

# Eletricidade Automotiva Básica

**Material didático elaborado pelo SENAI/SP,  
utilizado como apóio para o curso a distância  
em parceria com a Robert Bosch Limitada**

## Sumário

- Composição da matéria
  - Matéria
  - Molécula
  - Átomo
    - Constituição do átomo
    - Íons
- Tipos de eletricidade
- Fundamentos da eletrostática
- Energia e trabalho
  - Conservação de energia
  - Unidades de medida de energia
- Princípios de eletrostática e eletrodinâmica
  - Tipos de eletricidade
  - Eletrostática
    - Descargas elétricas
    - Relação entre desequilíbrio e potencial elétrico
  - Diferença de potencial
  - Eletrodinâmica
    - Potencial elétrico
    - Trabalho elétrico
- Fontes geradoras de energia elétrica
  - Geração da energia elétrica por ação térmica
  - Geração de energia elétrica por ação de luz
  - Geração de energia elétrica por ação mecânica
  - Geração de energia elétrica por ação química
  - Geração de energia elétrica por ação magnética
- Grandezas Elétricas
  - Tensão Elétrica
    - Unidade de medida de tensão elétrica
  - Corrente elétrica
    - Unidade de medida de corrente
    - O sentido da corrente no circuito elétrico
- Resistência elétrica
  - Unidade de medida de resistência elétrica
- Potência Elétrica
  - Unidade de medida da potência elétrica
- Fontes de tensão
  - Tensão contínua
    - Gráfico: Tensão CC x Tempo
  - Tensão Alternada
    - Característica da tensão alternada
    - Forma de Onda
    - Ciclo
    - Período
    - Frequência
    - Relação entre período e frequência
- Circuito elétrico
  - Componentes do circuito elétrico
    - Fonte geradora
    - O interruptor no circuito elétrico
    - Condutores
    - Carga
  - Simbologia dos componentes de um circuito
  - O interruptor em um circuito elétrico
- Tipos de circuitos elétricos
  - Circuito série
    - Característica do circuito série
  - Circuito paralelo
    - Características do circuito paralelo
  - Circuito misto
    - Características do circuito
- Leis de Ohm
  - 1° Lei de Ohm
  - 2° Lei de Ohm
  - Resistividade elétrica
- Multímetro
  - Características do multímetro digital

## Composição da matéria

### Matéria

**Matéria** é tudo aquilo que nos cerca e que ocupa um lugar no espaço. Ela se apresenta em porções limitadas que recebem o nome de corpos. Estes podem ser simples ou compostos.

### Observação

Existem coisas com as quais temos contato na vida diária que não ocupam lugar no espaço, não sendo, portanto, matéria. Exemplos desses fenômenos são o som, o calor e a eletricidade.

Corpos simples são aqueles formados por um único átomo. São também chamados de elementos. O ouro, o cobre, o hidrogênio são exemplos de elementos.

Corpos compostos são aqueles formados por uma combinação de dois ou mais elementos. São exemplos de corpos compostos o cloreto de sódio (ou sal de cozinha) que é formado pela combinação de cloro e sódio, e a água, formada pela combinação de oxigênio e hidrogênio.

A matéria e, conseqüentemente, os corpos compõem-se de moléculas e átomos.

### Molécula

**Molécula** é a menor partícula em que se pode dividir uma substância de modo que ela mantenha as mesmas características da substância que a originou.

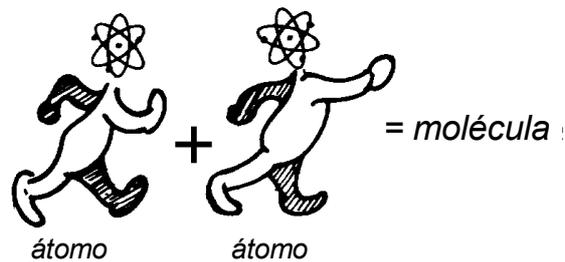
Tomemos como exemplo uma gota de água: se ela for dividida continuamente, tornar-se-á cada vez menor, até chegarmos à menor partícula que conserva as características da água, ou seja, a molécula de água. Veja, na ilustração a seguir, a representação de uma molécula de água.



As moléculas se formam porque, na natureza, todos os elementos que compõem a matéria tendem a procurar um equilíbrio elétrico.

### Átomo

Os animais, as plantas, as rochas, as águas dos rios, lagos e oceanos e tudo o que nos cerca é composto de átomos. O **átomo** é a menor partícula em que se pode dividir um elemento e que, ainda assim, conserva as propriedades físicas e químicas desse elemento.



### Observação

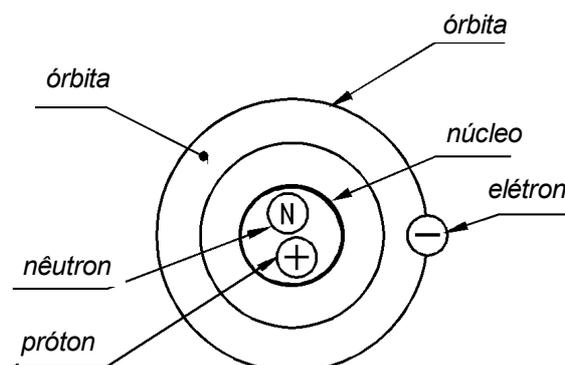
Os átomos são tão pequenos que, se forem colocados 100 milhões deles um ao lado do outro, formarão uma reta de apenas 10 mm de comprimento.

O átomo é formado de numerosas partículas. Todavia, estudaremos somente aquelas que mais interessam à teoria eletroeletrônica. Existem átomos de materiais como o cobre, o alumínio, o neônio, o xenônio, por exemplo, que já apresentam o equilíbrio elétrico, não precisando juntar-se a outros átomos. Esses átomos, sozinhos, são considerados moléculas também.

### Constituição do átomo

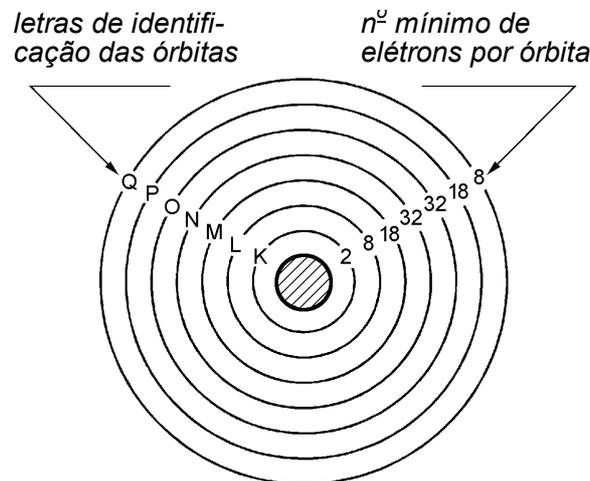
O átomo é formado por uma parte central chamada núcleo e uma parte periférica formada pelos elétrons e denominada eletrosfera.

O núcleo é constituído por dois tipos de partículas: os prótons, com carga positiva, e os nêutrons, que são eletricamente neutros. Veja a representação esquemática de um átomo na ilustração a seguir.



Os prótons, juntamente com os nêutrons, são os responsáveis pela parte mais pesada do átomo. Os elétrons possuem carga negativa. Como os planetas do sistema solar, eles giram na eletrosfera ao redor do núcleo, descrevendo trajetórias que se chamam órbitas.

Na eletrosfera os elétrons estão distribuídos em camadas ou níveis energéticos. De acordo com o número de elétrons, ela pode apresentar de 1 a 7 níveis energéticos, denominados K, L, M, N, O, P e Q.



Os átomos podem ter uma ou várias órbitas, dependendo do seu número de elétrons. Cada órbita contém um número específico de elétrons.

A distribuição dos elétrons nas diversas camadas obedece a regras definidas. A regra mais importante para a área eletroeletrônica refere-se ao nível energético mais distante do núcleo, ou seja, a camada externa: o número máximo de elétrons nessa camada é de oito elétrons.

Os elétrons da órbita externa são chamados elétrons livres, pois têm uma certa facilidade de se desprenderem de seus átomos. Todas as reações químicas e elétricas acontecem nessa camada externa, chamada de nível ou camada de valência.

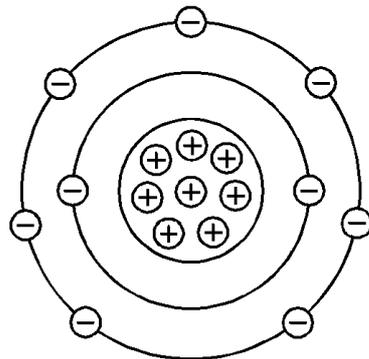
A teoria eletrônica estuda o átomo só no aspecto da sua eletrosfera, ou seja, sua região periférica ou orbital.

## Íons

No seu estado natural, o átomo possui o número de prótons igual ao número de elétrons. Nessa condição, dizemos que o átomo está em equilíbrio ou eletricamente neutro.

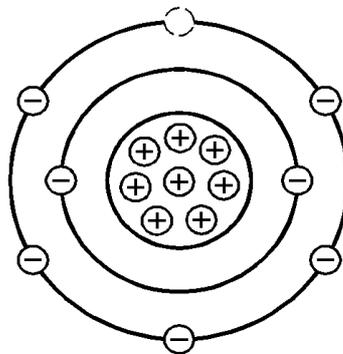
O átomo está em desequilíbrio quando tem o número de elétrons maior ou menor que o número de prótons. Esse desequilíbrio é causado sempre por forças externas que podem ser magnéticas, térmicas ou químicas. O átomo em desequilíbrio é chamado de íon.

O íon pode ser negativo ou positivo. Os íons negativos são os ânions e os íons positivos são os cátions. Íons negativos, ou seja, ânions, são átomos que receberam elétrons.



Prótons = +8  
Elétrons = -9<sub>-</sub>  
Resultado = -1<sub>-</sub>

Íons positivos, ou seja, cátions, são átomos que perderam elétrons.



Prótons = +8  
Elétrons = -7<sub>-</sub>  
Resultado = +1<sub>+</sub>

A transformação de um átomo em íon ocorre devido a forças externas ao próprio átomo. Uma vez cessada a causa externa que originou o íon, a tendência natural do átomo é atingir o equilíbrio elétrico. Para atingir esse equilíbrio, ele cede elétrons que estão em excesso ou recupera os elétrons em falta.

## Tipos de eletricidade

A eletricidade é uma forma de energia que faz parte da constituição da matéria. Existe, portanto, em todos os corpos.

O estudo da eletricidade é organizado em dois campos: a eletrostática e a eletrodinâmica.

**Eletrostática** é a parte da eletricidade que estuda a eletricidade estática. Dá-se o nome de eletricidade estática à eletricidade produzida por cargas elétricas em repouso em um corpo. Na eletricidade estática, estudamos as propriedades e a ação mútua das cargas elétricas em repouso nos corpos eletrizados.

## Fundamentos da eletrostática

Quando ligamos um aparelho de televisão, rádio ou máquina de calcular, estamos utilizando eletricidade. Como veremos, a eletricidade é uma forma de energia que está presente em tudo o que existe na natureza.

Para compreender o que são os fenômenos elétricos e suas aplicações, estudaremos o que é eletricidade estática; o que é tensão, suas unidades de medida e as fontes geradoras de tensão.

Para estudar este capítulo com mais facilidade, você deve ter bons conhecimentos anteriores sobre o comportamento do átomo e suas partículas.

## Energia e trabalho

A energia está sempre associada a um trabalho. Por isso, dizemos que energia é a capacidade que um corpo possui de realizar um trabalho. Como exemplo de energia, pode-se citar uma mola comprimida ou estendida, e a água, represada ou corrente.

Assim como há vários modos de realizar um trabalho, também há várias formas de energia. Nesse curso, falaremos mais sobre a energia elétrica e seus efeitos, porém devemos ter conhecimentos sobre outras formas de energia.

Dentre as muitas formas de energia que existem, podemos citar:

- Energia potencial;
- Energia cinética;
- Energia mecânica;
- Energia térmica;
- Energia química;
- Energia elétrica.

A **energia é potencial** quando se encontra em repouso, ou seja, armazenada em um determinado corpo. Como exemplo de energia potencial, pode-se citar um veículo no topo de uma ladeira e a água de uma represa.

A **energia cinética** é a consequência do movimento de um corpo. Como exemplos de energia cinética pode-se citar um esquiatista em velocidade que aproveita a energia cinética para subir uma rampa ou a abertura das comportas de uma represa que faz girarem as turbinas dos geradores das hidroelétricas.

A **energia mecânica** é a soma da energia potencial com a energia cinética presentes em um determinado corpo. Ela se manifesta pela produção de um trabalho mecânico, ou seja, o deslocamento de um corpo. Como exemplo de energia mecânica podemos citar um operário empurrando um carrinho ou um torno em movimento.

A **energia térmica** se manifesta através da variação da temperatura nos corpos. A máquina a vapor, que usa o calor para aquecer a água transformando-a em vapor que acionará os pistões, pode ser citada como exemplo de energia térmica.

A **energia química** manifesta-se quando certos corpos são postos em contato, proporcionando reações químicas. O exemplo mais comum de energia química é a pilha elétrica.

A **energia elétrica** manifesta-se por seus efeitos magnéticos, térmicos, luminosos, químicos e fisiológicos. Como exemplo desses efeitos, podemos citar:

- A rotação de um motor (efeito magnético), aquecimento de uma resistência para esquentar a água do chuveiro (efeito térmico),
- A luz de uma lâmpada (efeito luminoso),
- A eletrólise da água (efeito químico),
- A contração muscular de um organismo vivo ao levar um choque elétrico (efeito fisiológico).

## Conservação de energia

A energia não pode ser criada, nem destruída. Ela nunca desaparece, apenas se transforma, ou seja, passa de uma forma de energia para outra.

Há vários tipos de transformação de energia e vamos citar os mais comuns: transformação de energia química em energia elétrica por meio da utilização de baterias ou acumuladores que, por meio de uma reação química geram ou armazenam energia elétrica.

Transformação de energia mecânica em energia elétrica, quando a água de uma represa flui através das comportas e aciona as turbinas dos geradores da hidroelétrica.

Transformação de energia elétrica em mecânica que acontece nos motores elétricos que, ao receberem a energia elétrica em seu enrolamento, transformam-na em energia mecânica pela rotação de seu eixo.

## Unidades de medida de energia

Para melhor conhecermos as grandezas físicas, é necessário medi-las. Há grandezas cuja medição é muito simples. Por exemplo, para se medir o comprimento, basta apenas uma régua ou uma trena. Outras grandezas, porém exigem aparelhos complexos para sua medição.

As unidades de medida das grandezas físicas são agrupadas em sistemas de unidades onde as medidas foram reunidas e padronizadas no Sistema Internacional de Unidades, abreviado para a sigla SI.

A unidade de medida de energia é chamada joule, representada pela letra J, e corresponde ao trabalho realizado por uma força constante de um newton (unidade de medida de força) que desloca seu ponto de aplicação de um metro na sua direção.

As grandezas formadas com prefixos SI têm múltiplos e submúltiplos. Os principais são apresentados na tabela a seguir.

Prefixo SI	Símbolo	Fator multiplicador
Giga	G	$10^{+9} = 1.000.000.000$
Mega	M	$10^{+6} = 1.000.000$
Quilo	K	$10^{+3} = 1.000$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	$\mu$	$10^{-6} = 0,000.001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000.000.001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000.000.000.001$

## Princípios de eletrostática e eletrodinâmica

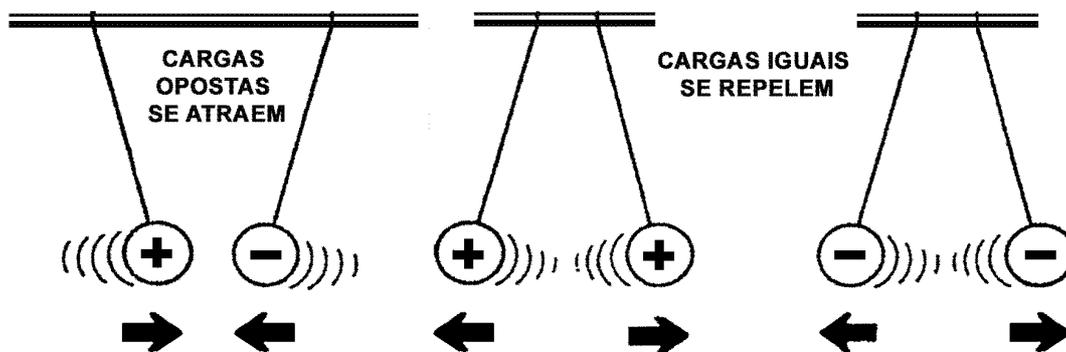
### Tipos de eletricidade

A eletricidade é uma forma de energia que faz parte da constituição da matéria. Existe, portanto, em todos os corpos. O estudo da eletricidade é organizado em dois campos: a eletrostática e a eletrodinâmica.

### Eletrostática

Eletrostática é a parte da eletricidade que estuda a eletricidade estática. Dá-se o nome de eletricidade estática à eletricidade produzida por cargas elétricas em repouso em um corpo. Na eletricidade estática, estudamos as propriedades e a ação mútua das cargas elétricas em repouso nos corpos eletrizados.

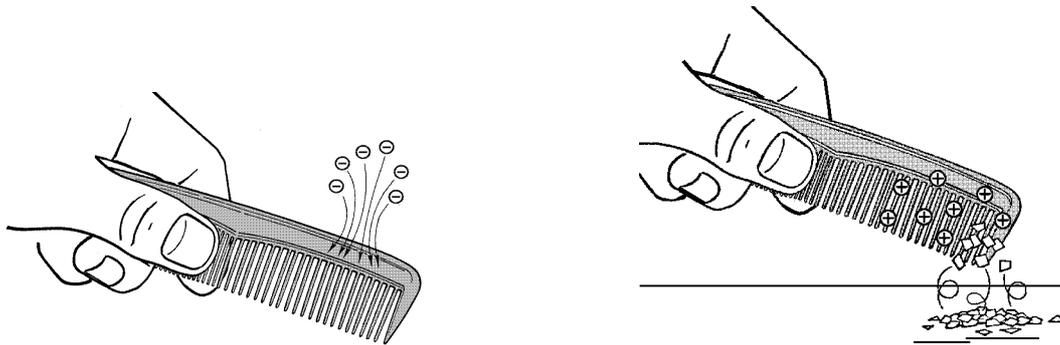
Um corpo se eletriza negativamente quando ganha elétrons e positivamente quando perde elétrons. Entre corpos eletrizados, ocorre o efeito da atração quando a carga elétrica tem sinais contrários. O efeito repulsão acontece quando as cargas elétricas dos corpos eletrizados têm sinais iguais.



No estado natural, qualquer porção de matéria é eletricamente neutra. Isso significa que, se nenhum agente externo atuar sobre uma determinada porção de matéria, o número total de prótons e elétrons dos seus átomos será igual. Essa condição de equilíbrio elétrico natural da matéria pode ser desfeita, de forma que um corpo deixe de ser neutro e fique carregado eletricamente.

O processo pelo qual se faz com que um corpo eletricamente neutro fique carregado é chamado de eletrização. A maneira mais comum de se provocar eletrização é por meio de atrito. Quando se usa um pente, por exemplo, o atrito provoca uma eletrização positiva do pente, isto é, o pente perde elétrons.

Ao aproximarmos o pente eletrizado positivamente de pequenos pedaços de papel, estes são atraídos momentaneamente pelo pente, comprovando a existência da eletrização.

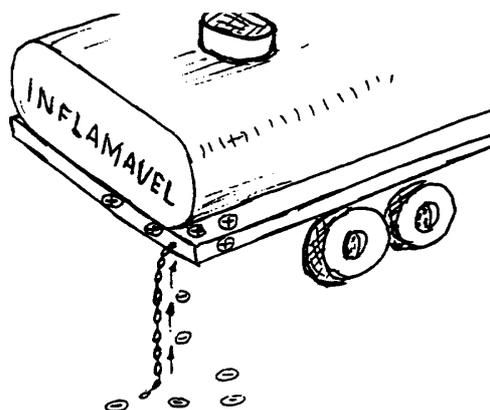


A eletrização pode ainda ser obtida por outros processos como, por exemplo, por contato ou por indução. Em qualquer processo, contudo, obtêm-se corpos carregados eletricamente.

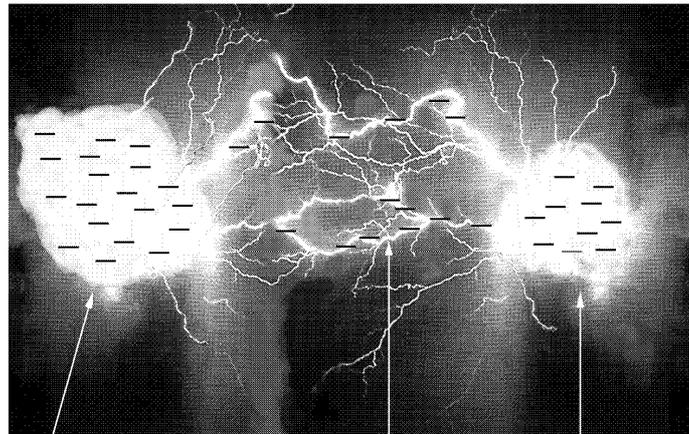
### Descargas elétricas

Sempre que dois corpos com cargas elétricas contrárias são colocados próximos um do outro, em condições favoráveis, o excesso de elétrons de um deles é atraído na direção daquele que está com falta de elétrons, sob a forma de uma descarga elétrica. Essa descarga pode se dar por contato ou por arco.

Um bom exemplo de descarga elétrica por contato é o uso das correntes ligadas às carrocerias dos caminhões que transportam líquidos inflamáveis. O atrito da carga contra as paredes do tanque causa o acúmulo da carga que pode resultar numa faísca. Assim, a função das correntes que tocam o chão é permitir a descarga da eletricidade estática acumulada.



Quando dois materiais possuem grande diferença de cargas elétrica, negativa pode passar de um material para o outro pelo ar. Essa é a descarga elétrica por arco. O raio, em uma tempestade, é um bom exemplo de descarga por arco.

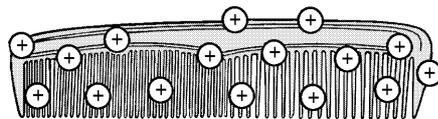

 nuvem com  
excesso de elétrons

descarga elétrica

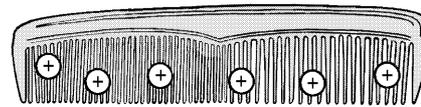
 nuvem com  
poucos elétrons

### Relação entre desequilíbrio e potencial elétrico

Por meio dos processos de eletrização, é possível fazer com que os corpos fiquem intensamente ou fracamente eletrizados. Um pente fortemente atritado fica intensamente eletrizado. Se ele for fracamente atritado, sua eletrização será fraca.

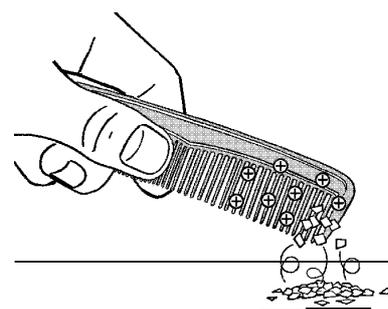
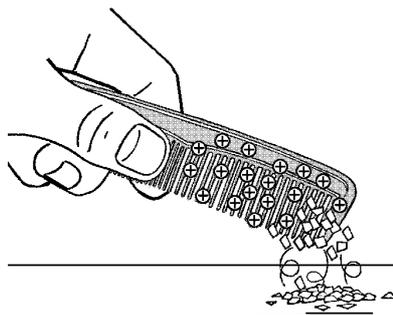


intensa eletrização

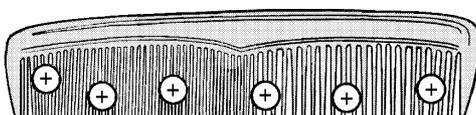
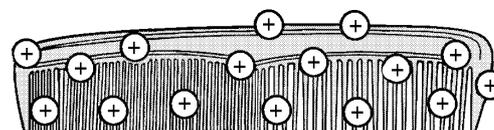


fraca eletrização

O pente intensamente atritado tem maior capacidade de realizar trabalho, porque é capaz de atrair maior quantidade de partículas de papel.



Como a maior capacidade de realizar um trabalho significa maior potencial, conclui-se que o pente intensamente eletrizado tem maior potencial elétrico.

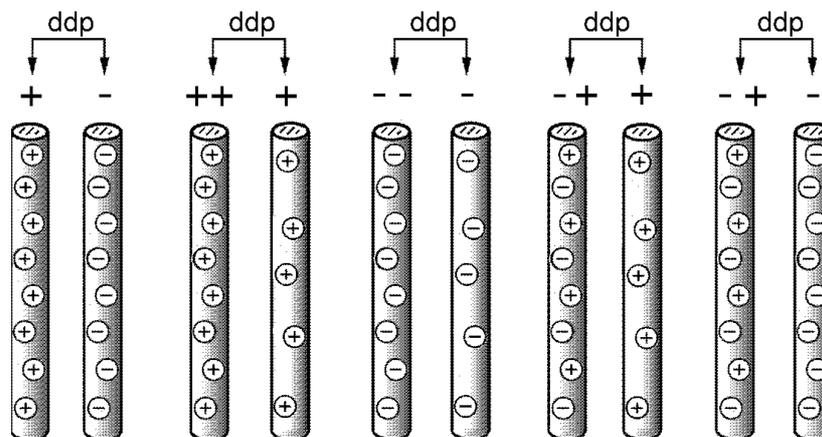
 potencial elétrico  
menor

 potencial elétrico  
maior


O potencial elétrico de um corpo depende diretamente do desequilíbrio elétrico existente nesse corpo. Assim, um corpo que tenha um desequilíbrio elétrico duas vezes maior que outro, tem um potencial elétrico duas vezes maior.

## Diferença de potencial

Quando se compara o trabalho realizado por dois corpos eletrizados, automaticamente está se comparando aos seus potenciais elétricos. A diferença entre os trabalhos expressa diretamente a diferença de potencial elétrico entre esses dois corpos.

A diferença de potencial (abreviada para ddp) existe entre corpos eletrizados com cargas diferentes ou com o mesmo tipo de carga.



É importante notar que a diferença de potencial, também denominada de tensão elétrica, é importantíssima nos estudos relacionados à eletroeletrônica.

### Observação

No campo da eletroeletrônica, utiliza-se exclusivamente a palavra tensão para indicar a ddp ou tensão elétrica.

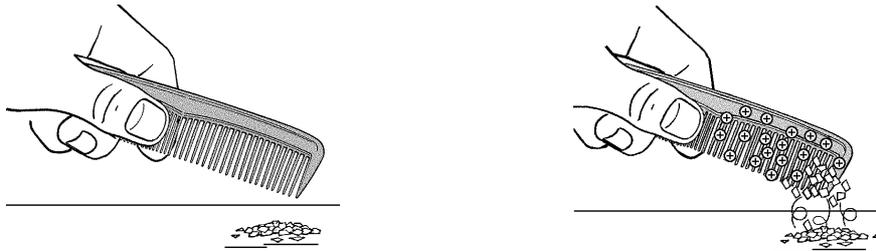
## Eletrodinâmica

Como já vimos, a eletrostática é a parte da eletricidade que estuda a eletricidade estática. Esta, por sua vez, refere-se às cargas armazenadas em um corpo, ou seja, sua energia potencial. Por outro lado, a eletrodinâmica estuda a eletricidade dinâmica que se refere ao movimento dos elétrons livres de um átomo para outro.

Para haver movimento dos elétrons livres em um corpo, é necessário aplicar nesse corpo tensão elétrica. Essa tensão resulta na formação de um polo com excesso de elétrons denominado de polo negativo e de outro com falta de elétrons denominado de polo positivo. Essa tensão é fornecida por uma fonte geradora de eletricidade.

## Potencial elétrico

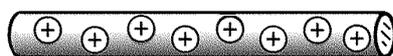
Tomando-se um pente que não tenha sido atritado, ou seja, sem eletricidade estática, e, aproximando-o de pequenas partículas de papel, não ocorre nenhum fenômeno. Entretanto, se o pente for eletrizado, ao aproximá-lo das partículas de papel estas serão atraídas pelo pente. Isto significa que o pente carregado tem capacidade de realizar o trabalho de movimentar o papel.



Quando um corpo adquire capacidade de realizar um trabalho diz-se que este corpo tem um potencial. Como no caso do pente a capacidade de realizar o trabalho se deve a um desequilíbrio elétrico seu potencial é denominado de **potencial elétrico**.

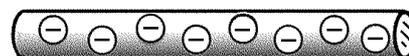
Qualquer corpo eletrizado tem capacidade para realizar um trabalho, de forma que se pode afirmar: Todo o corpo eletrizado apresenta um potencial elétrico.

A afirmação também é válida para corpos eletrizados negativamente. Os corpos eletrizados positivamente têm potencial elétrico positivo e os corpos eletrizados negativamente tem potencial elétrico negativo.



Bastão de plástico

*Potencial elétrico positivo*



Bastão de vidro

*Potencial elétrico negativo*

## Trabalho elétrico

Os circuitos elétricos são montados visando ao aproveitamento da energia elétrica. Nesses circuitos a energia elétrica é convertida em calor, luz e movimento. Isso significa que o trabalho elétrico pode gerar os seguintes efeitos:

- **Efeito calorífico** - Nos fogões, chuveiros, aquecedores, a energia elétrica converte-se em calor.
- **Efeito luminoso** - Nas lâmpadas, a energia elétrica converte-se em luz (e também uma parcela em calor).
- **Efeito mecânico** - Os motores convertem energia elétrica em força motriz, ou seja, em movimento.

## Fontes geradoras de energia elétrica

A existência da tensão é condição fundamental para o funcionamento de todos os aparelhos elétricos. As fontes geradoras são os meios pelos quais se pode fornecer a tensão necessária ao funcionamento desses consumidores.

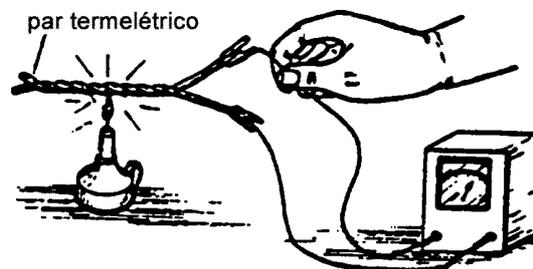
Essas fontes geram energia elétrica de vários modos:

- Por ação térmica (calor);
- Por ação da luz;
- Por ação mecânica (fricção e pressão);
- Por ação química;
- Por ação magnética.

### Geração da energia elétrica por ação térmica

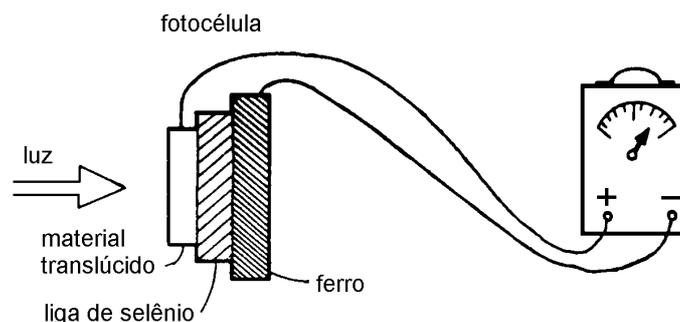
Pode-se obter energia elétrica por meio do aquecimento direto da junção de dois metais diferentes. Por exemplo, se um fio de cobre e outro de constantan (liga de cobre e níquel) forem unidos por uma de suas extremidades e se esses fios forem aquecidos nessa junção, aparecerá uma tensão elétrica nas outras extremidades.

Isso acontece porque o aumento da temperatura acelera a movimentação dos elétrons livres e faz com que eles passem de um material para o outro, causando uma diferença de potencial. A medida que aumentamos a temperatura na junção, aumenta também o valor da tensão elétrica na outra extremidade. Esse tipo de geração de energia elétrica por ação térmica é utilizado num dispositivo chamado **par termelétrico** que é usado como elemento sensor nos pirômetros que são aparelhos usados para medir temperatura de fornos industriais.



### Geração de energia elétrica por ação de luz

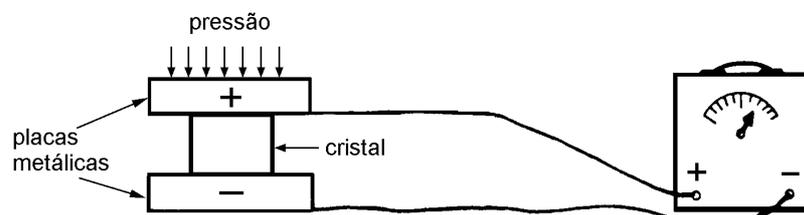
Para se gerar energia elétrica por ação de luz, utiliza-se o efeito fotoelétrico. Esse efeito ocorre quando irradiações luminosas atingem o fotoelemento. Isso faz com que os elétrons livres da camada semicondutora se desloquem até seu anel metálico.



Dessa forma, o anel se torna negativo e a placa base, positiva. Enquanto dura a incidência da luz, uma tensão aparece entre as placas. O uso mais comum desse tipo de célula fotoelétrica é no armazenamento de energia elétrica em acumuladores e baterias solares.

### Geração de energia elétrica por ação mecânica

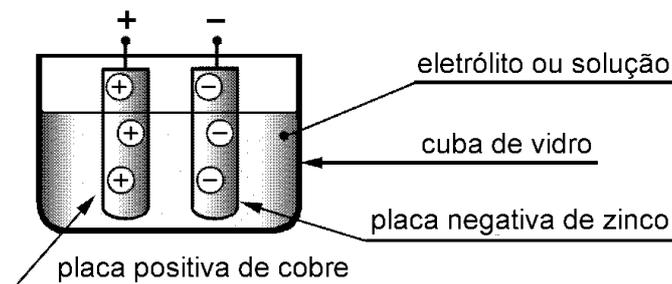
Alguns cristais, como o quartzo, a turmalina e os sais Rochelle, quando submetidos a ações mecânicas como compressão e torção, desenvolvem uma diferença potencial. Se um cristal de um desses materiais for colocado entre duas placas metálicas e sobre elas for aplicada uma variação de pressão, obteremos uma ddp produzida por essa variação. O valor da diferença de potencial dependerá da pressão exercida sobre o conjunto.



Os cristais como fonte de energia elétrica são largamente usados em equipamentos de pequena potência como toca-discos, por exemplo. Outros exemplos são os isqueiros chamados de “eletrônicos” e os acendedores do tipo Magiclick.

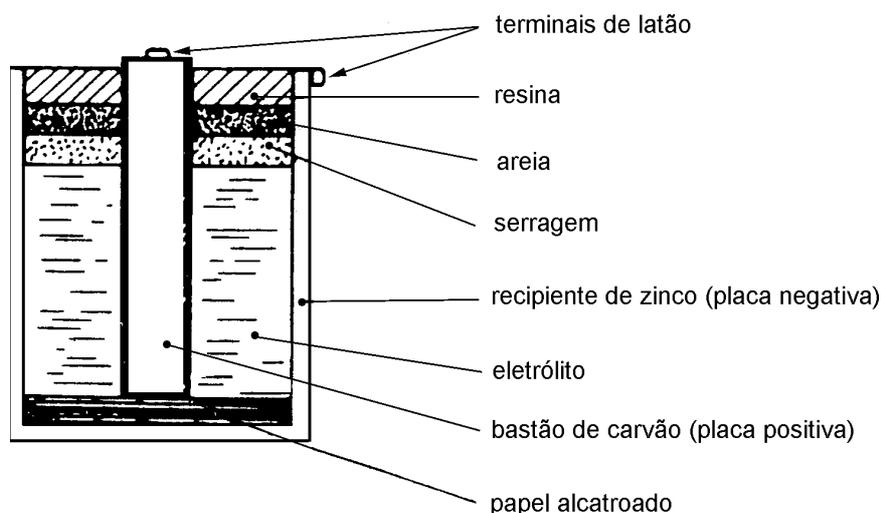
### Geração de energia elétrica por ação química

Outro modo de se obter eletricidade é por meio da ação química. Isso acontece da seguinte forma: dois materiais diferentes como o cobre e o zinco são colocados dentro de uma solução química (ou eletrólito) composta de sal ( $H_2O+NaCl$ ) ou ácido sulfúrico ( $H_2O+H_2SO_4$ ) constituindo-se de uma célula primária.



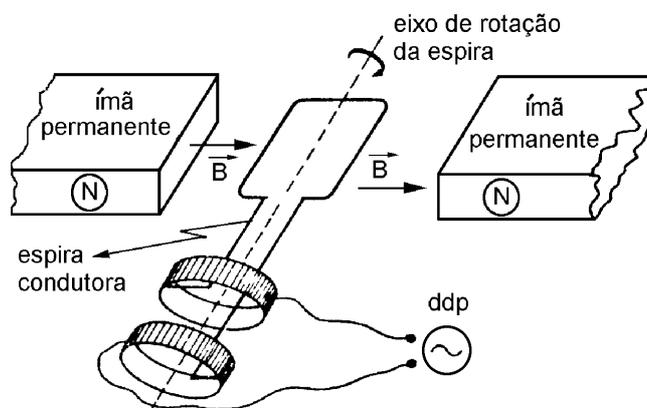
A reação química entre o eletrólito e os metais vai retirando os elétrons do zinco. Estes passam pelo eletrólito e vão se depositando no cobre. Dessa forma, obtém-se uma diferença de potencial (ou tensão) entre os bornes ligados no zinco (negativo) e no cobre (positivo).

A pilha da lanterna funciona segundo o princípio da célula primária que acabamos de descrever. Ela é constituída basicamente por dois tipos de materiais em contato com um preparado químico. Veja a figura a seguir.



## Geração de energia elétrica por ação magnética

O método mais comum de produção de energia elétrica em larga escala é por ação magnética. A eletricidade gerada por ação magnética é produzida quando um condutor é movimentado dentro do raio de ação de um campo magnético. Isso cria uma ddp que aumenta ou diminui com o aumento ou a diminuição da velocidade do condutor ou da intensidade do campo magnético.



Os alternadores e dínamos são exemplos de fontes **geradoras** que produzem energia elétrica segundo o princípio que acaba de ser descrito.

## Grandezas Elétricas

### Unidade de medida de tensão elétrica

A tensão (ou ddp) entre dois pontos pode ser medida por meios de instrumentos. A unidade de medida de tensão é o **volt**, que é representado pelo símbolo **V**.

Como qualquer outra unidade de medida, a unidade de medida de tensão (volt) também tem múltiplos e submúltiplos adequados a cada situação. Veja tabela a seguir:

Denominação		Símbolo	Valor com relação ao volt
Múltiplos	Megavolt	MV	$10^{+6} V$ ou 1.000.000V
	Quilovolt	kV	$10^{+3} V$ ou 1.000V
Unidade	Volt	V	1V
Submúltiplos	Milivolt	mV	$10^{-3} V$ ou 0,001V
	Microvolt	$\mu V$	$10^{-6} V$ ou 0,000.001V

No campo da eletricidade, usam-se normalmente o volt (V) e o quilovolt (kV). Na área da eletrônica usa-se normalmente o volt (V), o milivolt (mV) e o microvolt ( $\mu V$ ).

### Corrente elétrica

A movimentação **ordenada** de cargas elétricas em um **determinado** condutor é denominada de **corrente elétrica**. Para que haja corrente elétrica, é necessário que haja **ddp** e que o circuito esteja **fechado**. Logo se pode afirmar que existe tensão **sem** corrente, mas **nunca** existirá corrente **sem** tensão. Isso acontece porque orienta as cargas elétricas.

O símbolo para representar a intensidade da corrente elétrica é a letra **I**.

### Unidade de medida de corrente

A corrente elétrica pode ser medida por meio de instrumentos. A unidade de medida da corrente é o ampère, que é representado pelo símbolo **A**. Como qualquer outra unidade de medida, a unidade de corrente elétrica tem múltiplos e submúltiplos adequados a cada situação. Veja tabela a seguir.

Denominação		Símbolo	Valor com relação ao ampère
Múltiplo	quiloampère	kA	$10^{+3} A$ ou 1.000A
Unidade	ampère	A	1A
Submúltiplos	miliampère	mA	$10^{-3} A$ ou 0,001A
	microampère	$\mu A$	$10^{-6} A$ ou 0,000.001A
	nanoampère	nA	$10^{-9} A$ ou 0,000.000.001A

### O sentido da corrente no circuito elétrico

Antes que se compreendesse da forma mais científica natureza do fluxo de elétrons, já se utilizava a eletricidade para iluminação, motores e outras aplicações. Nessa época, foi estabelecido por convenção que a corrente elétrica se constituía de um movimento de cargas elétricas que fluía do polo positivo para o polo negativo da fonte geradora. Esse sentido de circulação foi denominado de **sentido convencional** de corrente.

Com o desenvolvimento dos recursos científicos, verificou-se que nos condutores sólidos, a corrente elétrica se constitui de elétrons em movimento do pólo negativo para o pólo positivo. Esse sentido de circulação foi denominado de **sentido eletrônico** da corrente.

Seja qual for o sentido adotado como referência para o estudo dos fenômenos elétricos (eletrônico ou convencional), isso não interfere nos resultados que se obtém. Por isso, ainda hoje se encontram defensores para cada um dos sentidos.

## Resistência elétrica

Resistência elétrica é a dificuldade que os elétrons encontram para percorrer o circuito elétrico. A resistência elétrica pode ser calculada a sua unidade de medida é o ohm, representada pela letra grega  $\Omega$  (lê-se ômega). Veja no quadro a seguir a unidade de medida de resistência, seus múltiplos e submúltiplos, bem como seus símbolos.

Denominação		Símbolo	Valor com relação ao ohm
Múltiplos	Megohm	$M\Omega$	$10^{+6}\Omega$ ou 1.000.000 $\Omega$
	Quilohm	$k\Omega$	$10^{+3}\Omega$ ou 1.000 $\Omega$
Unidade	Ohm	$\Omega$	1 $\Omega$
Submúltiplos	miliohm	$m\Omega$	$10^{-3}\Omega$ ou 0,001 $\Omega$
	microhm	$\mu\Omega$	$10^{-6}\Omega$ ou 0,000.001 $\Omega$

## Potência Elétrica

É a capacidade de realizar um trabalho numa unidade de tempo, a partir da energia elétrica. Assim, pode-se afirmar que são de potências diferentes:

- As lâmpadas que produzem intensidade luminosa diferente;
- Os aquecedores que levam tempos diferentes para ferver uma mesma quantidade de água;
- Motores de elevadores (grande potência) e de gravadores (pequena potência).

## Unidade de medida da potência elétrica

A potência elétrica é uma grandeza e, como tal, pode ser medida. A unidade de medida da potência elétrica é o **watt**, simbolizado pela letra **W**. Um **watt** (1W) corresponde à potência desenvolvida no tempo de um segundo em uma carga, alimentada por uma tensão de 1V, na qual circula uma corrente de 1A.

A unidade de medida da potência elétrica **watt** tem múltiplos e submúltiplos como mostra a tabela a seguir.

Denominação		Símbolo	Valor com relação ao ohm
Múltiplos	Quilowatt	$kW$	$10^{+3}W$ ou 1.000W
Unidade	Watt	$W$	1W
Submúltiplos	miliwatt	$mW$	$10^{-3}W$ ou 0,001W
	microwatt	$\mu W$	$10^{-6}W$ ou 0,000.001W

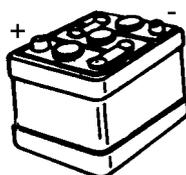
## Fontes de tensão

A existência de tensão é condição fundamental para o funcionamento de todos os aparelhos elétricos. A partir desta necessidade, foram desenvolvidos dispositivos que tem a capacidade de criar um desequilíbrio elétrico entre dois pontos, dando origem a uma tensão elétrica.

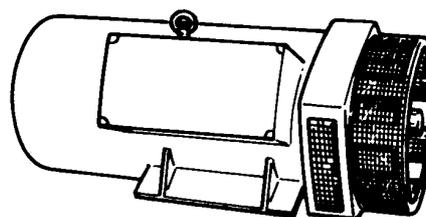
Estes dispositivos são denominados genericamente de **fontes geradoras de tensão**. Existem vários tipos de fontes geradoras de tensão, entre os quais citam-se:



*Pilhas*



*Baterias*



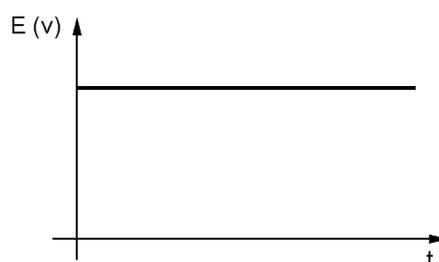
*Geradores (máquinas que geram tensão)*

## Tensão contínua

É a tensão elétrica entre dois pontos, cuja polaridade é invariável. Todas as fontes geradoras de tensão que tem polaridade fixa são denominadas de fontes geradoras de tensão contínua; Fontes geradoras de tensão contínua, polaridade fixa.

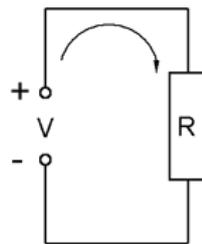
### Gráfico: Tensão CC x Tempo

A tensão contínua pode ser representada em um gráfico. Este gráfico mostra o comportamento da tensão fornecida ao longo do tempo.

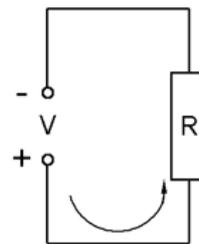


## Tensão Alternada

A tensão alternada, denominada normalmente de CA difere da tensão contínua porque troca de polaridade constantemente, provocando nos circuitos um fluxo de corrente ora em um sentido, ora em outro.



Durante  
um tempo



Após  
algum tempo

A tensão elétrica disponível nas residências é do tipo alternada, por ser a forma de geração mais barata e uma das mais limpas, razão pela qual a maior parte dos equipamentos elétricos é construído para funcionar alimentado a partir desse tipo de corrente elétrica.

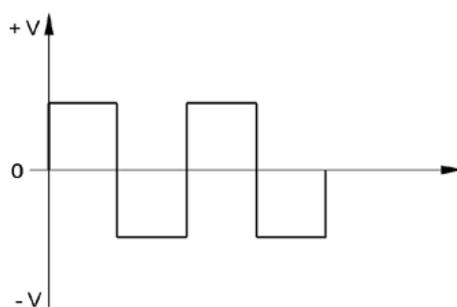
### Característica da tensão alternada

A condição fundamental para que uma determinada tensão elétrica seja considerada como tensão alternada é que a sua polaridade não seja constante. Assim, podem existir os mais diversos tipos de tensão alternada, distinguidos através de 4 características:

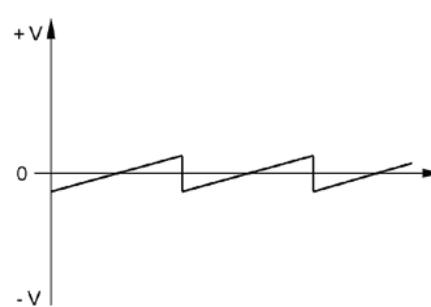
- Forma de onda;
- Ciclo;
- Período;
- Frequência.

### Forma de Onda

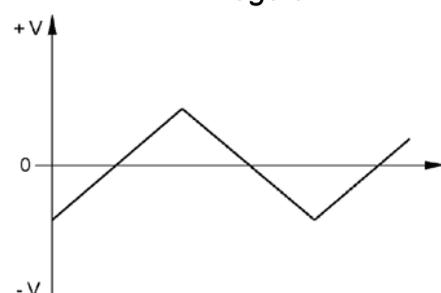
Existem tensões alternadas com diversas formas de onda. Nas figuras a seguir são apresentados os gráficos de alguns tipos e corrente alternada.



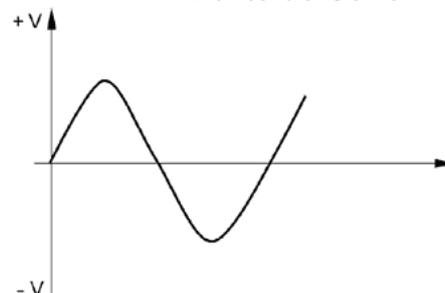
*Regular*



*Dente de Serra*



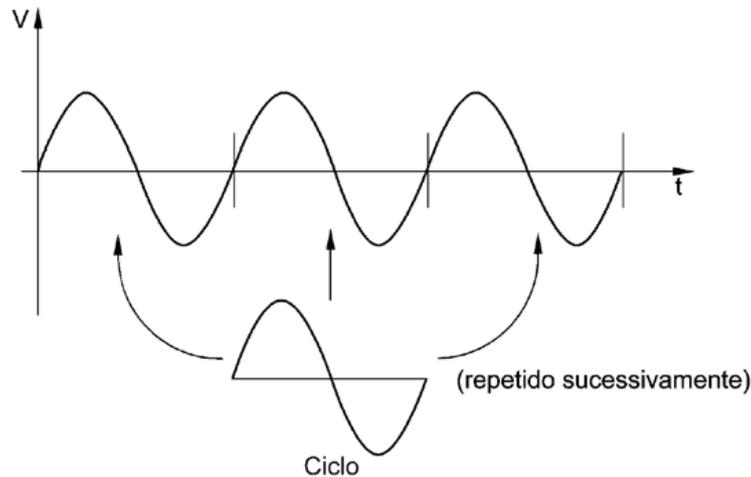
*Triangular*



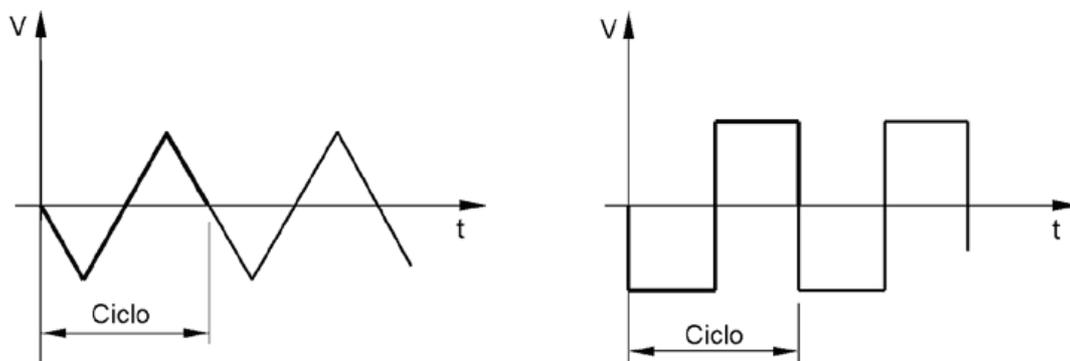
*Senoidal*

## Ciclo

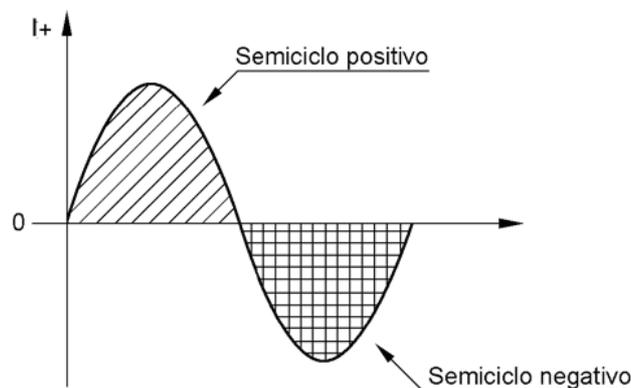
É uma variação completa da forma de onda. O ciclo é, em resumo, uma parte da forma de onda que se repete sucessivamente.



A figura a seguir mostra dois tipos de forma de onda alternada com um ciclo completo indicado.



Quando se faz um estudo mais detalhado de cada uma das regiões do gráfico (acima e abaixo do eixo) utiliza-se a expressão semiciclo para identificar a metade de um ciclo completo (entre dois pontos "zero"). Os semiciclos podem ser identificados como positivo (acima do eixo) e negativo (abaixo do eixo).



## Período

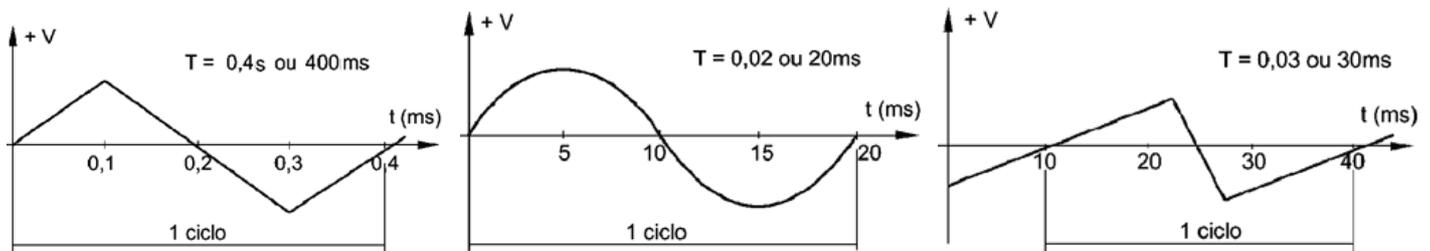
Período é a designação empregada para definir o tempo necessário para que se realize um ciclo completo de uma corrente alternada. Portanto, período é o tempo de realização de um ciclo completo.

O período é representado pela notação “T” e sua unidade de medida é o segundo (s).

Como os períodos das correntes alternadas são normalmente menores que 1 segundo, utiliza-se os submúltiplos da unidade.

- milissegundo - ms -  $1 / 1.000s = 10^{-3}s$
- microsegundo -  $\mu s$  -  $1 / 1.000.000s = 10^{-6}s$

As figuras a seguir ilustram sinais alternados com os períodos indicados.



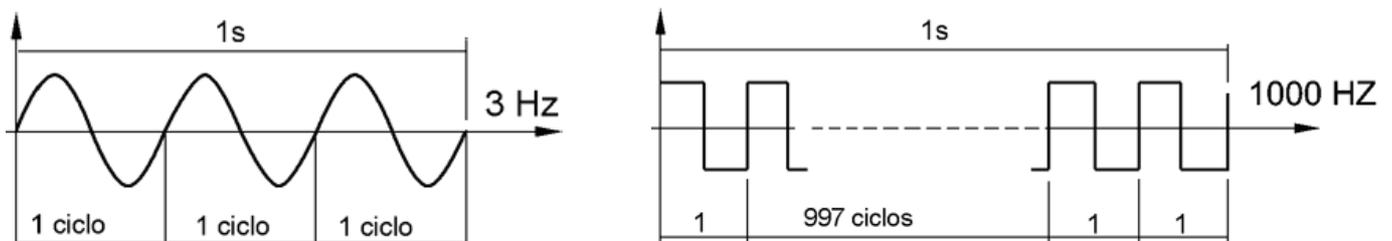
## Freqüência

A freqüência é o maior número de ciclos que uma corrente alternada ocorre em 1 (um) segundo. É indicada pela letra “f” e sua unidade é o Hertz (Hz). As freqüências mais utilizadas no Brasil são 60Hz e 50Hz.

O múltiplos mais utilizados da unidade de freqüência são:

- Quilohertz KHz  $1000Hz$  ou  $10^3Hz$
- Megahertz MHz  $1.000.000Hz$  ou  $10^6Hz$

As figuras a seguir ilustram as correntes alternadas com as respectivas freqüências.



## Relação entre período e frequência

Existe uma relação matemática entre período e frequência de uma corrente alternada. Quanto menor o período (menor o tempo de duração de um ciclo) maior o número de ciclos realizados em 1 segundo, ou seja, frequência e período são inversamente proporcionais.

Expressando matematicamente a relação de proporcionalidade inversa, temos:

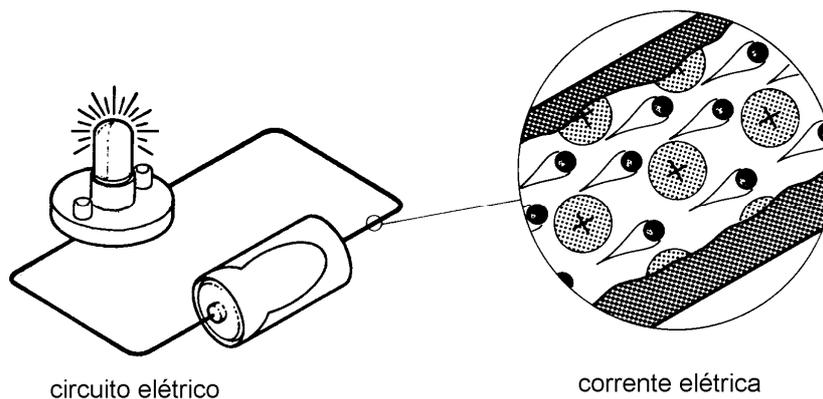
$$f = 1/T \quad \text{ou} \quad T = 1/f \quad \text{onde: } f = \text{frequência (Hz)}$$

$$T = \text{período (s)}$$

Esta relação permite determinar a frequência de uma corrente alternada se seu período é conhecido e vice-versa.

## Circuito elétrico

Circuito elétrico é o caminho fechado por onde circula a corrente elétrica.



## Componentes do circuito elétrico

O circuito elétrico mais simples que se pode montar é constituído por:

- Fonte geradora;
- Bloqueador ou interruptor;
- Condutores;
- Carga ou consumidor.

**Fonte geradora** - Todo o circuito elétrico necessita de uma fonte geradora. A função da fonte geradora é fornecer o valor da tensão para que exista a corrente elétrica. A bateria, a pilha e o alternador são exemplos de fontes geradoras.

**O interruptor no circuito elétrico** - Os circuitos elétricos possuem normalmente um componente adicional além da fonte, do consumidor e dos condutores. Este componente é o interruptor ou a chave, podendo ainda ser um fusível. A função dos interruptores é comandar o funcionamento do circuito elétrico, abrindo-o ou fechando-o.

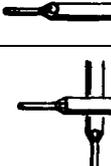
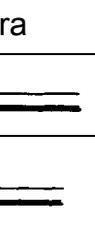
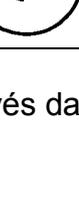
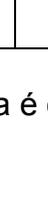
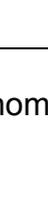
**Condutores** - os condutores têm a função de conduzir a corrente elétrica entre a fonte e o consumidor e fazer com que esta retorne a fonte. Cada aparelho consumidor exige determinadas características do condutor elétrico. Porém, sua função no circuito é sempre a mesma.

**Carga** - A carga, também denominada de consumidor e receptor de energia elétrica, é o componente do circuito elétrico que transforma em outro tipo de energia a energia elétrica fornecida pela fonte. A lâmpada, que transforma a energia elétrica em energia luminosa, o motor, que transforma a energia elétrica em energia mecânica e o rádio, que transforma a energia elétrica em energia sonora, são exemplos de carga.

### Simbologia dos componentes de um circuito

Seria muito inconveniente, a cada vez que se necessitasse desenhar um circuito elétrico, ter que desenhar os componentes na sua forma real. Por esta razão foi criada uma simbologia, de forma que cada componente é representado por símbolo toda a vez que se tiver que desenha um circuito elétrico.

A tabela a seguir mostra alguns símbolos utilizados e os respectivos componentes.

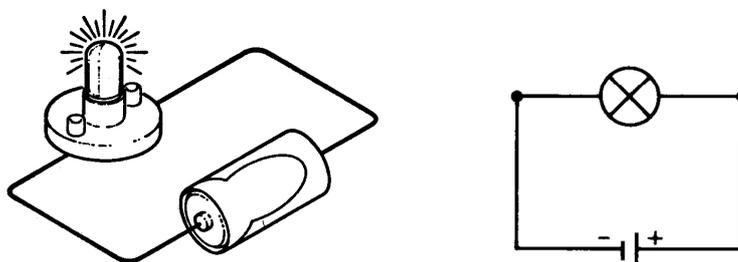
Designação	Figura	Símbolo
Condutor		
Cruzamento sem conexão		
Cruzamento com conexão		
Fonte, gerador ou bateria		
Lâmpada		

A representação gráfica de um circuito elétrico através da simbologia é denominada de “esquema” ou “diagrama elétrico”.

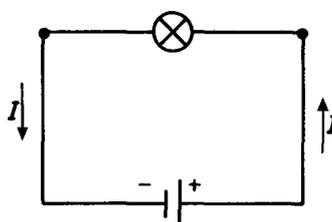
### Observação

Esquema ou diagrama elétrico é a representação gráfica de um circuito elétrico, empregando a simbologia.

Empregando a simbologia, os circuitos elétricos formado pela lâmpada, condutores e pilhas se apresentam conforme o esquema das figuras a seguir.

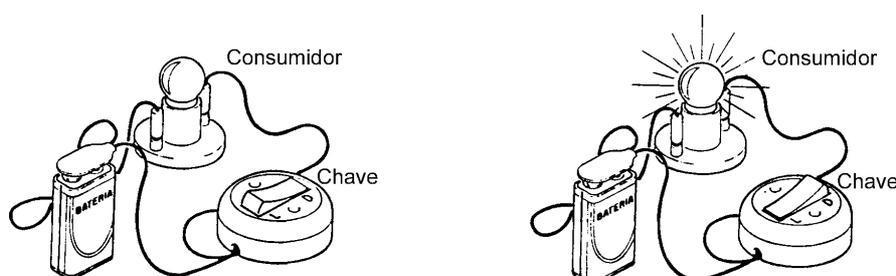


Quando se necessita representar a existência de corrente elétrica em um diagrama usa-se normalmente uma seta, acompanhada pela letra  $I$ .

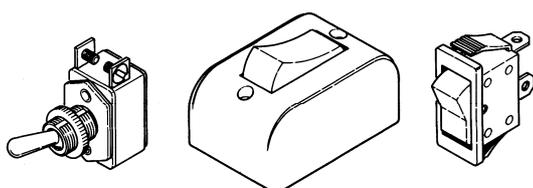


### O interruptor em um circuito elétrico

Os circuitos elétricos possuem normalmente um componente adicional além da fonte geradora, consumidor(es) e condutores. Este componente é o **Interruptor** ou **Chave**. Os interruptores ou chaves são incluídos nos circuitos elétricos com a função de comandar o seu funcionamento.



Os interruptores ou chaves podem ter as mais diversas formas, mas cumprem sempre a função de ligar ou desligar o circuito. Nos esquemas os interruptores e chaves também são representados por um símbolo. Este símbolo é apresentado na figura abaixo.



*Figura de interruptores e chaves*

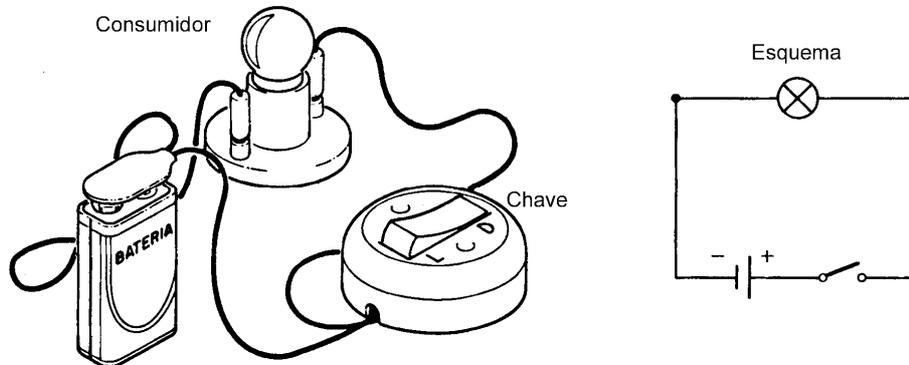


*Simbologia de Interruptores*

### Observação

Este símbolo representa o interruptor na posição desligado.

A figura mostra o esquema do circuito elétrico acrescido do interruptor.



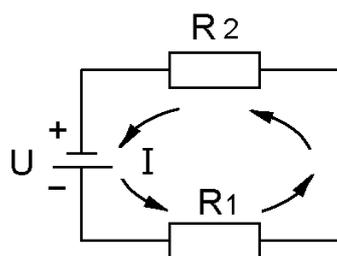
## Tipos de circuitos elétricos

Os tipos de circuitos elétricos são determinados pela maneira como seus componentes são ligados. Assim, existem três tipos de circuitos:

- Série;
- Paralelo;
- Misto.

### Circuito série

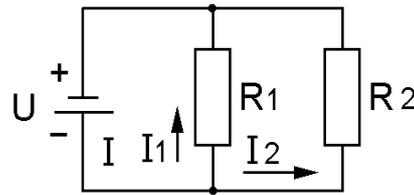
Circuito série é aquele cujos componentes (cargas) são ligados um após o outro. Desse modo, existe um único caminho para a corrente elétrica que sai do polo negativo da fonte, passa através do primeiro componente, passa pelo seguinte e assim por diante até chegar ao pólo positivo da fonte. Veja representação esquemática do circuito série no diagrama a seguir.



**Característica do circuito série** - num circuito série, o valor da corrente é sempre o **mesmo** em qualquer ponto do circuito. Isso acontece porque a corrente elétrica tem apenas **um** caminho para percorrer. Esse circuito é chamado de **dependente** porque, se houver falha ou se qualquer um dos componentes for retirado do circuito, cessa a circulação da corrente elétrica.

### Circuito paralelo

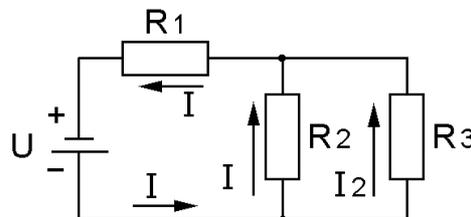
O circuito paralelo é aquele cujos componentes estão ligados em paralelo entre si. Veja circuito a seguir.



**Características do circuito paralelo** - no circuito paralelo, a corrente é **diferente** em cada ponto do circuito porque ela depende da resistência de cada componente à passagem da corrente elétrica e da tensão aplicada sobre ele. Todos os componentes ligados em paralelo recebem a mesma tensão.

### Circuito misto

No circuito misto, os componentes são ligados em série e em paralelo. Veja ilustração a seguir.



**Características do circuito misto** - no circuito misto, o componente R1 ligado em série, ao ser atravessado por uma corrente, causa uma queda de tensão porque é uma resistência. Assim sendo, os resistores R2 e R3, que estão ligados em paralelo, receberão a tensão da rede **menos** a queda de tensão provocada pelo R1.

### Leis de Ohm

Muitos cientistas têm se dedicado ao estudo da eletricidade. George Simon Ohm, por exemplo, estudou a corrente elétrica e definiu uma relação entre corrente, tensão e resistência elétricas em um circuito. Foi a partir dessas descobertas que se formulou a Lei de Ohm.

Embora os conhecimentos sobre eletricidade tenham sido ampliados, a Lei de Ohm continua sendo uma lei básica da eletricidade e eletrônica, por isso conhecê-la é fundamental para o estudo e compreensão dos circuitos eletroeletrônicos.

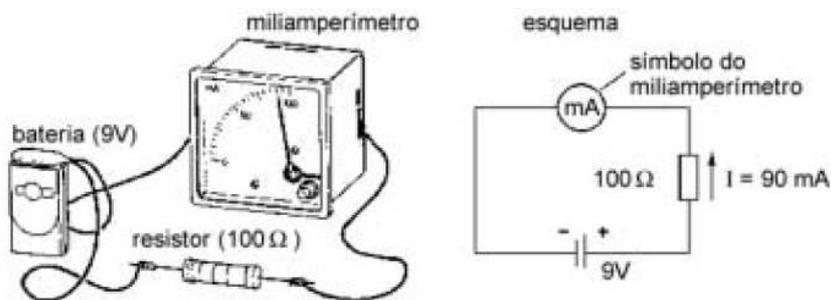
Esta unidade vai tratar da Lei de Ohm e da forma como a corrente elétrica é medida. Desse modo, você será capaz de determinar matematicamente e medir os valores das grandezas elétricas em um circuito.

### Determinação experimental da 1ª Lei de Ohm

A Lei de Ohm estabelece uma relação entre as grandezas elétricas: tensão ( V ), corrente ( I ) e resistência ( R ) em um circuito.

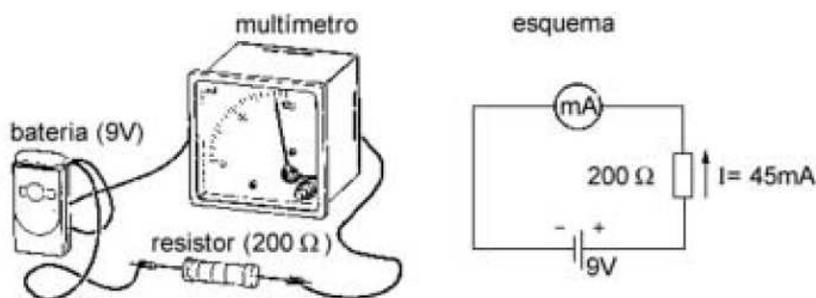
Verifica-se a Lei de Ohm a partir de medições de tensão, corrente e resistência, realizadas em circuitos elétricos simples, compostos por uma fonte geradora e um resistor.

Montando-se um circuito elétrico com uma fonte geradora de 9V e um resistor de 100Ω, notamos que no multímetro, ajustado na escala de miliamperímetro, a corrente circulante é de 90mA. Formulando a questão, temos:



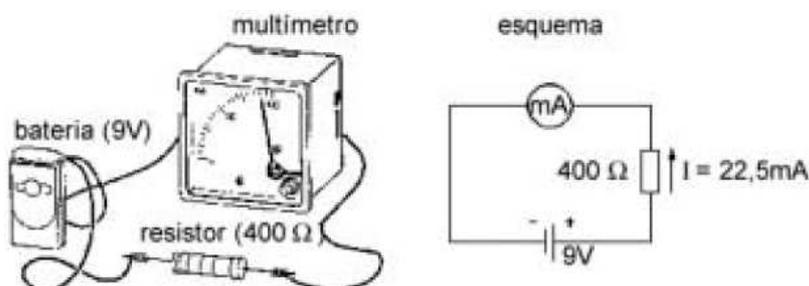
$$\begin{aligned} V &= 9V \\ R &= 100 \Omega \\ I &= 90mA \end{aligned}$$

Vamos substituir o resistor de 100Ω por outro de 200Ω. Nesse caso, a resistência do circuito torna-se maior. O circuito impõe uma oposição **mais intensa** à passagem da corrente e faz com que a corrente circulante seja **menor**. Formulando a questão, temos:



$$\begin{aligned} V &= 9V \\ R &= 200 \Omega \\ I &= 45mA \end{aligned}$$

À medida que aumenta o valor do resistor, aumenta também a oposição à passagem da corrente que decresce na mesma proporção. Formulando a questão, temos:



$$\begin{aligned} V &= 9V \\ R &= 400 \Omega \\ I &= 22,5mA \end{aligned}$$

Colocando em tabela os valores obtidos nas diversas situações, obtemos:

Situação	Tensão (V)	Resistência (R)	Corrente (I)
1	9V	100	90mA
2	9V	200	45mA
3	9V	400	22,5mA

Analisando-se a tabela de valores, verifica-se:

- A tensão aplicada ao circuito é sempre a mesma; portanto, as variações da corrente são provocadas pela mudança de resistência do circuito. Ou seja, quando a resistência do circuito aumenta, a corrente no circuito diminui.
- Dividindo-se o valor de tensão aplicada pela resistência do circuito, obtém-se o valor da intensidade de corrente:

A partir dessas observações, conclui-se que o valor de corrente que circula em um circuito pode ser encontrado dividindo-se o valor de tensão aplicada pela sua resistência. Transformando esta afirmação em equação matemática, tem-se a Lei de Ohm:

$$I \equiv \frac{V}{R}$$

Com base nessa equação, enuncia-se a Lei de Ohm: **“A intensidade da corrente elétrica em um circuito é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à sua resistência.”**

## 2º Lei de Ohm

George Simon Ohm foi um cientista que estudou a resistência elétrica do ponto de vista dos elementos que têm influência sobre ela. Por esse estudo, ele concluiu que a resistência elétrica de um condutor depende fundamentalmente de quatro fatores a saber:

- Material do qual o condutor é feito;
- Comprimento (L) do condutor;
- Área de sua seção transversal (S);
- Temperatura no condutor.

Para que se pudesse analisar a influência de cada um desses fatores sobre a resistência elétrica, foram realizadas várias experiências variando-se apenas um dos fatores e mantendo constantes os três restantes. Assim, por exemplo, para analisar a influência do **comprimento** do condutor, manteve-se constante o tipo de material, sua temperatura e a área da seção transversal e variou-se seu comprimento.

S \_\_\_\_\_ resistência obtida = R

S \_\_\_\_\_ resistência obtida = 2R

S \_\_\_\_\_ resistência obtida = 3R

Com isso, verificou-se que a resistência elétrica **aumentava** ou **diminuí**a na **mesma proporção** em que aumentava ou diminuía o comprimento do condutor. Isso significa que: “A resistência elétrica é **diretamente** proporcional ao comprimento do condutor”.

Para verificar a influência da **seção transversal**, foram mantidos constantes o comprimento do condutor, o tipo de material e sua temperatura, variando-se apenas sua seção transversal.

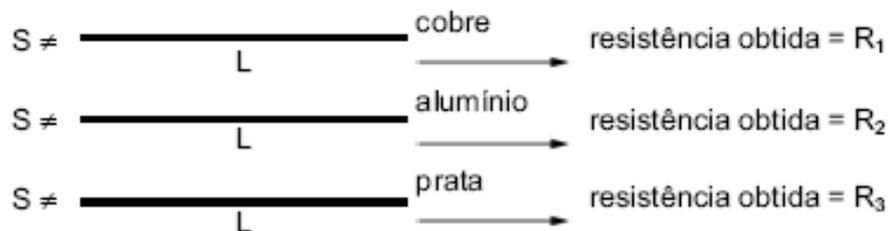


resistência obtida = R  
 resistência obtida = R/2  
 resistência obtida = R/3

Desse modo, foi possível verificar que a resistência elétrica **diminuiu** à medida que se **aumentava a seção transversal** do condutor. Inversamente, a resistência elétrica **aumentava**, quando se diminuía a seção transversal do condutor.

Isso levou à conclusão de que: “A resistência elétrica de um condutor é **inversamente proporcional** à sua área de seção transversal”.

Mantidas as constantes de comprimento, seção transversal e temperatura, variou-se o tipo de material:



Utilizando-se materiais diferentes, verificou-se que não havia relação entre eles. Com o mesmo material, todavia, a resistência elétrica mantinha sempre o mesmo valor. A partir dessas experiências, estabeleceu-se uma constante de proporcionalidade que foi denominada de **resistividade elétrica**.

## Resistividade elétrica

Resistividade elétrica é a resistência elétrica específica de um certo condutor com 1 metro de comprimento,  $1\text{mm}^2$  de área de seção transversal, medida em temperatura ambiente constante de  $20^\circ\text{C}$ . A unidade de medida de resistividade é o  $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ , representada pela letra grega  $\rho$  (lê-se “rô”). A tabela a seguir apresenta alguns materiais com seu respectivo valor de resistividade.

Material	$\rho$ ( $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ) a $20^\circ\text{C}$
Alumínio	0,0278
Cobre	0,0173
Estanho	0,1195
Ferro	0,1221
Níquel	0,0780
Zinco	0,0615
Chumbo	0,21
Prata	0,30

Diante desses experimentos, George Simon OHM estabeleceu a sua segunda lei que diz que: **“A resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao produto da resistividade específica pelo seu comprimento, e inversamente proporcional à sua área de seção transversal.”**

Matematicamente, essa lei é representada pela seguinte equação:

$$R \equiv \frac{\rho \cdot L}{S}$$

Nela, **R** é a resistência elétrica expressa em  $\Omega$  (ohms); **L** é o comprimento do condutor em metros (m); **S** é a área de seção transversal do condutor em milímetros quadrados ( $\text{mm}^2$ ) e  $\rho$  é a resistividade elétrica do material em  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

## Multímetro

Existem diversos tipos e modelos de multímetros. Os modelos construídos especificamente para o segmento automotivo dispõem de chave de seleção para medição de variadas e múltiplas grandezas, assim como acessórios a serem acoplados permitindo tais medições e obtenção de parâmetros para verificação de funcionamento correto dos componentes e sistemas automotivos. Como exemplos desses acessórios citaram as pontas de prova especiais, sensores de temperatura, cabeamento de interligação com computadores, etc.

Nessa unidade trataremos apenas as características básicas e gerais dos multímetros. Para detalhes de cada modelo de multímetro, é conveniente consultar o manual do fabricante verificando suas especificações de funcionamento, limitações e instruções de utilização.

Basicamente, o multímetro é um instrumento capaz de medir tensão, corrente e resistência elétrica. Nas medidas de tensão e corrente, ele trabalha tanto em sinais contínuos como alternados.

## Características do multímetro digital

O multímetro digital, também conhecido como DVM, possui algumas características técnicas que fizeram dele um dos instrumentos de medição mais usado na bancada do técnico.

**Alta impedância de entrada** - Devido a sua alta impedância de entrada, o DVM tem leitura mais precisa nas escalas do voltímetro, pois reduz o efeito de carga provocado pelo equipamento no instante de medida. Esta impedância gira desde dezenas de  $M\Omega$  até décimos de  $G\Omega$  (gira ohms).

**Erro de paralaxe nulo** - Por ser um equipamento que não possui deflexão mecânica (ponteiro), não ocorrerá o erro de posicionamento do operador em relação ao aparelho. Sua leitura é direta nos displays.

**Facilidade de leitura** – O valor da grandeza elétrica medida é mostrado diretamente no display, sem necessidade de fatores multiplicativos e interpretação de escalas.

**Precisão** - Devido a sua alta impedância de entrada e leitura direta, o DVM tem ainda a vantagem de manter sua precisão por muito mais tempo, porque não ocorre desgaste mecânico no medidor, como é o caso dos multímetros análogos que têm o galvanômetro.