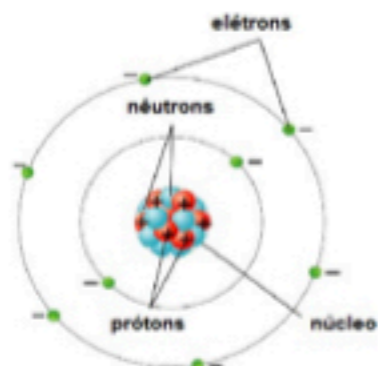


# Princípios

## CARGA ELÉTRICA E CORPOS ELETRIZADOS

A carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria, pois a matéria é composta por átomos e os átomos possuem prótons (portadores de carga positiva), elétrons (portadores de carga negativa) e nêutrons.



PARTÍCULA SUBATÔMICA	SINAL DA CARGA ELÉTRICA	VALOR DA CARGA ELÉTRICA
Prótons	Positiva	$e = + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Elétrons	Negativa	$e = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Nêutrons	Neutra	0

Todo átomo é eletricamente neutro, ou seja, o número de prótons é igual ao número de elétrons. Quando modificamos o número de elétrons (adicionando ou removendo elétrons), o átomo se torna eletricamente carregado.

**Corpo carregado positivamente**



Possui mais prótons do que elétrons. Isso acontece quando o corpo **perde elétrons**.

**Corpo carregado negativamente**

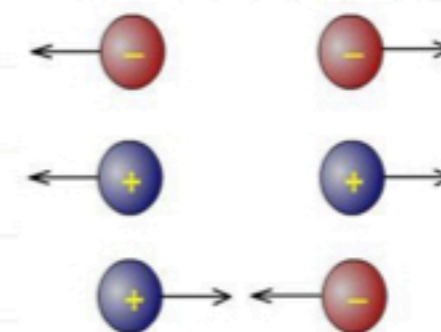


Possui mais elétrons do que prótons. Isso acontece quando o corpo **recebe elétrons**.

**Os prótons não possuem mobilidade e, portanto, não podem ser perdidos nem recebidos por um átomo.**

## PRINCÍPIO DA ATRAÇÃO E REPULSÃO

Cargas elétricas de mesmo sinal repelem-se; cargas elétricas de sinais opostos se atraem.



## PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DAS CARGAS ELÉTRICAS

Num sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das quantidades de cargas positivas e negativas é constante.

## QUANTIDADE DE CARGA ELÉTRICA DE UM CORPO

A quantidade de carga  $Q$  de um corpo eletricamente carregado é dada por:

Onde  $n$  é o número de prótons ou elétrons em excesso e  $e$  é a carga elementar ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ).

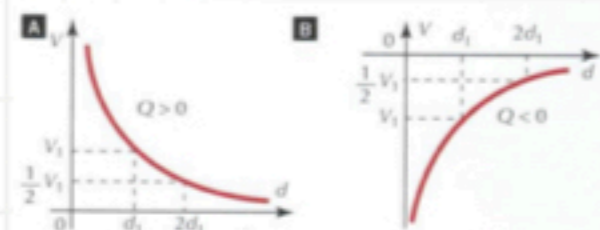


# Potencial Elétrico

## POTENCIAL DE UMA CARGA PUNTIFORME

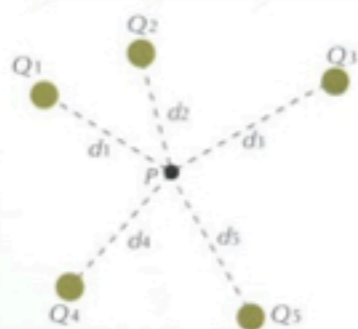
$$V = \frac{k_0 \cdot Q}{d}$$

Como o potencial elétrico é uma grandeza escalar, usamos o sinal da carga na equação. Assim, teremos potenciais positivos e potenciais negativos.



## POTENCIAL DE VÁRIAS CARGAS NUM PONTO P

O potencial resultante de um certo ponto, devido a ação de várias cargas, é a soma algébrica dos potenciais individuais das mesmas cargas naquele ponto.



$$V_R = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

## ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA

A energia potencial é um tipo de energia que é armazenada para futuramente se transformar em energia cinética. No caso da energia potencial elétrica, é uma energia armazenada nos elétrons que faz com que eles possam se movimentar.

A energia potencial elétrica não pode ser definida para uma única carga, mas sim para um sistema de duas cargas e calculada por:

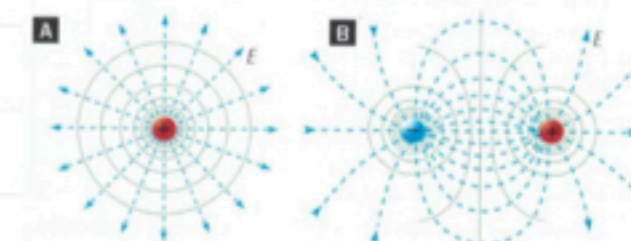
$$E_n = \frac{k_0 \cdot Q \cdot q}{d}$$

Comparando essa equação com a definição de potencial, temos que a energia potencial num ponto A, onde o potencial é  $V_A$ , é dada por:

$$E_n = V_A \cdot q$$

## SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAIS

São conjuntos de pontos no espaço que apresentam o mesmo potencial em relação à distribuição de cargas. As superfícies equipotenciais são perpendiculares às linhas de força, em cada ponto.



Uma carga pode se movimentar numa superfície equipotencial sem realizar trabalho.

## TRABALHO DA FORÇA ELÉTRICA

Calculamos esse trabalho fazendo o produto entre o valor da carga de prova e a diferença de potencial entre os pontos inicial e final do deslocamento da carga.

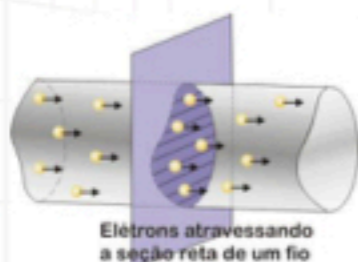
$$W_{AB} = (V_A - V_B) \cdot q$$

$$W_{AB} = U_{AB} \cdot q$$

# Corrente Elétrica

## A CORRENTE ELÉTRICA

**Corrente elétrica** é o movimento ordenado de portadores de carga elétrica. É uma grandeza escalar e sua unidade no SI é o **ampère (A)**.



No caso dos **sólidos**, os portadores de carga são os **elétrons livres**, e no caso dos **fluidos**, são os **íons**.

## INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

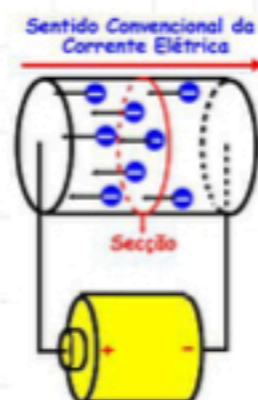
A corrente elétrica pode ser calculada pela expressão:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

→ Carga elétrica  
→ Tempo

## SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA

O **sentido convencional** da corrente elétrica é igual ao sentido do campo elétrico no interior do condutor, ou seja, a corrente elétrica sai do polo positivo e entra no polo negativo do gerador.



No sentido convencional, a corrente elétrica entra no gerador pelo polo negativo e sai pelo polo positivo.

O **sentido real** é o contrário, oposto ao sentido do campo elétrico.

## ENERGIA E POTÊNCIA DA CORRENTE ELÉTRICA

### POTÊNCIA ELÉTRICA

A potência elétrica dissipada por um aparelho é calculada por:

$$P = i \cdot U$$

### ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica consumida por um aparelho é dada por:

$$E_n = Pot \cdot \Delta t$$

### Unidades

A unidade de potência no SI é o watt (W):

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$$

Apesar da unidade no SI da energia ser o joule (J), é muito comum utilizarmos o kWh:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

# Resistância Elétrica

## RESISTORES



Normalmente, os resistores são conhecidos pela sua capacidade de transformar energia elétrica em energia térmica. Porém, nem sempre um resistor é idealizado com esse objetivo.

Em todos os aparelhos elétricos classificados como resistivos, a função do resistor é promover o **Efeito Joule**. Exemplos: chuveiro elétrico, torradeira elétrica e aquecedor elétrico.

Uma bateria ou um gerador de qualquer espécie é a causa primitiva e a fonte de voltagem em um circuito elétrico. Quanta corrente haverá depende não apenas da voltagem, mas também da resistência elétrica que o condutor oferece ao fluxo de carga elétrica.

## PRIMEIRA LEI DE OHM: DEFINIÇÃO DE RESISTÊNCIA

A resistência elétrica de um resistor é definida pela razão:

$$R = \frac{U}{i}$$

A unidade de resistência elétrica no SI é o ohm ( $\Omega$ ), sendo que  $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ .

Representação de um resistor:



## RESISTORES ÔHMICOS E NÃO-ÔHMICOS

Os resistores em que a razão  $U/i$  é constante são denominados **resistores ôhmicos**.

Os resistores para os quais essa razão não é constante são denominados **resistores não-ôhmicos**.

O gráfico abaixo representa um resistor ôhmico, no qual a ddp  $U$  e a intensidade de corrente elétrica  $i$  são diretamente proporcionais.



A potência elétrica que se dissipa num resistor pode ser calculada pela fórmula:

$$P = i \cdot U$$

Se substituirmos o  $U$  pelo produto  $R \cdot i$  teremos:

$$P = i^2 \cdot R$$

Se substituirmos o  $i$  pela razão  $U/R$ , teremos:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

## SEGUNDA LEI DE OHM: RESISTIVIDADE

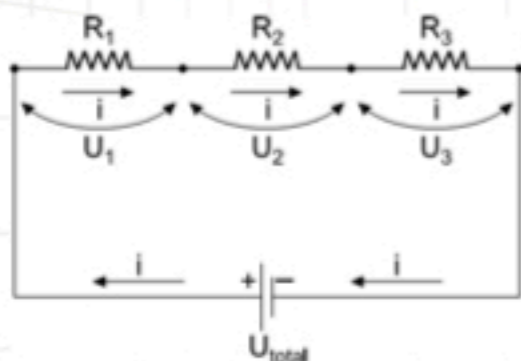
$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

- Do seu comprimento  $L$ ;
- Da sua espessura, bitola ou, mais precisamente, sua área da seção transversal  $A$ ;
- E de uma constante que depende do material de que é feito esse condutor. Essa constante é a chamada resistividade, representada pela letra grega  $\rho$  (rô).

# Associação de Resistores

## ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Dois ou mais resistores formam uma associação em série quando ligados um ao outro conforme esquematizado na figura abaixo.



Quando alimentado, o circuito apresenta as seguintes propriedades:

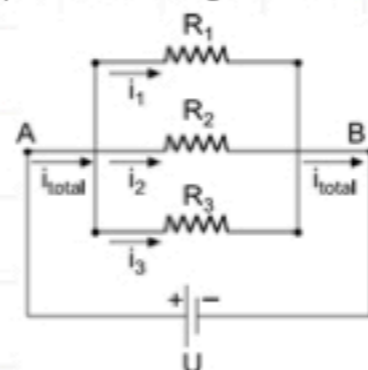
- A **corrente** que percorre todos os resistores é a **mesma** e igual à fornecida pela fonte;
- O somatório das tensões dos resistores é igual à tensão da fonte;

Nesse tipo de associação, a **resistência equivalente** é dada pela soma das resistências individuais:

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + R_3$$

## ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

Dois ou mais resistores formam uma associação denominada paralelo quando ligados um ao outro conforme esquematizado na figura abaixo.



Quando alimentado, o circuito apresenta as seguintes propriedades:

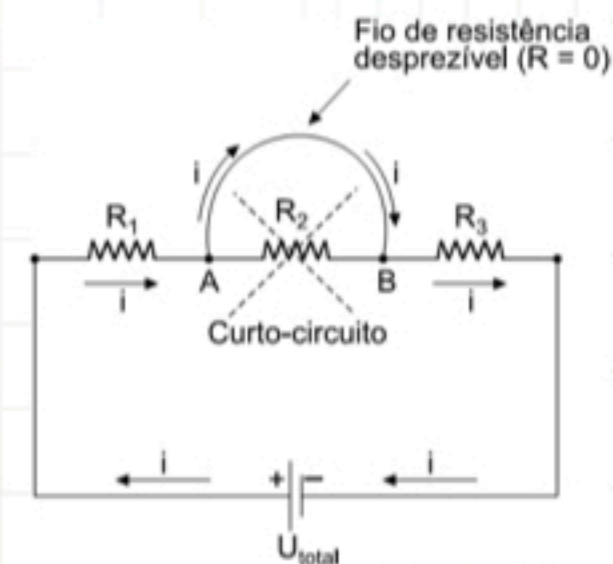
- A **tensão** é a **mesma** e igual à da fonte;
- O somatório das correntes dos resistores é igual ao valor da corrente fornecida pela fonte;

Nesse tipo de associação, a **resistência equivalente** é dada pela soma dos inversos das resistências individuais:

$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

## CURTO-CIRCUITO

Um componente elétrico está em curto-circuito quando seus terminais estão interligados por um caminho de resistência desprezível ( $R = 0$ ).

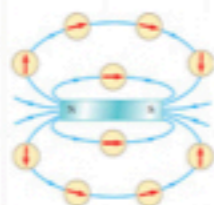


Quando um componente está em curto-circuito, a **tensão elétrica** entre seus terminais é nula.

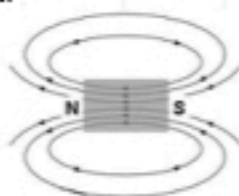
# Fontes de Campo Magnético

## LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO

- O vetor campo magnético é tangente às linhas de campo.



- As linhas de campo (ou linhas de indução) sempre saem do polo norte e chegam ao polo sul de um ímã.

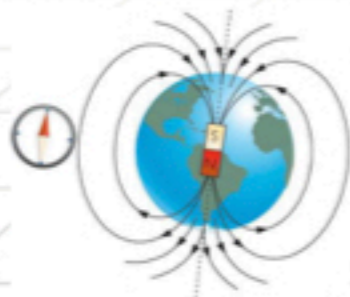


- As linhas de campo não se interceptam e são fechadas.

## MAGNETISMO TERRESTRE

O núcleo da Terra é composto por uma mistura de ferro, cobalto e níquel, fundidos, que em constante movimento produz uma corrente elétrica que dá origem ao campo magnético da Terra.

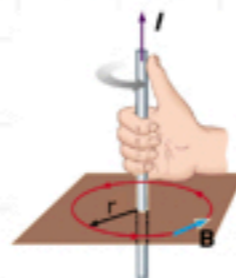
Atualmente, o norte geográfico corresponde a um sul magnético e o sul geográfico a um norte magnético.



## CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTE ELÉTRICA

O campo magnético é uma grandeza vetorial representada pela letra **B** e sua unidade no SI é o tesla (T).

### FIO RETILÍNEO



$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi d}$$

### ESPIRA CIRCULAR

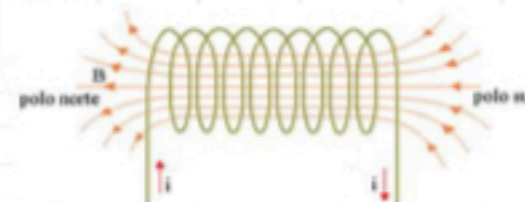


$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2r}$$

O símbolo  $\otimes$  significa que o campo é perpendicular ao plano do papel, entrando nele.

O símbolo  $\odot$  significa que o campo é perpendicular ao plano do papel, saindo dele.

### SOLENOIDE



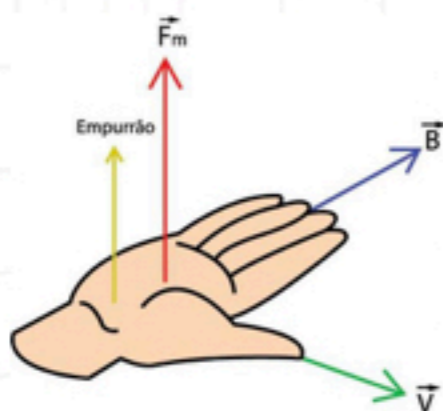
$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{l}$$

# Força Magnética

## FORÇA MAGNÉTICA SOBRE CARGAS

$$F_M = B \cdot v \cdot q \cdot \text{sen}\theta$$

### REGRA DO TAPA (MÃO DIREITA)



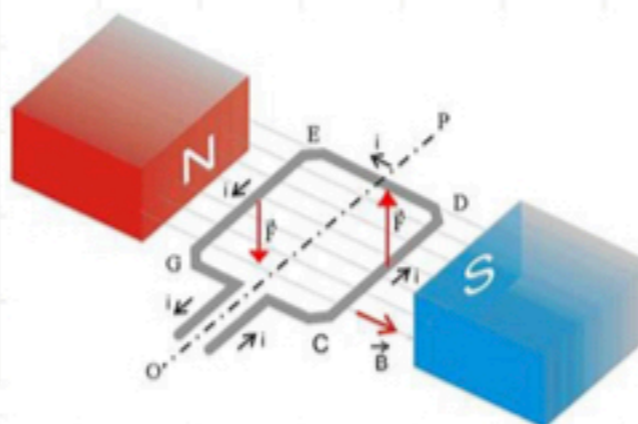
## FORÇA MAGNÉTICA SOBRE FIOS

Quando um condutor retilíneo (fio) que é percorrido por uma corrente elétrica está imerso numa região em que há um campo magnético, atua sobre ele uma força magnética de módulo dado por:

$$F_M = B \cdot i \cdot l \cdot \text{sen}\theta$$

Para descobrir a direção e o sentido usamos a regra da mão esquerda ou a regra do tapa, trocando a velocidade pela corrente.

Uma aplicação muito conhecida são os motores elétricos, que possuem espiras quadradas que giram em torno de um eixo devido à força magnética que surge nos ramos da espira que são perpendiculares ao campo magnético, como mostra a figura a seguir.



## FORÇA MAGNÉTICA ENTRE FIOS

Quando dois fios (retos, extensos e paralelos) percorridos por corrente elétrica estão próximos um do outro, surge uma força magnética entre eles, que pode ser de atração ou de repulsão.

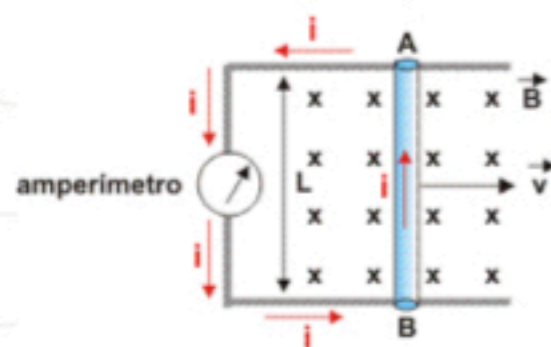
Essa força surge porque um fio (fio 1) percorrido por corrente elétrica gera ao seu redor um campo magnético, e um fio (fio 2) percorrido por corrente quando imerso num campo magnético (do fio 1) sofre uma força. Logo, forma-se um par ação-reação, de módulo dado por:

$$F_M = \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot l}{2\pi d}$$

- Quando as correntes forem no **mesmo sentido**, a força é de **ATRAÇÃO**.
- Quando as correntes forem em **sentidos contrários**, a força é de **REPULSÃO**.

# Indução Eletromagnética

## CORRENTE INDUZIDA E FEM INDUZIDA



Num condutor em movimento em um campo magnético, a força eletromotriz induzida é dada por:  
Lembrando que

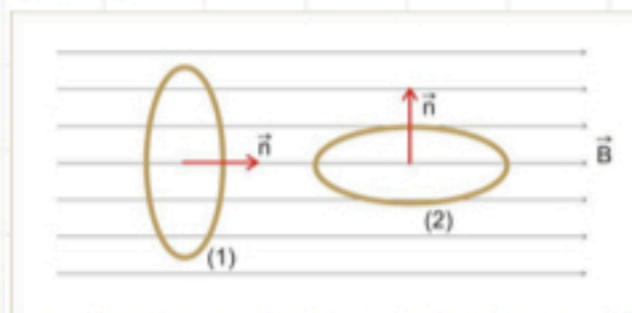
$$\mathcal{E}_{ind} = B \cdot v \cdot l$$

## FLUXO MAGNÉTICO

É uma grandeza escalar que mede o número de linhas de indução que atravessam a área A de uma espira imersa em um campo magnético B.

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

Em que  $\theta$  é o ângulo entre o vetor  $\vec{B}$  e a normal  $\vec{n}$  à área da espira.



## VARIAÇÃO DO FLUXO MAGNÉTICO

O fluxo magnético pode variar de três maneiras:

- Alterando a intensidade do campo magnético ( $\Delta B$ );
- Alterando a área da espira ( $\Delta A$ );
- Alterando o ângulo  $\theta$  ( $\Delta\theta$ ).

## LEI DE FARADAY

A fem induzida média em um circuito é dado por:

$$\mathcal{E}_{ind} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

## LEI DE LENZ

Toda vez que o fluxo magnético, através de um circuito, varia, surge, nesse circuito, uma fem induzida.

O sentido da corrente induzida é tal que, por seus efeitos, opõe-se à causa que lhe deu origem. Em outras palavras, o sentido da corrente induzida é tal que ela origina um fluxo magnético induzido que se opõe à variação do fluxo magnético que lhe deu origem.

Se a causa da fem induzida foi o aumento do fluxo "entrando", a corrente induzida surge de modo a diminuir o fluxo "entrando". Se a causa foi a diminuição do fluxo "entrando", a corrente induzida surge de modo a aumentar o fluxo "entrando".