

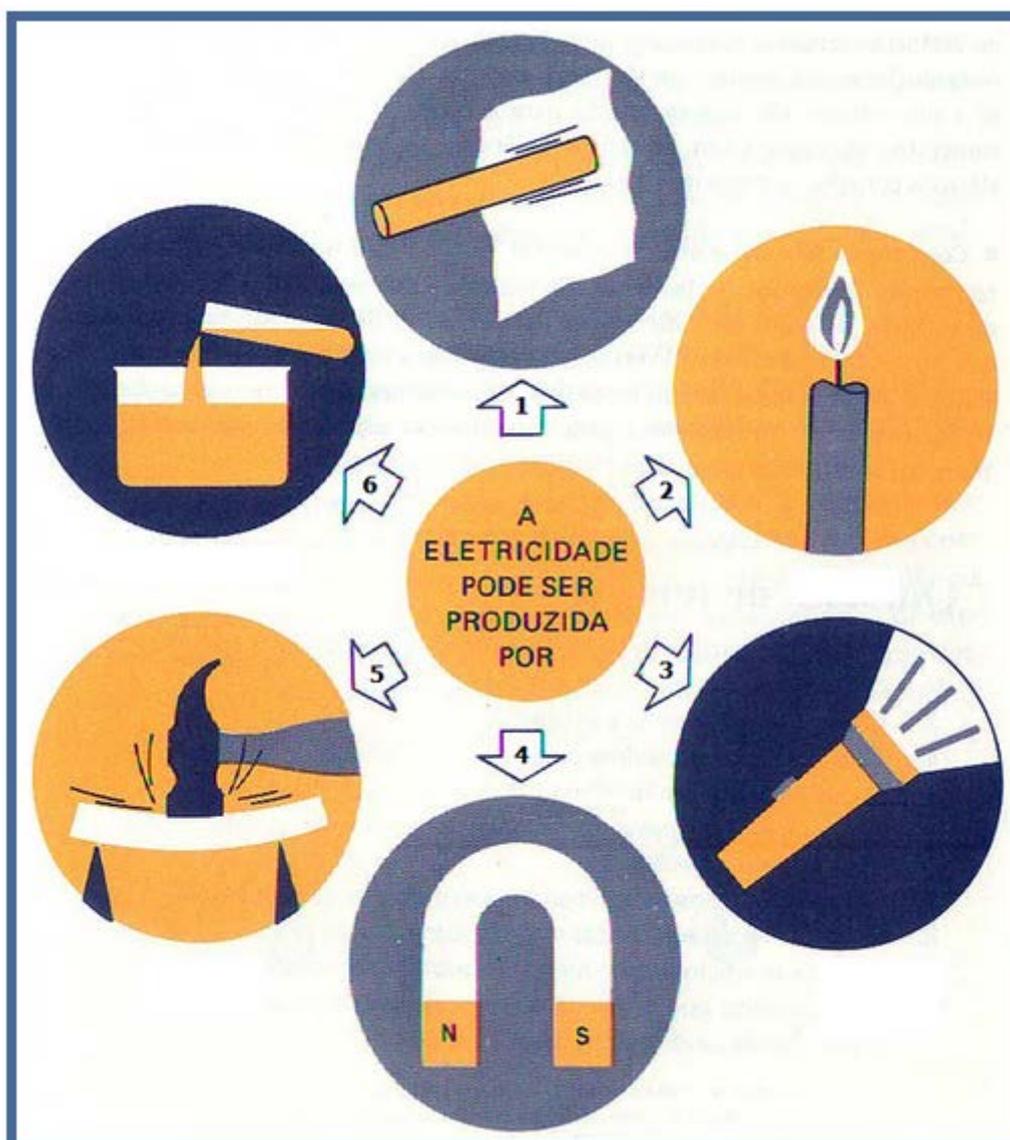
# ELETRICIDADE

## Como ela é produzida – Corrente elétrica – Força eletromotriz

Podemos afirmar que se uma determinada energia é aplicada a um elétron, este se desloca de sua órbita e assim, produz-se a eletricidade.

Mas de que forma, ou seja, que tipo de energia deve ser aplicado a um elétron para que isso ocorra?

Basicamente existem seis processos:



*1- atrito; 2- calor; 3- luz; 4- magnetismo; 5- pressão e 6- reação química.*

**1 – ATRITO:** É um método descoberto pelos antigos gregos, onde uma carga elétrica pode ser produzida pelo atrito entre dois materiais.

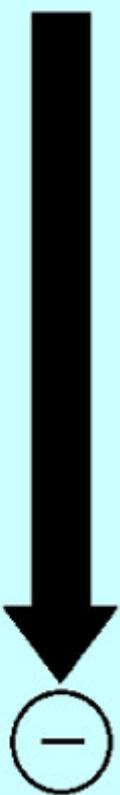
É o que denominamos *eletricidade estática*, pois, a transferência de elétrons é feita de um material para outro.

É o caso que ocorre quando penteamos o cabelo. Devido ao atrito entre o pente e o cabelo, ocorre o desequilíbrio eletrostático ficando então, o pente eletrizado.

Mas, durante o atrito entre dois materiais, quem perde ou quem ganha elétrons?

Para entender como funciona, observe a figura a seguir, que mostra a série triboelétrica ou árvore triboelétrica.

Essa série ordena os materiais que se eletrizam por atrito quanto à tendência que possuem de perder elétrons, ou seja, quanto à facilidade de ficarem carregados positivamente.

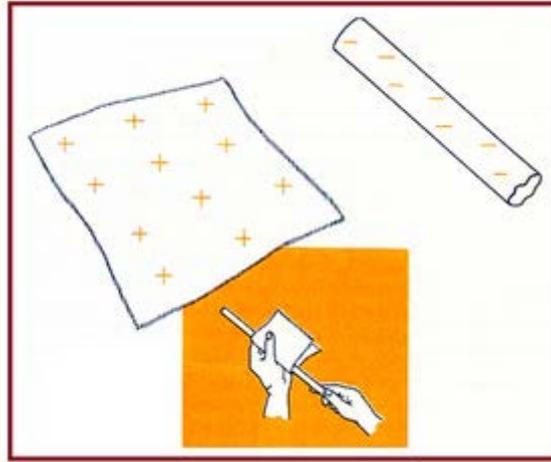
Materiais		
	pele humana seca	
	couro	
	pele de coelho	
	vidro	
	cabelo humano	
	fibra sintética	
	lã	
	chumbo	
	pele de gato	
	seda	
	alumínio	
	papel	
	algodão	
	aço	
	madeira	
	âmbar	
	borracha dura	
	níquel e cobre	
	latão e prata	
	ouro e platina	
poliéster		
filme de PVC		
poliuretano		
polietileno (fita adesiva)		
polipropileno		
vinil (PVC)		
silicone		
teflon		

Assim, se eletrizarmos um material mostrado na parte de cima da série com um material mostrado na parte de baixo, o material de cima ficará eletrizado positivamente e o material de baixo ficará eletrizado negativamente.

A figura a seguir mostra o resultado do atrito entre um pedaço de pele de gato e um bastão de borracha dura.

Pela árvore triboelétrica, verifica-se que o pelo perde elétrons para o bastão.

Como consequência a pele ficará positiva e o bastão negativo. Isto significa dizer que ambos ficarão eletrizados.



### Como isso ocorre?

Segundo a teoria é que existem na superfície de um material muitos, átomos que não podem se combinar com os outros, da mesma forma que isso ocorre no interior do mesmo material.

Os átomos da superfície, portanto, possuem alguns elétrons livres e por esse motivo, muitos materiais isolantes como o vidro e a borracha, podem produzir as cargas de eletricidade estática.

Dessa forma durante o atrito, uma energia térmica é aplicada aos átomos da superfície, para libertar os elétrons.

Esse efeito é conhecido como *triboelétrico*.

**2 – CALOR:** Existem alguns materiais que tem facilidade de *perder* elétrons, o que em última análise, podemos dizer que esses materiais tem a facilidade de *doar* elétrons.

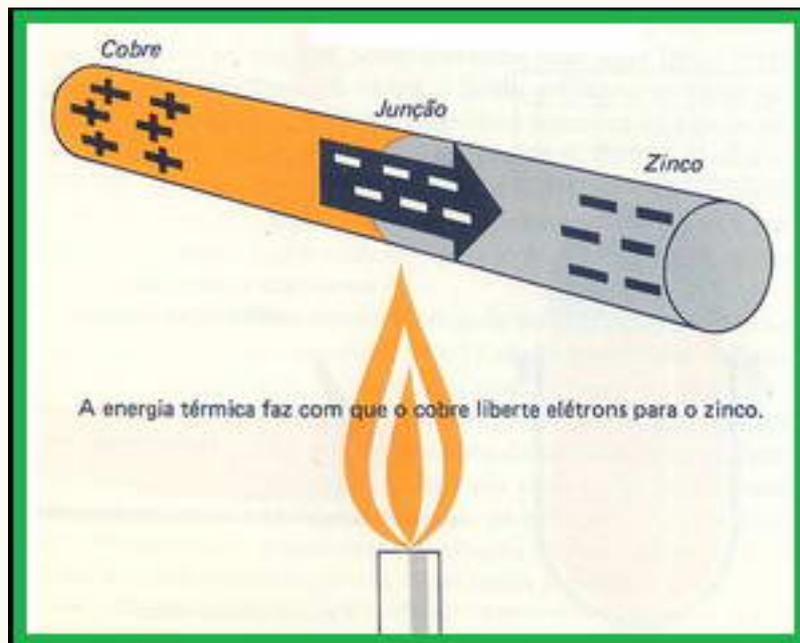
Da mesma forma, existem outros materiais que tem a facilidade de *receber* elétrons.

Quando juntamos dois materiais diferentes, como por exemplo, o cobre e o zinco, a energia térmica do ambiente é suficiente para libertar alguns elétrons.

A figura a seguir mostra a junção de um bastão de cobre com um bastão de zinco.

A energia térmica aplicada a esse conjunto, faz com que o cobre liberte elétrons para o zinco.

Devido a estrutura atômica do cobre, este tem a facilidade de perder elétrons, em outras palavras, o cobre possui muitos elétrons livres.



Como as cargas produzidas pela temperatura ambiente são muito pequenas, quando se aplica calor diretamente a junção dos dois materiais a quantidade de elétrons libertados é bem maior.

Essa forma de gerar eletricidade é conhecida por *termoeletricidade*.

Podemos deduzir então que a quantidade de cargas produzidas é diretamente proporcional a quantidade de calor. Obviamente, quando a fonte de calor é eliminada, as cargas desaparecem.

O tipo de junção mostrado na figura acima se denomina *par termoelétrico*. Um conjunto de pares termoelétricos formam uma *termopilha*.

**3 – LUZ:** Segundo alguns cientistas, a luz é definida como uma energia constituída de pequenas partículas denominadas *fótons*.

Alguns materiais tem a propriedade de liberar energia e conseqüentemente liberar elétrons livres quando são atingidos por um feixe de luz (fótons).

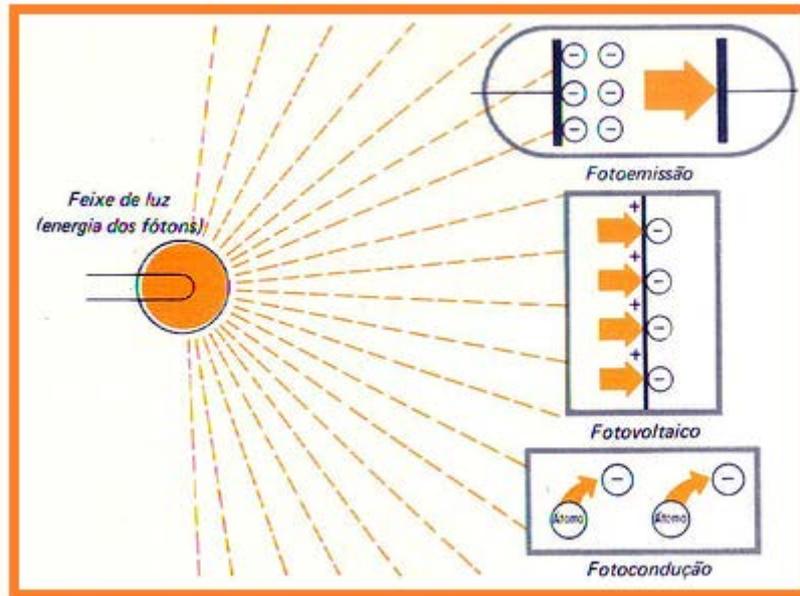
Materiais como o potássio, lítio, selênio, germânio, cádmio e sulfeto de chumbo reagem desse modo quando são atingidos por um feixe de luz.

Ocorre então o efeito *fotoelétrico*, que pode ser classificado de três maneiras:

**FOTOEMISSÃO:** A energia dos fótons em um feixe de luz provoca a liberação de elétrons em uma superfície no interior de um tubo a vácuo. Esses elétrons são então coletados por uma placa.

**FOTOVOLTAICO:** A energia luminosa ao incidir sobre duas placas justapostas faz com que os elétrons sejam liberados de uma placa para outra, criando entre as mesmas cargas opostas.

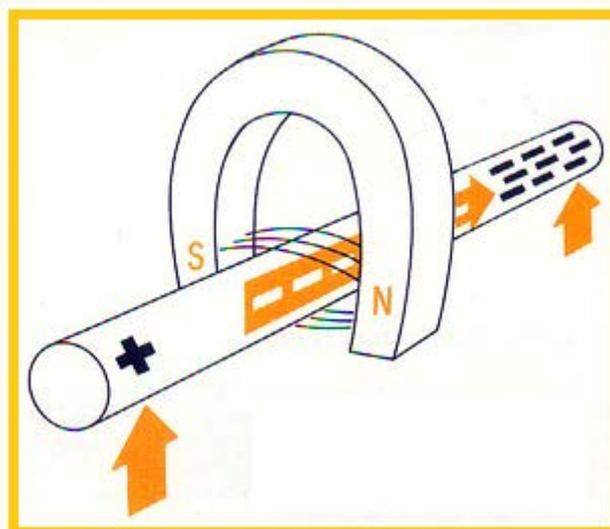
**FOTOCONDUÇÃO:** A energia luminosa aplicada sobre alguns materiais, normalmente maus condutores, provoca o surgimento de elétrons livres, fazendo com que esses materiais se tornem melhores condutores.



**4 – MAGNETISMO:** Quem nunca brincou com ímãs? Provavelmente você já brincou com eles e deve ter observado que os mesmos tem entre eles a capacidade de repulsão ou de atração, dependendo de como estiverem com seus polos orientados.

Isto significa que os ímãs produzem campos de força que se interagem, podendo ocorrer atração ou repulsão.

Pois bem, a força de um campo magnético pode ser utilizada para movimentar elétrons através de um material, principalmente em se tratando do cobre. Esse é o efeito conhecido como *eletromagnetismo* ou *magneto eletricidade*.



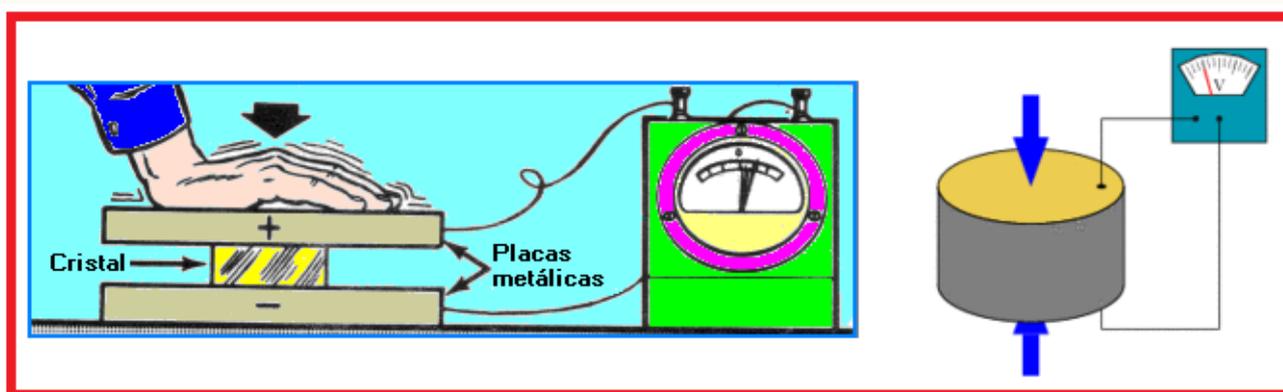
Como o cobre é um bom condutor a força do campo magnético consegue liberar uma quantidade significativa de elétrons livres, cuja direção depende da maneira como o condutor se movimenta dentro do campo magnético.

A figura ilustra o movimento de um condutor de cobre através do campo magnético do ímã, no entanto, o mesmo efeito será obtido se o condutor permanecer fixo e o ímã se movimentar.

O que importa na realidade é o movimento interativo entre eles, ou seja, tanto faz se o condutor se movimentar ou se o ímã se movimentar.

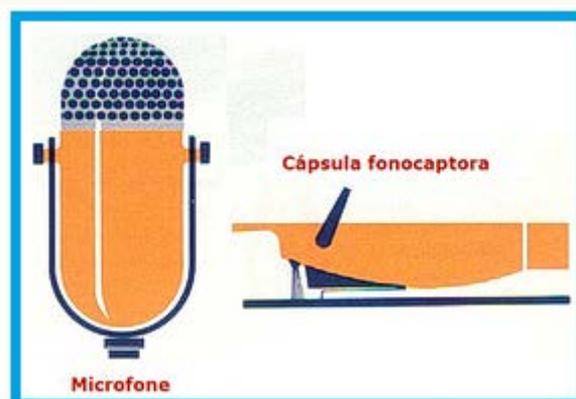
**5 – PRESSÃO:** Alguns materiais ao sofrerem uma pressão liberam elétrons livres dos seus átomos, proporcionando nos extremos do material um acúmulo de cargas positivas ou negativas. Ao cessar a pressão o material entra em equilíbrio em relação as suas cargas.

Os materiais com essas propriedades são denominados cristais *piezelétricos*<sup>1</sup>, e o desequilíbrio entre as cargas devido a pressão é conhecido como efeito *piezelétrico*<sup>2</sup>, daí então a origem da palavra *piezeletricidade*.



O efeito piezelétrico é entendido como a interação eletromecânica linear entre a força mecânica e o estado elétrico (forças de Coulomb) em materiais cristalinos (cerâmicos, polímeros).

Observa-se na figura acima que o cristal ao ser submetido a uma pressão gera uma tensão nas extremidades de duas placas metálicas, efeito esse muito utilizado na fabricação de balanças digitais.



A figura acima mostra outra aplicação bastante comum do efeito piezelétrico: microfone de carvão e cápsula fonocaptora.

<sup>1</sup> A palavra piezo vem do grego e significa pressão.

<sup>2</sup> Alguns autores usam o termo piezoelétrico, que vem a ser a mesma coisa.

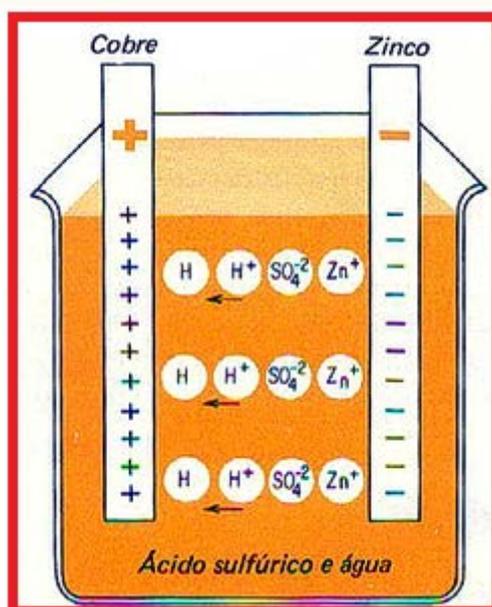
No microfone de carvão quando os grânulos de carvão são submetidos a uma pressão (onda sonora da voz), os mesmos sofrem uma vibração, gerando pequenas tensões que posteriormente são amplificadas.

Na cápsula fonocaptora, quando uma agulha percorre os sulcos irregulares de um disco de vinil, esse percurso provoca vibrações que são convertidas em pequenas tensões e posteriormente amplificadas.

**6 – ELETROQUÍMICA:** A eletroquímica é a produção da eletricidade através da reação química.

Alguns metais, como o cobre e zinco, por exemplo, quando imersos em uma solução química, sofrem uma reação que libera cargas elétricas com polaridades opostas.

O exemplo mais elementar é a pilha úmida, composta por uma solução de ácido sulfúrico e água, que recebe o nome de eletrólito.



O eletrólito se divide em hidrogênio (H) e sulfato SO<sub>4</sub>. Devido a natureza da reação química, os átomos de hidrogênio são íons positivos (H<sup>+</sup>) e os átomos do sulfato são íons negativos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Como o número de cargas positivas é igual ao número de cargas negativas, a solução é neutra.

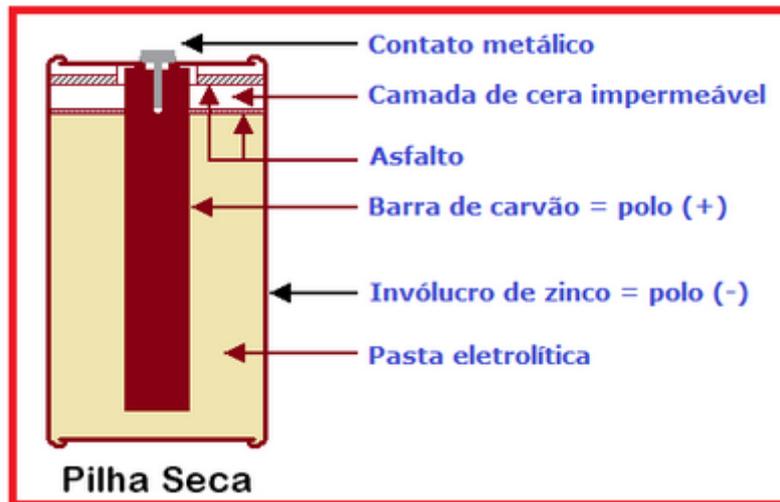
Ao introduzir as barras de cobre (Cu) e zinco (Zn) na solução ocorre uma reação:

1. O zinco se combina com os átomos de sulfato; como esses átomos são negativos, os íons positivos Zn<sup>2+</sup> são despreendidos da barra de zinco;
2. Em virtude disso a barra de zinco fica com excesso de elétrons provocado pela saída dos íons Zn<sup>2+</sup>, tornando assim, a barra negativa;
3. Os íons de zinco se combinam com os íons do sulfato neutralizando-os, fazendo com que a solução fique com excesso de cargas positivas;

4. Os íons positivos do hidrogênio ( $H^+$ ) atraem os elétrons livres da barra de cobre, neutralizando novamente a solução.

5. Isto provoca então falta de elétrons na barra de cobre, tornando-a positiva.

Uma pilha comum do tipo seca, para uso geral, utiliza uma pasta eletrolítica ao invés de uma solução líquida.



Tanto a pilha úmida como a seca abordadas neste assunto, são pilhas primárias.

*Existem dois tipos de pilhas: as pilhas primárias e as pilhas secundárias.*

*As Primárias (não recarregáveis) são aquelas em que o produto químico não pode voltar à sua forma original uma vez esgotado, por ter convertido a energia química em elétrica.*

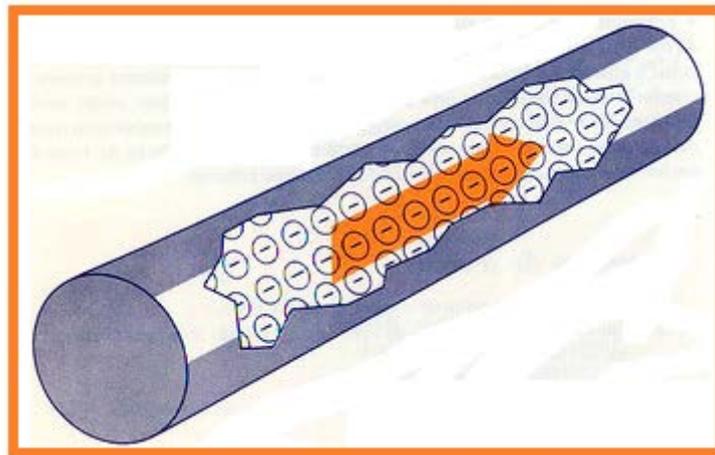
*As Secundárias (recarregáveis) são aquelas em que a transformação da energia química em elétrica é reversível, podendo ser recarregadas e utilizadas várias vezes. Estas pilhas também se denominam como acumuladores.*

# CORRENTE ELÉTRICA

Até agora abordamos a eletricidade como sendo cargas elétricas produzidas pela ação de vários fatores externos. Em suma, tratamos das cargas elétricas em repouso o que chamamos de *eletricidade estática*, ou em outras palavras, *cargas elétricas em repouso*.

Cargas elétricas estáticas não produzem nenhum tipo de trabalho, logo não tem nenhuma função útil. Para que a energia elétrica produza algum tipo de trabalho é preciso que essas cargas se movimentem.

O movimento dessas cargas gera então a corrente elétrica, que nada mais é do que o movimento de uma grande quantidade de *elétrons livres* em um fio (por exemplo: cobre) num mesmo sentido.



Os elétrons possuem energia que pode produzir vários efeitos, no entanto eles se movimentam em várias direções, podendo ter seus efeitos anulados.

Porém se considerarmos os elétrons se movendo em uma mesma direção os efeitos se somam, formando um fluxo de corrente e a energia liberada poderá produzir um trabalho.

Portanto, a capacidade de realização de um trabalho é diretamente proporcional ao fluxo da corrente de elétrons, em outras palavras, corrente elétrica.

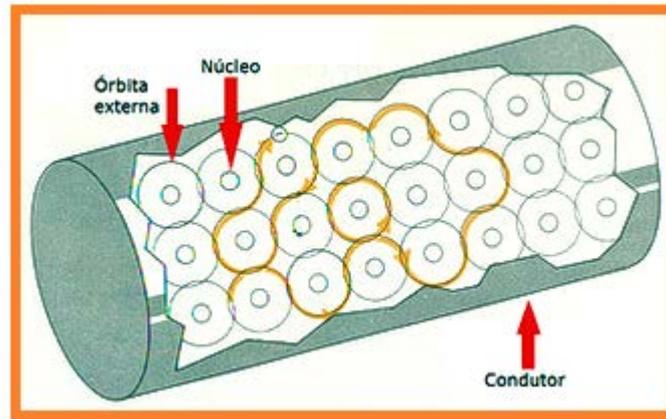
## O que são elétrons livres?

Consideremos o cobre (Cu) que na tabela periódica tem suas 4 órbitas assim distribuídas:



Isto significa que a última órbita possui apenas 1 elétron, que é considerado elétron livre.

Os elétrons livres de um fio de cobre mudam de órbita ao acaso. Todos os átomos compartilham seus elétrons externos e se mantêm ligados, formando uma ligação metálica.



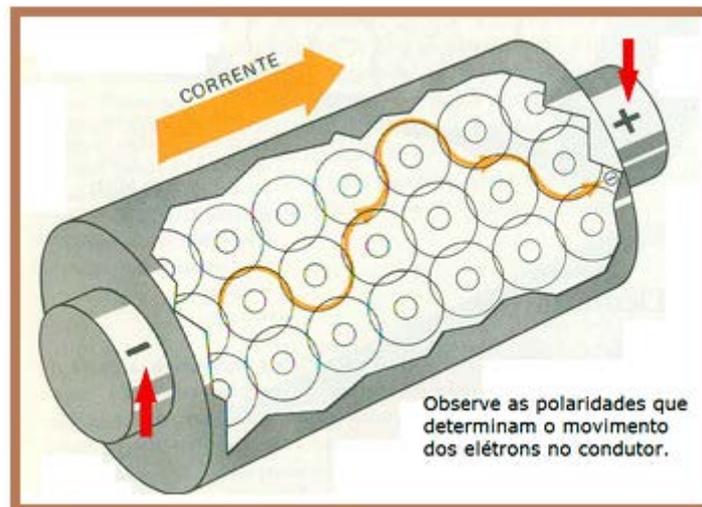
O elétron da última órbita de um átomo é chamado de elétron de valência. No caso do cobre, sua valência é 1, portanto, com fraca ligação com seu núcleo tendo então, a tendência de não se manter em sua órbita.

A figura acima mostra que os átomos são mantidos juntos e suas órbitas se entrelaçam, ou seja, constantemente os elétrons de valência dos átomos penetram um na órbita do outro e tudo isto ocorre de maneira aleatória.

Assim, os elétrons livres vagueiam aleatoriamente em um condutor. Embora isso provoque uma quantidade muito grande de elétrons livres, não há formação de carga elétrica.

A fim de produzir uma corrente elétrica, os elétrons livres do fio de cobre devem ser forçados a se moverem na mesma direção.

Para isso torna-se necessário aplicar cargas com polaridades contrárias nas extremidades do fio de cobre.



Como os elétrons são negativos, são repelidos pela carga negativa e atraídos pela carga positiva.

Assim, saltam de órbita em órbita em direção à carga positiva, originando uma corrente elétrica no sentido do seu movimento.

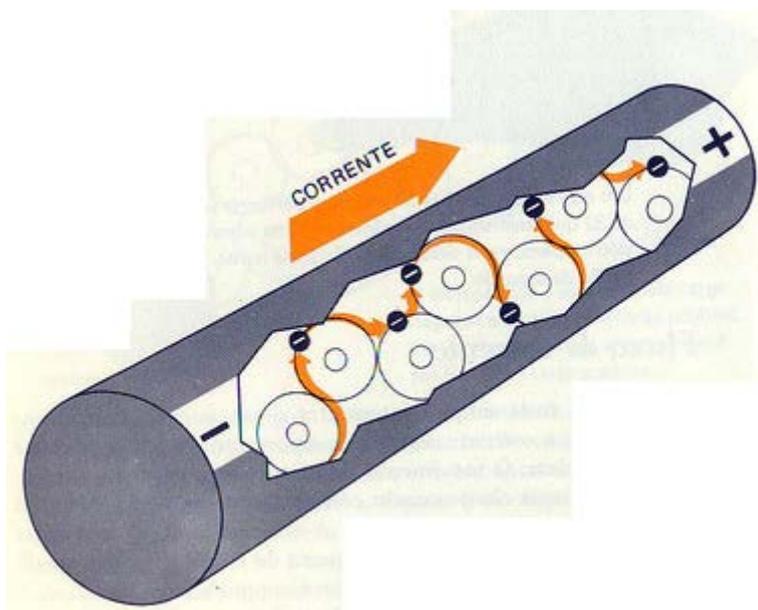
Quando ocorre o fluxo de corrente, podemos observar que as órbitas de valência dos elétrons do cobre se entrelaçam, permitindo assim que os elétrons encontrem muita facilidade para se moverem de um átomo para outro.

Observa-se também que o movimento não é retilíneo em direção da carga negativa para a positiva, porém, quando as cargas nos extremos do fio se tornam mais intensas, ocorrerá uma trajetória mais retilínea e uma movimentação desses elétrons com mais rapidez através do fio.

### **Fluxo de corrente:**

A corrente elétrica é, na realidade, o impulso da energia elétrica que um elétron transmite ao outro quando muda de órbita. Quando se aplica energia a um elétron e este abandona sua órbita, o mesmo deve se alojar na órbita de outro átomo.

À medida que cada elétron abandona sua órbita e penetra numa outra, ele repele o elétron aí existente e a ação se repete de átomo para átomo ao longo do condutor.

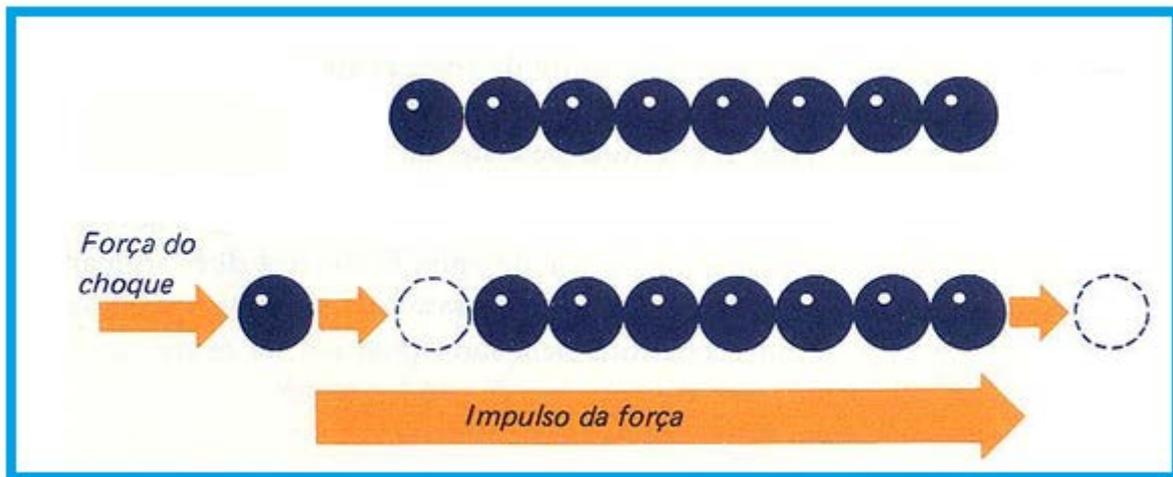


O impulso que é transmitido de um elétron para o elétron seguinte, constitui a corrente elétrica.

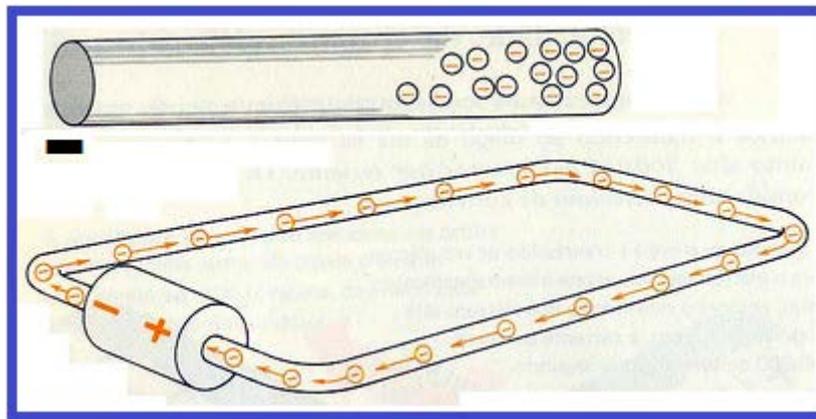
No entanto para que isso ocorra, é necessário aplicar nos extremos do fio cargas elétricas com polaridades opostas.

Uma analogia muito interessante para entender a corrente elétrica, é uma fila de bolas de aço.

Quando uma das bolas atinge uma das extremidades da fila, a força do choque é transmitida de uma bola para outra até que a bola da outra extremidade seja alcançada e dessa forma, a última bola é liberada quase que no mesmo instante em que a primeira é atingida.



Para que os elétrons livres fluam em um fio de cobre, torna-se necessária a aplicação de uma energia nas extremidades do fio, como por exemplo, uma pilha ou bateria.



Para cada elétron que entre no polo positivo da pilha, um elétron abandona o polo negativo da pilha.

Estabelece-se então um fluxo constante de elétrons que chamamos de *CIRCUITO FECHADO*.

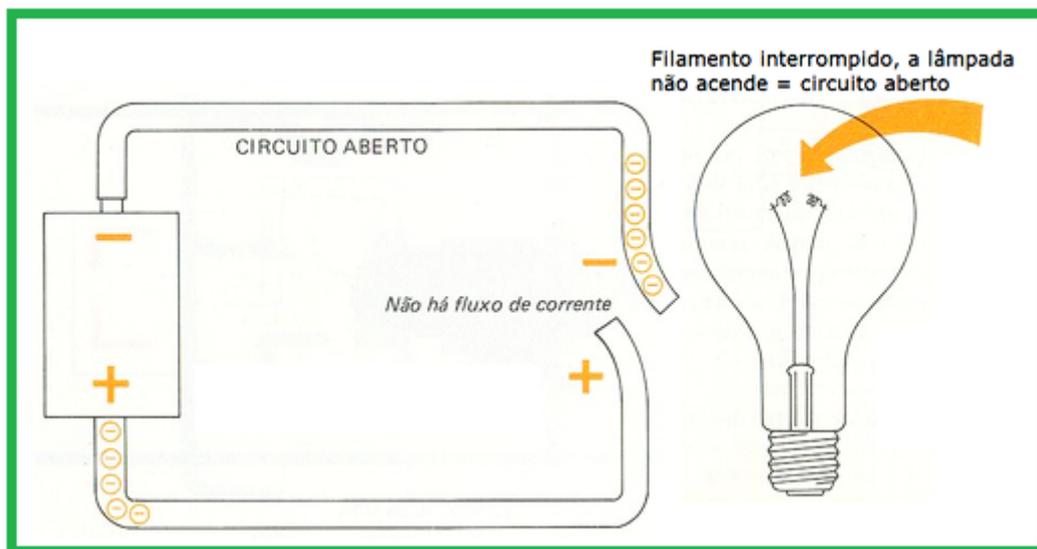
*A pilha neste caso é uma fonte de energia, que faz com que os elétrons se movimentem através do circuito.*

Então, para que haja corrente elétrica é necessário que o circuito seja fechado ou completo.

Se em qualquer ponto o fio de cobre estiver interrompido, os elétrons se acumularão nas extremidades do fio que estiver ligado ao polo negativo da pilha.

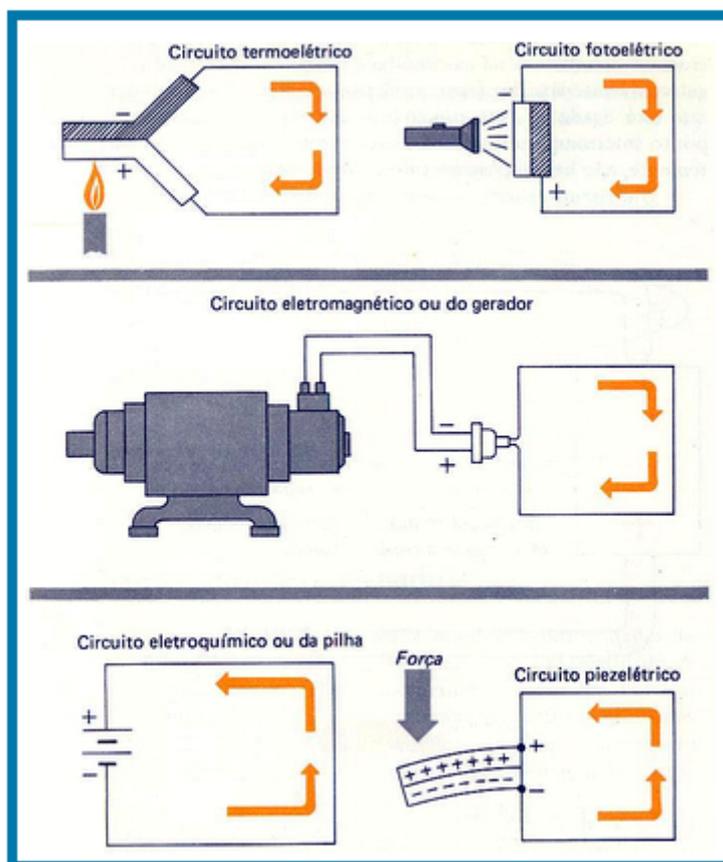
Como consequência não haverá mais o movimento de elétrons e isto caracteriza um *CIRCUITO ABERTO*.

Portanto, em um circuito aberto não ocorrerá fluxo de corrente elétrica e não haverá a realização de qualquer tipo de trabalho.



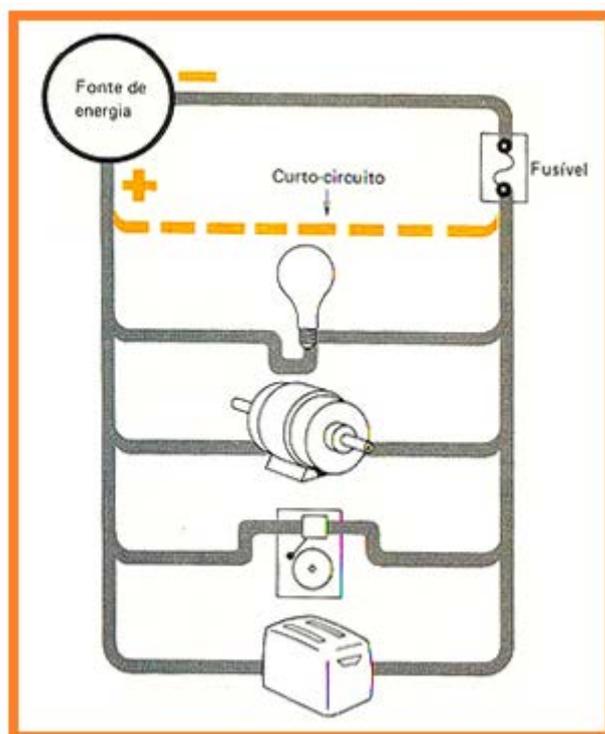
Se o filamento de uma lâmpada incandescente for interrompido, não circulará corrente e a lâmpada não acenderá.

A figura abaixo mostra a aplicação de fontes de energia (ou então, fonte de corrente elétrica) provocando um fluxo de corrente através de um fio, em circuito fechado.



### O curto circuito:

Veja a figura a seguir:



Observe que um fio condutor está interligando os terminais de uma fonte de energia, que pode ser uma pilha, bateria ou um gerador distante.

Com isso, toda a corrente circulará pelo fio provocando uma corrente muito maior do que a fonte de energia pode fornecer. Logo, qualquer equipamento interligado a essa fonte de energia não mais funcionará.

O fio condutor responsável pelo curto circuito se aquecerá, podendo chegar ao ponto de fusão.

Isto pode provocar estragos irreversíveis à fonte de energia e para a proteção da mesma, utiliza-se fusível de proteção, que são construídos para se fundirem quando a corrente ultrapassa os limites nele especificados.

## **UNIDADES DE MEDIDAS ELÉTRICAS:**

Para obtermos corrente elétrica são necessários:

1. Cargas elétricas para movimentar os elétrons livres
2. Um circuito fechado ou completo para permitir a passagem da corrente

A quantidade de carga elétrica aplicada em um circuito influi diretamente na quantidade de corrente produzida, ou seja, na capacidade de movimentar maior ou menor quantidade de elétrons livres.

A carga elétrica acumulada por um corpo é determinada pelo número de elétrons que ele ganha ou perde. Como a quantidade de elétrons que se movimenta é enorme, utilizamos uma unidade de carga chamada *coulomb*.

$$1 \text{ coulomb} = 6,28 \times 10^{18} \text{ elétrons}$$

1. Quando duas cargas possuem valores diferentes, fica estabelecida entre elas uma diferença de potencial (ddp), a força resultante entre elas é chamada de força eletromotriz, abreviadamente *fem*.
2. A unidade para indicar a intensidade da fem é o volt.
3. Quando uma diferença de potencial faz com que 1 coulomb de corrente produza 1 joule de trabalho a força eletromotriz (*fem*) é de 1 volt.

Uma pilha possui uma diferença de potencial (ddp) entre os seus terminais de 1,5V (valor típico); baterias de automóvel 12V; tensões residenciais 110V ou 220V, e assim por diante.

Mas o que isso significa?

Uma pilha de 1,5V, por exemplo, possui uma *fem* capaz de movimentar certa quantidade de elétrons em um circuito completo.

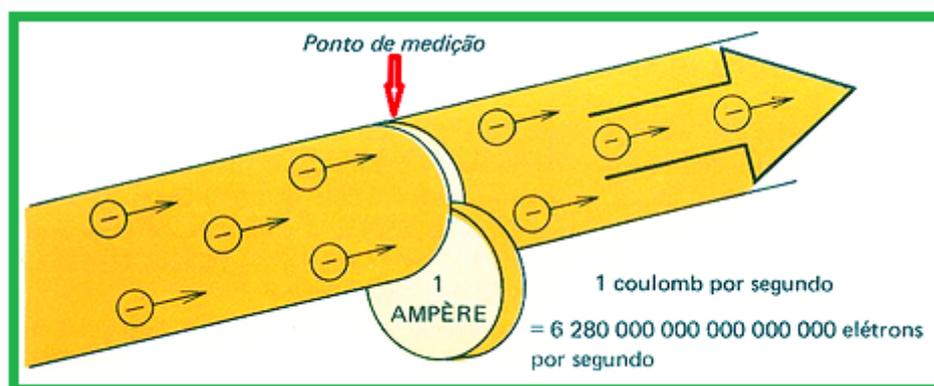
#### UNIDADE DE TENSÃO:

$$\text{Carga de 1 coulomb} = 6,28 \times 10^{18} \text{ elétrons}$$

$$\text{fem de 1 volt (V)} = 1 \text{ coulomb produzindo 1 joule de trabalho}$$

A intensidade de corrente através de um fio é determinada pelo número de elétrons que passa por um determinado ponto em um segundo.

Então se 1 coulomb passar por um determinado ponto de um condutor em 1 segundo, o fluxo de corrente será 1 ampère.



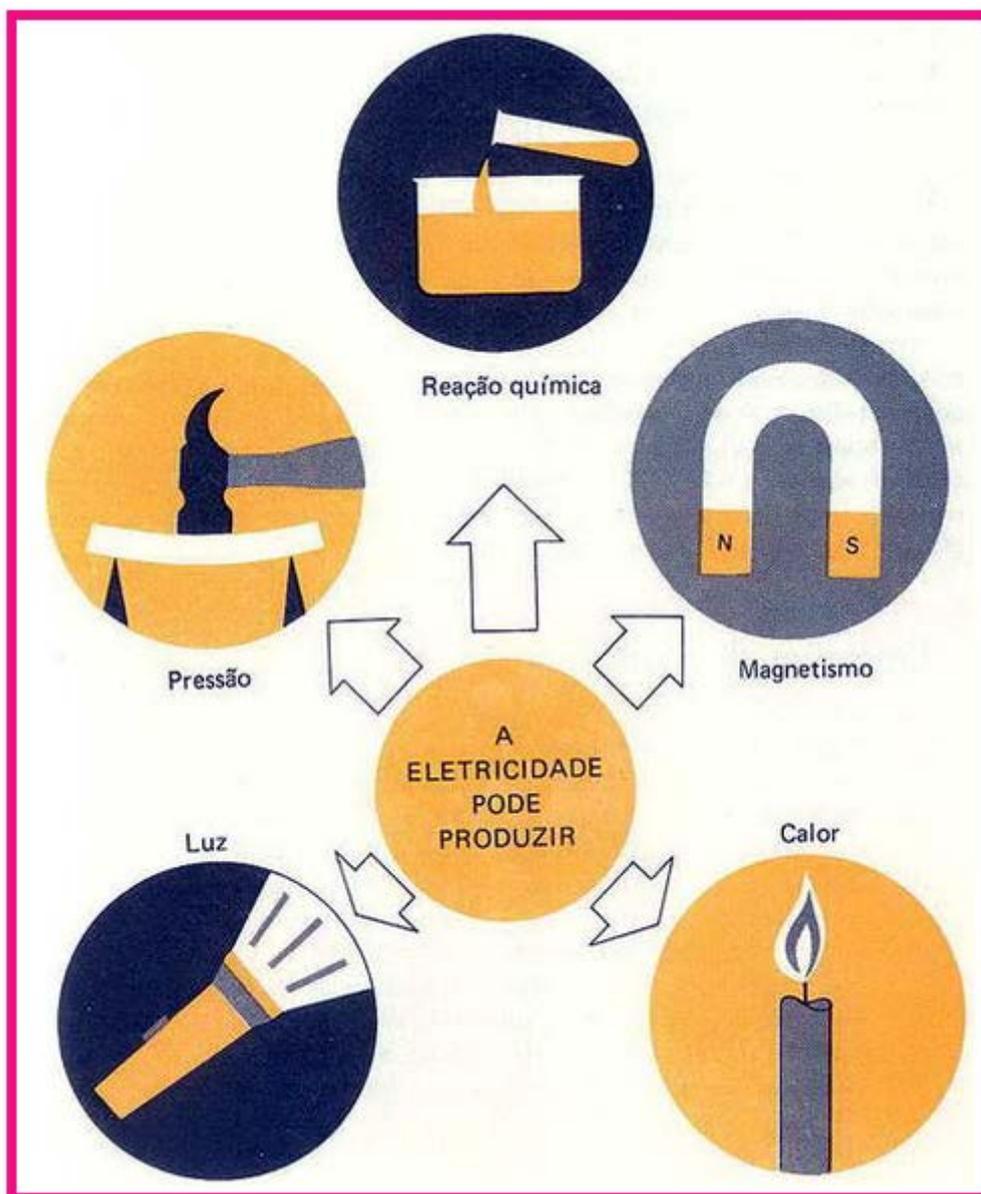
A unidade de medida da corrente elétrica é uma homenagem ao físico francês André-Marie Ampère (1775-1836).

#### UNIDADE DE CORRENTE:

$$1 \text{ ampère (A)} = 1 \text{ coulomb/segundo}$$

## OS EFEITOS DA ELETRICIDADE:

Excetuando o atrito, a eletricidade pode ser usada para produzir os mesmos efeitos que foram descritos logo no início deste capítulo.



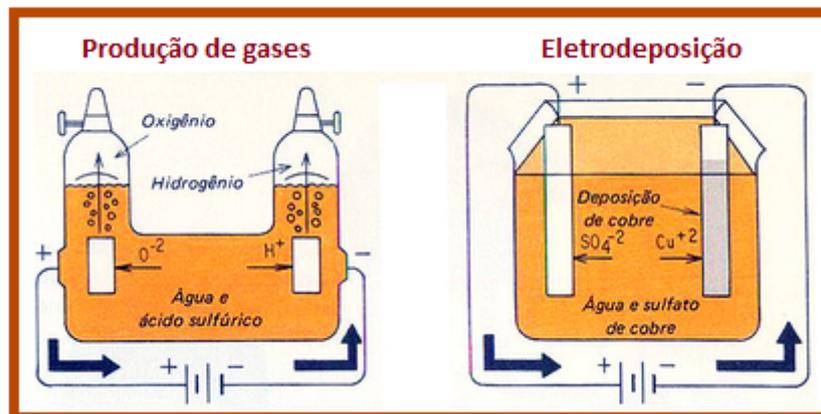
### Produzindo reação química pela eletricidade:

Considerando que a carga elétrica é a força básica que produz a ligação química dos compostos, um potencial elétrico ou uma corrente podem ser utilizados para a modificação de processos químicos.

Em eletroquímica esse fenômeno é denominado *eletrólise*.

Se fizermos passar uma corrente, através de uma solução composta por ácido sulfúrico e água, as moléculas de água ( $H_2O$ ) se separarão em átomos de oxigênio e hidrogênio. Os átomos de hidrogênio tornam-se íons positivos ( $H^+$ ) e os átomos de oxigênio, íons negativos ( $O^{2-}$ ).

Esses íons serão atraídos pelos eletrodos de polaridades opostas.



Na *eletrodeposição*, se dissolvermos sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ) em água, o sulfato se dividirá em íons positivos de cobre ( $Cu^{+2}$ ) e íons negativos de sulfato ( $SO_4^{-2}$ ).

Os íons de cobre irão para o eletrodo negativo e receberão elétrons, porém, se o eletrodo negativo for um metal, depois de algum tempo o mesmo estará recoberto por uma camada de cobre (deposição do cobre).

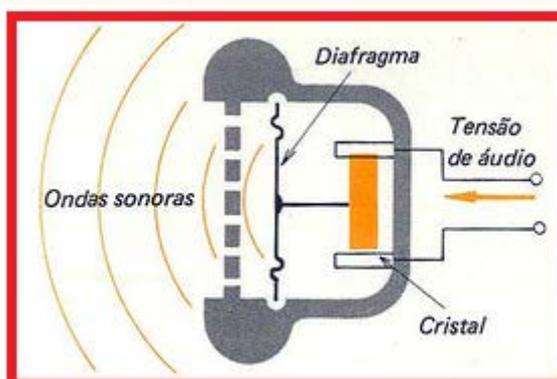
O processo da eletrodeposição é usado para recobrir metais com ouro e prata, por exemplo.

### Produzindo pressão pela eletricidade:

As figuras a seguir mostram duas aplicações:

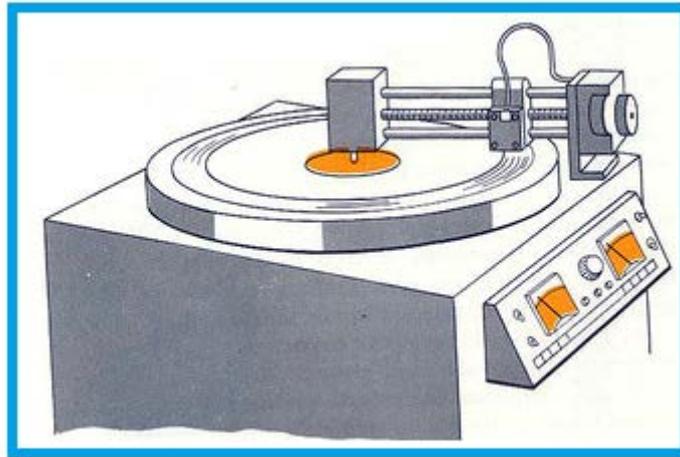
1) O buzzer ou sensor piezelétrico que ao receber uma tensão, produz o movimento de um diafragma.

O movimento de diafragma provocará o deslocamento do ar, que é traduzido como onda sonora. Os fones de ouvido a cristal funcionam da mesma maneira.



O cristal mais utilizado para essa finalidade é o Sal de Rochelle. Uma tensão elétrica aplicada ao mesmo exercerá uma pressão piezelétrica sobre a estrutura do cristal e modificará o seu formato.

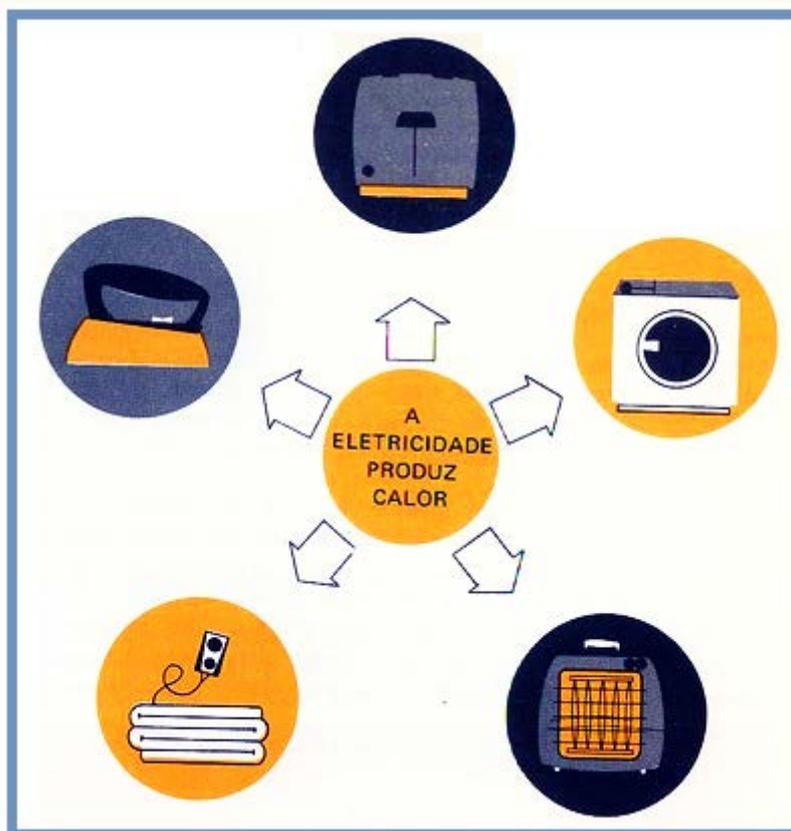
Esse processo também é usado para gravar discos fonográficos.



2) A figura acima mostra um gravador de discos fonográficos. A cabeça do cristal sofrerá uma flexão ou torção quando nela for aplicada uma tensão.

O movimento resultante é transmitido a um estilete cortante que produzirá o sulco sobre o disco, onde normalmente utiliza-se o vinil como matéria prima.

### **Produção de calor pela eletricidade:**



Sabemos que a corrente elétrica flui com mais facilidade em um fio com condutor como, por exemplo, o cobre.

Mesmo no fio do cobre, quando a sua capacidade de movimentar corrente é excedida, ocorre algum tipo de calor, podendo às vezes chegar ao ponto de fusão.

Como o cobre é um bom condutor de eletricidade, a dissipação de calor pelo mesmo é bem menor, em condições normais, comparando-se a outro tipo de material metálico como o níquel-cromo.

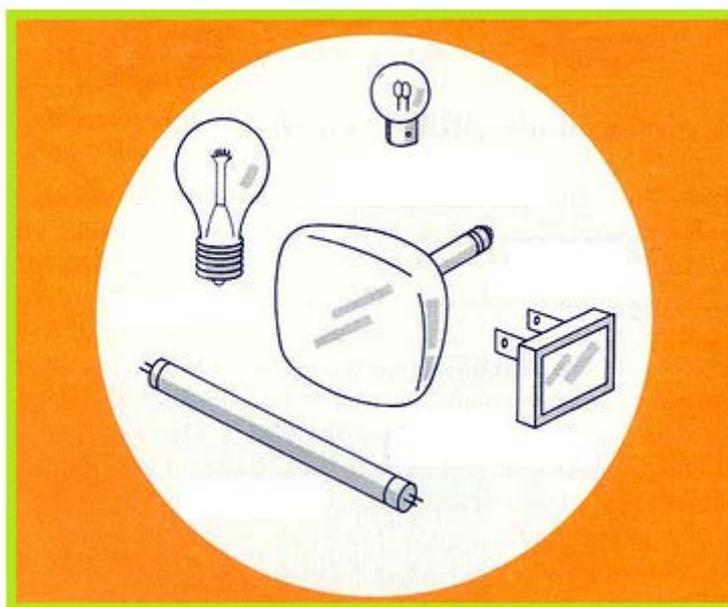
O níquel-cromo produz uma grande quantidade de calor, quando por ele circula uma corrente, em virtude de que ele é cerca de 60 vezes menos condutor do que o cobre.

Então o efeito térmico produzido pelo níquel-cromo pode ser utilizado em muitos aparelhos eletrodomésticos, como ferro de passar, torradeira, secadores, aquecedores, secadoras de roupa, etc.

### **Produção de luz pela eletricidade:**

O exemplo mais comum é a lâmpada incandescente, cujo filamento geralmente de tungstênio, aquece tanto que produz energia luminosa.

A lâmpada incandescente tem a desvantagem de produzir muita energia térmica, a qual não é aproveitada para iluminação. Uma lâmpada de 100W produz uma quantidade de energia térmica muito grande ao ponto de provocar queimaduras graves se sua superfície for tocada após alguns minutos de funcionamento.



No entanto, existem outras formas de produzir luz (ou energia luminosa) através da eletricidade, sem gerar muito calor.

1) Eletroluminescência: é produzida por alguns materiais sólidos (eletrodos) quando envoltos em gás, dentro de um invólucro submetido ao vácuo.

É o caso de gases do tipo neon, argônio, vapor de mercúrio, etc. Letreiros luminosos utilizam muito o gás neon.

2) Fosforescência: ocorre quando um feixe de elétrons se choca com uma superfície em que está recoberta com fósforo ou outro tipo de material similar. É o caso do tubo de raios catódicos usados em osciloscópios.

O cinescópio de um televisor funciona também dessa maneira.

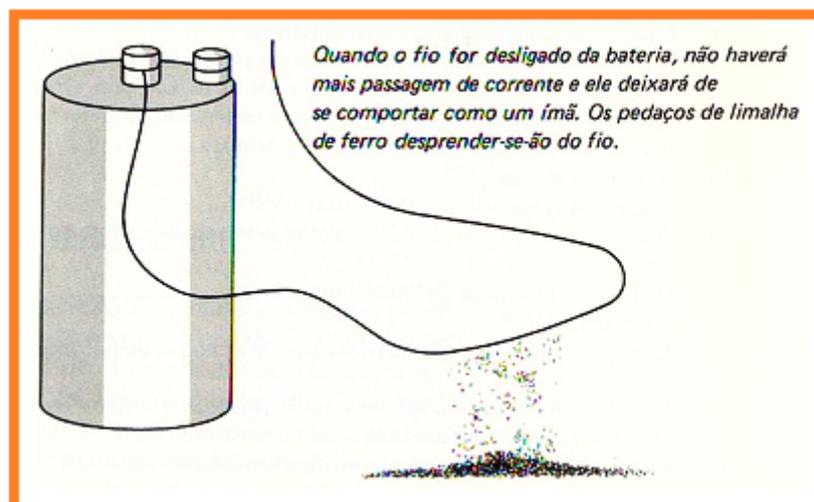
3) Fluorescência: na realidade é uma combinação da eletroluminescência e da fosforescência.

Um exemplo comum é a lâmpada de mercúrio. Dentro dela, no vácuo, o gás vapor de mercúrio conduz corrente quando ionizado, emitindo radiação ultravioleta.

Essa radiação atinge uma superfície de vidro coberta com camada fosforescente e emite a luz branca. A lâmpada fluorescente tem o mesmo princípio de funcionamento.

### **Produção de magnetismo pela eletricidade:**

Da mesma forma que o magnetismo pode gerar eletricidade, a eletricidade pode produzir magnetismo.



Todo condutor pelo qual circula uma corrente elétrica, se comporta como um ímã, fenômeno esse conhecido como *eletromagnetismo*.