnético gerado torna-se mais intenso, principalmente no centro da bobina. Colocando-se um núcleo de ferro no interior da bobina, tem-se um ímã artificial de campo muito intenso.



## ATIVIDADES

### Usando um eletroímã



Uma pequena bobina é feita enrolando-se um pedaço de fio de cobre encapado ou esmaltado ao redor de um parafuso (núcleo de ferro).

Ligando-se as extremidades dos fios nos terminais (+) e (-) de uma pilha, a corrente elétrica passa a circular, e o núcleo de ferro passa a funcionar como um ímã, atraindo objetos de ferro como pregos, clipes, etc.



### Usos de eletroímã.

Os eletroímãs têm diversos usos: eles podem ser encontrados nas campainhas elétricas, nas elétricas de portas, nos alto-falantes, nos bocais dos telefones e nos relés dos automóveis. Existem também eletroímãs potentes capazes de erguer um carro ou um montão de ferro, como os usados em alguns depósitos de ferro velho, conforme ilustra a figura.

## TRANSFORMADORES.

### Campo elétrico.

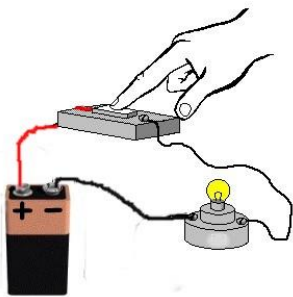
Eis eu aqui de novo!

Antes de falar sobre transformadores, é interessante saber que associado à “voltagem” tem-se o “campo elétrico”. E que o tipo de corrente elétrica – se CORRENTE CONTÍNUA ou CORRENTE ALTERNADA – depende do comportamento do campo elétrico ao longo dos condutores.

A voltagem está relacionada à energia e o campo elétrico à força elétrica que impulsiona as cargas elétricas.

### Corrente contínua

Uma lâmpada é ligada por meio de fios e um interruptor a uma bateria de 9 V. Enquanto o circuito for interrompido, a corrente elétrica é nula, mas a voltagem nos pólos continua 9 V. A existência da voltagem na bateria independe se circula ou não corrente elétrica pelos fios.



Pressionando-se o interruptor uma corrente elétrica passa a circular pelos fios: os elétrons livres do fio passam a se mover ordenadamente desde o pólo (-) até o pólo (+) da bateria, passando antes pela lâmpada. O que faz os elétrons livres do fio a se moverem ordenadamente? É o campo elétrico ao longo do fio.

Se o interruptor for desligado, a voltagem deixa de agir, campo elétrico desaparece ao longo do fio e a corrente elétrica deixa de existir.

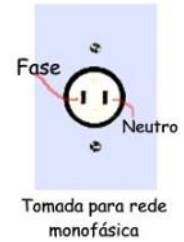
No caso das pilhas, o sentido do campo elétrico não muda, pois o pólo (+) continua positivo e o pólo (-) continua negativo. Em virtude disso, os elétrons são sempre “empurrados” num mesmo sentido. E a corrente elétrica é denominada de CORRENTE CONTÍNUA (CC).

### Corrente alternada

Quando ligamos o interruptor do nosso quarto e a lâmpada acende, a corrente elétrica que circula pelos fios e filamento da lâmpada é do tipo de “CORRENTE ALTERNADA”. Sabe por que? A razão está na forma de geração de energia elétrica.

Nas usinas hidroelétricas ou termoelétricas, os geradores (ou alternadores) a voltagem nos terminais das bobinas se alternam. Ora eles positivos e negativos, alternando 60 vezes por segundo. Por isso a nossa rede elétrica é de 60 Hz (hertz: 1 hertz = 60 ciclos por segundo). Devido a esta alternância a voltagem ou tensão gerada é “alternada” implicando em “corrente alternada”.

As tomadas de energia elétrica em nossas casas possuem dois terminais: um deles é a “fase” e o outro é o “neutro” que é ligado à Terra pela concessionária de energia elétrica. A “fase” numa alternância de 60 Hz fica ora positiva e ora negativa; como consequência, o campo elétrico também se alterna e os elétrons



livres do fio ora deslocam-se num sentido e ora em sentido oposto. Este deslocamento de vai-e- vem ocorre com todos elétrons livres do fio simultaneamente, por que o campo elétrico associado se transmite quase que instantaneamente ao longo do fio.

É isto que constitui a “corrente alternada”.

O que é importante não é para onde os elétrons se deslocam, mas se este deslocamento alternado acontece com os elétrons livres do filamento da lâmpada.

## O neutro e a fase.

No quadro de distribuição de energia das residências chegam dois fios do poste de transmissão de energia elétrica. Um deles é o “neutro” que é ligado à Terra. O outro – isolado do neutro – é a “fase” do sistema monofásico que está ligado ao sistema de geração. O potencial da fase se alterna (ora fica positivo e ora negativo, numa alternância de 60 Hz) conforme a geração; assim, a ddp ou voltagem entre a fase e o neutro, se alterna 60 vezes por segundo.

A função do neutro, a grosso modo, é suprir a demanda de elétrons: quando a fase estiver positivo ele recebe elétrons do neutro – suprido pela Terra – e quando negativo fornece elétrons ao neutro que os descarrega para a Terra.

## A vantagem da corrente alternada.

A grande vantagem da corrente alternada é que a tensão ou voltagem correspondente pode ser – elevada ou reduzida – quase sem perdas, conforme os usos finais da energia elétrica. As linhas de distribuição –



aquelas situadas no alto dos postes – são usualmente na faixa de 13.800 V ( 13,8 kV). Nas residências e no comércio em geral, a energia elétrica é disponibilizada em 120 volts e 220 volts. Para a conversão são usados dispositivos denominados “transformadores”.

Em alguns postes da cidade existem

“transformadores” que colocam nas residências energia elétrica a 120 V e 220 V. Mas eles não usados só nos postes; no nosso o uso de transformadores de menores potência é bastante utilizado, por exemplo, os “carregadores de bateria”, no interior de TV, nos computadores, etc.

## Transformador elétrico

Um **transformador** é um dispositivo destinado a transmitir energia elétrica transformando voltagens ou tensões e correntes de um circuito elétrico. Ele é um dispositivo de corrente alternada cujo funcionamento é baseado nos princípios eletromagnéticos descobertos por Michael Faraday. Lá pelos idos de 1831, Michael Faraday, cientista inglês, fez a experiência do 1º transformador elétrico. Ele enrolou duas bobinas de fio de cobre isolado em um anel de ferro e ligou uma delas (PRIMÁRIO) a uma pilha e verificou que na outra bobina (SECUNDÁRIO) sempre surgia uma corrente elétrica no instante em que a corrente elétrica do primário era ligada ou desligada.

## O que Faraday descobriu?

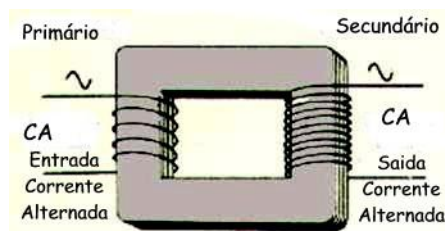
Ele descobriu o princípio do transformador. Sempre quando o campo magnético no primário aumenta ou diminui, isto é, varia, o secundário percebendo esta variação, reage, criando um campo magnético oposto. Este campo magnético induzido no secundário que dá origem a uma força eletromotriz (voltagem) no secundário.

## Que tipo corrente é usado num transformador?

É a corrente alternada (CA). A alternância na corrente faz com que na bobina primária surja um campo magnético que alterna na mesma frequência. Isto faz com que seja induzido na bobina secundária uma tensão ou voltagem também alternada.

Para um transformador funcionar com corrente contínua (CC) fornecida por uma pilha ou bateria é necessário que fiquemos ligando e desligando o fornecimento de corrente para o primário.

## Por que o nome “transformador”?



Um transformador serve para “transformar” a voltagem fornecida: pode aumentá-la ou diminuí-la.

O transformador é composto de duas bobinas: o primário (entrada) e o secundário (saída).

Ele aumenta a voltagem se o número de espiras no secundário  $N_2$  for maior que o número de espiras no primário  $N_1$ . E ele diminui a

voltagem se  $N_2$  for menor que  $N_1$ .

## De quanto aumenta ou diminui a voltagem?

Depende da relação entre os números de espiras das bobinas. Se  $N_2$  for o dobro de  $N_1$ , a voltagem será duas vezes maior, ou seja,  $V_2 = 2V_1$ . E assim por diante. Se  $N_2$  for 3 vezes menor que  $N_1$ , a voltagem será 3 vezes menor ou seja  $V_2 = (1/3)V_1$ . E assim por diante.

## E a relação entre as correntes elétricas no primário e secundário?

As correntes elétricas no primário  $I_1$  e no secundário  $I_2$  seguem uma relação inversa. Se voltagem dobrar a corrente elétrica será 2 vezes menor ou seja  $I_2 = I_1/2$ ; se a voltagem triplicar, a corrente elétrica diminui 3 vezes ou seja,  $I_2 = I_1/3$ , e assim por diante.

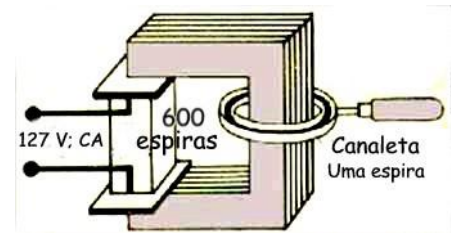
Se um transformador aumentar a voltagem em 1000 vezes, a corrente elétrica no secundário será 1000 vezes menor, ou seja,  $I_2 = (I_1)/1000$ .

## EXPLORANDO DIVERSOS TIPOS DE TRANSFORMADORES.

### I – Transformador de 1 espira.

Este transformador tem 600 espiras no primário e 1 espira no secundário.

1. A voltagem será 600 vezes menor ou seja  $V_2 = V_1/600 = 120/600 = 0,2$  volts (Menor que a voltagem de 1 pilha de lanterna que é de 1,5 volts).
2. A voltagem sendo 600 vezes menor, a corrente elétrica no secundário será 600 vezes maior do que aquela do primário. Como o secundário é uma canaleta circular de cobre, a corrente circulará ao longo da espira e produzirá um aquecimento muito grande. O aquecimento será tão grande que é capaz de derreter chumbo em poucos minutos. Por isso este tipo de transformador é também chamado de forno de indução.



### II – Anel Saltante.

No transformador de 1 espira, a canaleta não se move. A corrente elétrica alternada que a percorre, como numa lâmpada, converte-se totalmente em calor (na lâmpada incandescente, parte da energia elétrica transforma-se em calor). O “Anel Saltante” também é um transformador de apenas uma espira; a diferença é que, neste caso, ele pode se mover.



Quando o primário é ligado a 110 V o anel, ao invés de esquentar, é lançado verticalmente para cima. A explicação envolve a “lei do contra” ou a “Lei de Lenz”. Esta lei diz que o sentido da corrente elétrica induzida numa bobina ou espira é tal que o campo magnético induzido seja sempre oposto ao campo magnético indutor. Isto significa o seguinte: quando a parte superior da bobina primária tornar-se um pólo N, a parte inferior do anel também torna-se um pólo magnético N e assim se repelem. Como a corrente é alternada, o sentido da corrente no primário muda de sentido e a parte superior da bobina torna-se um pólo S e imediatamente, o sentido da corrente no anel muda, de modo que o campo gerado pelo anel tenha na parte inferior um pólo magnético S, tornando-se a repelir. Assim, sempre ocorrerá repulsão entre o anel e a bobina.

### III – TRANSFORMADOR DE ALTA TENSÃO – CHISPAS.



O primário de um transformador de alta tensão tem menos espiras que o secundário.

Neste caso o transformador tem 300 espiras no primário e 12.000 no secundário. O fator de ampliação é de 40 vezes ( $40 \times 300 = 12\,000$ ) ou seja a voltagem aumenta 40 vezes.

Como  $V_1 = 110$  volts, a voltagem no secundário será  $V_2 = 40 \times 110 = 4.400$  volts.

O secundário é ligado à duas varetas metálicas dispostas verticalmente e a distância entre elas vai aumentando conforme se pode ver na figura.

Como a voltagem é alternada (pois a corrente elétrica é alternada), as varetas ficam positivas e negativas alternadamente, mas com

voltagem 4.400 volts. Se a distância entre as varetas for pequena, o campo elétrico entre elas será muito grande. Por exemplo, se a distância for 0,4 cm, o campo elétrico será igual a  $4.400/0,4 = 11.000$  V/cm suficiente para tornar o ar condutor. Assim surge entre as varetas uma chispa que começa a subir até o topo onde se desfaz. Mantendo ligado o transformador, tem surgimento uma nova chispa que sobe e se desfaz e assim sucessivamente.



## O que é a chispa?

A chispa é resultado do salto de elétrons de uma vareta para outra de forma continuada. Mediante colisões, os elétrons transferem energia aos átomos existente no ar, produzindo luz, calor e ionizações. Nas ionizações o elétron mais distante do núcleo é arrancado da estrutura atômica e como conseqüência o átomo fica positivo (falta de elétron) que passam a se movimentar em direção oposta aos dos elétrons. A chispa é uma mistura de elétrons e íons a alta temperatura, constituindo-se no que é denominado de “plasma”. A temperatura do plasma é altíssima, os gases se expandem, diminuem de densidade e por isso a chispa sobe vareta acima.



## IV – TRANSFORMADOR TESLA.



Este transformador foi inventado por Nikola Tesla (1856-1943). Tesla nasceu na Croácia, mas viveu profissionalmente, como engenheiro, nos Estados Unidos. O transformador Tesla não tem núcleo de ferro. A bobina secundária, com cerca de 2.000 espiras, é inserida no interior da bobina primária com cerca de 10 espiras.

A bobina primária é alimentada por um circuito ressonante (não mostrada na figura) que produz tensões de alta freqüência: cerca de 400 Khz. (Compare: a freqüência da corrente alternada é 60 Hz).

Dependendo da tensão fornecida no primário, com este transformador consegue altas voltagens, mais de 100.000 volts, e por isso as descargas elétricas são barulhentas e grandes.

### Atividade com o transformador Tesla.

O transformador Tesla que vamos usar é didático e por isso a voltagem no secundário é cerca de 15.000 volts. Veja o que podemos mostrar:

- Na saída do secundário existe uma lâmpada incandescente que mesmo com 15.000 volts ela não acende, pois não nenhuma corrente pelo filamento. Mas encostando-se o dedo na parte superior da lâmpada observa-se uma descarga azulada vinda do filamento até os seus dedos. Isto ocorre por que os elétrons saltam do filamento até os nossos dedos deixando o rastro luminoso devido as suas colisões com átomos e moléculas do gás existente no interior da lâmpada.
- Aproximando-se uma lâmpada fluorescente do secundário da bobina de Tesla, devido à alta tensão, as faíscas atingirão a extremidade da lâmpada e a corrente elétrica de alta freqüência se descarregará para a Terra passando pela lâmpada. É por isso que a lâmpada acende.