

# **ELETRICIDADE BÁSICA**

# **COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO - CPN**

**Manual de treinamento  
curso básico segurança em instalações e serviços com eletricidade - NR 10**

## **COORDENAÇÃO CPN - GESTÃO 2004/ 2005**

Luiz Carlos de Miranda Junior – CPFL Energia

## **COORDENAÇÃO DO PROJETO**

Dhébora de Abreu Alves Poloto – AES Eletropaulo

## **ELABORAÇÃO E REVISÃO TÉCNICA/ PEDAGÓGICA**

Cláudio Sergio Denipotti – ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A.

Daniel Calesco – AES Tietê

Dhébora de Abreu Alves Poloto – AES Eletropaulo

Edson Muniz de Carvalho – AES Eletropaulo

Fabio Lellis Polezzi – CTEEP Companhia de Transmissão Energia Elétrica Paulista

Frederico Prestupa Neto – CPFL Energia

Jorge Santos Reis - Fundacentro

Luiz Roberto Xisto – Bandeirante Energia

Maria Cândida de Sousa – CTEEP Companhia de Transmissão Energia Elétrica Paulista

## **COLABORAÇÃO**

Carlos Alberto Ruzzon – AES Tietê

Helenice Ticianelli – AES Tietê

Ivan Gomes Cortez – AES Eletropaulo

José Carlos Porto Zitto – CPFL Energia

Marcelo Serra Lacerda da Silva - SABESP

Nicola Francelli – CPFL Energia

Paulo Roberto Coelho - SABESP

Robert Werner Dallmann - SABESP

Valdir Lopes da Silva – AES Eletropaulo

Comitê de segurança e saúde do trabalho – Fundação COGE

## **CRIAÇÃO GRÁFICA E DIAGRAMAÇÃO**

Michel Lucas de Oliveira – AES Eletropaulo

Rodolfo Dala Justino – AES Eletropaulo

Daniel Di Prinzio – AES Eletropaulo

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUÇÃO À ELETRICIDADE.....</b>	<b>5</b>
CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA.....	5
NATUREZA DA ELETRICIDADE.....	6
<b>CORRENTE ELÉTRICA.....</b>	<b>9</b>
INTRODUÇÃO.....	9
DEFINIÇÃO.....	10
CORRENTE ELÉTRICA.....	11
UNIDADE DE MEDIDA DA CORRENTE ELÉTRICA.....	11
INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA.....	12
CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO DO AMPERÍMETRO.....	13
<b>TENSÃO ELÉTRICA.....</b>	<b>14</b>
INTRODUÇÃO.....	14
DEFINIÇÃO.....	14
TENSÃO ELÉTRICA.....	14
FONTE DE TENSÃO ALTERNADA / CONTINUA.....	16
RESISTIVIDADE DOS MATERIAIS.....	17
UNIDADE DE MEDIDA DA TENSÃO ELÉTRICA.....	17
CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO DO VOLTÍMETRO.....	18
<b>RESISTÊNCIA ELÉTRICA.....</b>	<b>18</b>
DEFINIÇÃO.....	18
<i>Resistência elétrica.....</i>	<i>19</i>
<i>Unidade de medida de resistência elétrica.....</i>	<i>20</i>
<i>Cuidados na utilização do ohmímetro.....</i>	<i>20</i>
<b>LEI DE OHM.....</b>	<b>21</b>
DEFINIÇÃO.....	21
FÓRMULA DA LEI DE OHM.....	22
REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA DE UM CIRCUITO ELÉTRICO.....	23
ASSOCIAÇÃO DE RESISTÊNCIAS.....	24
ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE RESISTÊNCIA.....	24
COMPORTAMENTO DA TENSÃO E CORRENTE.....	25
RESISTÊNCIA EQUIVALENTE.....	25
ASSOCIAÇÃO DE RESISTÊNCIAS.....	25
CÁLCULO DA RESISTÊNCIA EQUIVALENTE.....	25
CIRCUITO EM SÉRIE.....	26
RESISTÊNCIA EQUIVALENTE.....	27
CONCLUSÃO.....	27
ASSOCIAÇÃO EM PARALELO DE RESISTÊNCIAS.....	27
COMPORTAMENTO DA TENSÃO E CORRENTE.....	28
CÁLCULO DA RESISTÊNCIA EQUIVALENTE.....	28
CIRCUITO PARALELO.....	29
CONCLUSÃO.....	30
CIRCUITO MISTO.....	30
<b>POTÊNCIA ELÉTRICA.....</b>	<b>31</b>
INTRODUÇÃO.....	31
POTENCIA ELÉTRICA.....	32
<i>Unidade de medida da potência elétrica.....</i>	<i>32</i>
<i>Múltiplos e submúltiplos.....</i>	<i>32</i>
<i>Constituição do wattímetro.....</i>	<i>33</i>
<b>EFEITO JOULE.....</b>	<b>33</b>
LEI DE JOULE.....	33
<b>MAGNETISMO.....</b>	<b>36</b>
INTRODUÇÃO.....	36
DEFINIÇÃO.....	36
<i>Ímãs Naturais e Artificiais.....</i>	<i>36</i>
<i>Pólos Magnéticos:.....</i>	<i>37</i>
<i>Atração e Repulsão dos Pólos Magnéticos:.....</i>	<i>37</i>
<i>Determinação dos Pólos Magnéticos:.....</i>	<i>38</i>
<i>Materiais Magnéticos:.....</i>	<i>38</i>
<i>Materiais Ferromagnéticos:.....</i>	<i>38</i>
<i>Materiais Não-Ferromagnéticos:.....</i>	<i>38</i>
<b>ELETROMAGNETISMO.....</b>	<b>39</b>
DEFINIÇÃO.....	39
<b>CORRENTE ALTERNADA.....</b>	<b>42</b>
FREQÜÊNCIA.....	43

<b>POTÊNCIA EM CORRENTE ALTERNADA.....</b>	<b>44</b>
<i>Fator da Potência.....</i>	<i>45</i>
<i>Potência Reativa.....</i>	<i>45</i>
<i>Baixo fator de potência (cos) significa:.....</i>	<i>45</i>
<i>Alto fator de potência (cos.) significa:.....</i>	<i>46</i>
<b>POTÊNCIA DE UM CAPACITOR.....</b>	<b>46</b>
<i>Constituição do capacitor:.....</i>	<i>46</i>
<b>CIRCUITO TRIFÁSICO .....</b>	<b>48</b>
<b>TENSÃO SIMPLES E TENSÃO COMPOSTA.....</b>	<b>49</b>
<b>CIRCUITO ESTRELA (Y).....</b>	<b>50</b>
<b>CIRCUITO ESTRELA EQUILIBRADO .....</b>	<b>51</b>
<b>CIRCUITO ESTRELA DESEQUILIBRADO.....</b>	<b>51</b>
<b>CIRCUITO TRIÂNGULO (Δ) .....</b>	<b>52</b>
<b>TRANSFORMADORES .....</b>	<b>52</b>
<b>TRANSFORMADOR MONOFÁSICO .....</b>	<b>54</b>
<b>TRANSFORMADOR TRIFÁSICO .....</b>	<b>55</b>
<b>TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP) .....</b>	<b>56</b>
<b>TRANSFORMADOR DE CORRENTE (TC) .....</b>	<b>57</b>

## INTRODUÇÃO

Esta apostila tem por objetivo fornecer informações básicas sobre eletrotécnica.

## INTRODUÇÃO À ELETRICIDADE

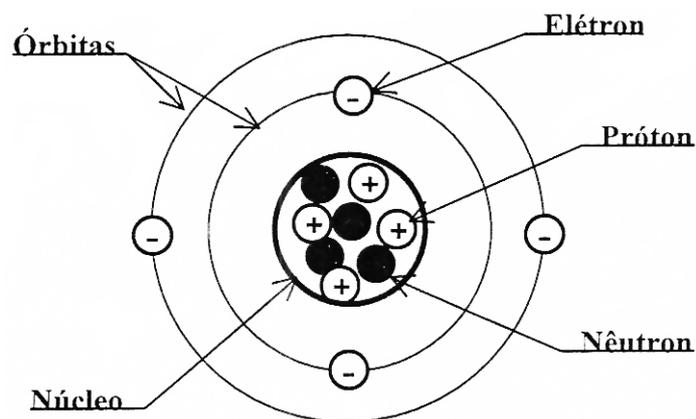
### Constituição da matéria

Matéria é tudo aquilo que possui massa e ocupa lugar no espaço.

A matéria é constituída de moléculas que, por sua vez, são formadas de átomos.

O átomo é constituído de um núcleo e eletrosfera, onde encontramos os:

- Elétrons
- Prótons
- Nêutrons



Portanto, o átomo é formado por:

#### Elétron:

É a menor partícula encontrada na natureza, com carga negativa. Os elétrons estão sempre em movimento em suas órbitas ao redor do núcleo.

#### Próton:

É a menor partícula encontrada na natureza, com carga positiva. Situa-se no núcleo do átomo.

#### Nêutron:

São partículas eletricamente neutras, ficando também situadas no núcleo do átomo, juntamente com os prótons.

## Natureza da eletricidade

Eletricidade é o fluxo de elétrons de átomo para átomo em um condutor.

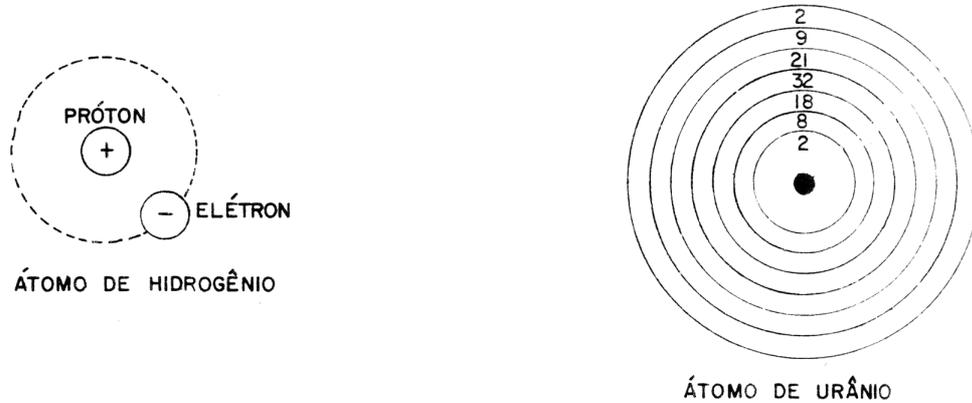


Figura 1 - Toda matéria é constituída de átomos.

Para entendê-la, deve-se pensar na menor parte da matéria, o átomo (figura 1). Todos os átomos tem partículas chamadas elétrons, que descrevem uma órbita ao redor de um núcleo com prótons.

O elemento mais simples é o hidrogênio. Como se pode ver na Figura 1, seu átomo tem um único elétron em órbita ao redor do núcleo, com um próton.

Um dos mais complexos elementos é o urânio, que tem 92 elétrons em órbita ao redor de um núcleo com 92 prótons.

Cada elemento tem sua própria estrutura atômica, porém cada átomo de um mesmo elemento tem igual número de prótons e elétrons.

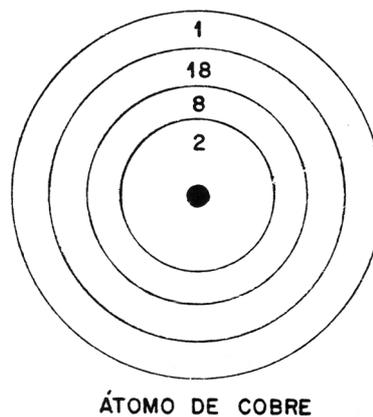


Figura 2 - Estrutura de um átomo de cobre.

O elemento cobre é muito empregado em sistemas elétricos, porque é um bom condutor de eletricidade.

Essa conclusão pode ser facilmente verificada observando-se a figura 2. O átomo de cobre contém 29 prótons e 29 elétrons. Os elétrons estão distribuídos em quatro camadas ou anéis. Deve-se notar, porém, que existe apenas um elétron na última camada (anel exterior).

Esse é o segredo de um bom condutor de eletricidade.

Elementos cujos átomos tem menos de quatro elétrons em seus respectivos anéis exteriores são geralmente denominados "bons condutores".

Elementos cujos átomos têm mais de quatro elétrons em seus respectivos anéis exteriores são maus condutores. São, por isso, chamados de isolantes.

Poucos elétrons no anel exterior de condutores são mais facilmente desalojados de suas órbitas por uma baixa voltagem, para criar um fluxo de corrente de átomo para átomo.

### Em síntese:

- átomos têm elétrons em órbita ao redor de um núcleo com prótons;
- cada átomo contém igual número de elétrons e prótons;
- os elétrons ocupam camadas ou anéis, nos quais orbitam em volta do núcleo;
- átomos que possuem menos de quatro elétrons no seu anel exterior são bons condutores de eletricidade (exemplo: cobre).

Já se determinou que os átomos possuem partículas chamadas prótons e elétrons.

Essas partículas tem determinadas cargas:

**Prótons** - cargas positivas (+)

**Elétrons** - cargas negativas (-)

Os prótons, no núcleo, atraem os elétrons, mantendo-os em órbita. Desde que a carga positiva dos prótons seja igual a carga negativa dos elétrons, o átomo é eletricamente neutro.

Entretanto, essa igualdade de cargas pode ser alterada; se elétrons são retirados do átomo, este se torna carregado positivamente(+).

### Assim sendo:

- átomos carregados negativamente - maior número de elétrons;
- átomos carregados positivamente - menor número de elétrons;

As figuras abaixo exemplificam as afirmações acima.

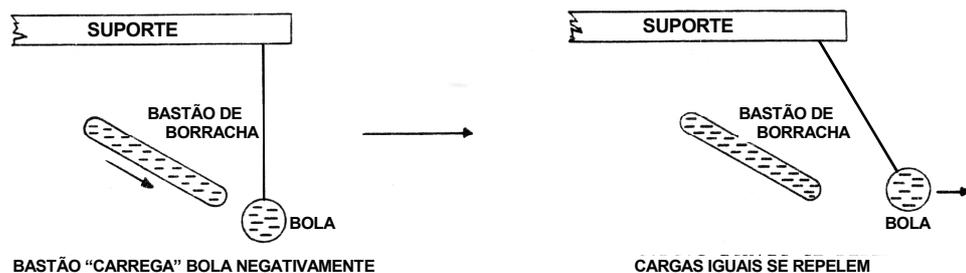


Figura 3 - Cargas de mesmo sinal se repelem.

A experiência da figura 3 demonstra essa transferência de elétrons.

Quando um bastão de borracha é friccionado em um pedaço de lã, elétrons são removidos da lã e distribuídos pelo bastão. A lã agora está carregada positivamente e o bastão negativamente.

Aproximando-se o bastão de uma bola suspensa e eletricamente isolada, esta recebe uma parte de carga negativa do bastão. Se retirarmos este bastão e tentarmos ligá-lo novamente a bola, esta se afastará (haverá repulsão). Isto porque cargas do mesmo sinal se repelem. Se ambas as cargas fossem positivas, portanto, ocorreria o mesmo fenômeno.

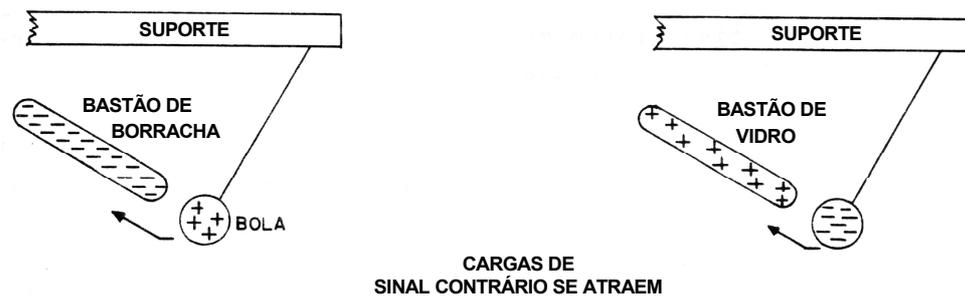


Figura 4 - Atração de cargas diferentes.

O que ocorreria, porém, se um bastão carregado negativamente fosse aproximado de uma bola carregada positivamente? Pela figura 4, nota-se que a bola se moveria em direção do bastão, sendo atraída por ele (da mesma forma, um bastão carregado positivamente atrairia uma bola carregada negativamente).

Em outras palavras, cargas de sinal contrário se atraem.

#### Resumindo:

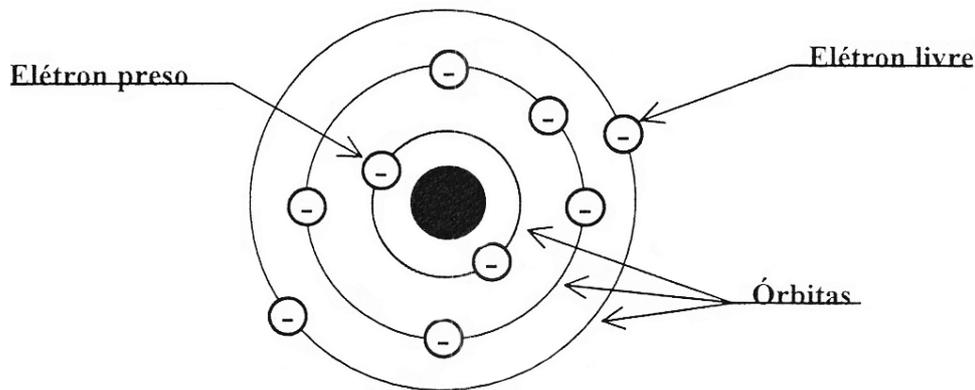
- elétrons podem ser levados a abandonar seus átomos em muitos materiais;
- uma energia advinda, por exemplo, de fricção é necessária para causar a fuga dos elétrons de seus respectivos átomos;
- cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinal contrário se atraem.

O que aconteceria por exemplo se um pedaço de fio condutor de cobre fosse submetido a uma carga positiva em um extremo e a uma carga negativa no outro?

O fio de cobre contém bilhões de átomos com elétrons. Um desses elétrons próximo ao pólo positivo seria atraído por essa carga e abandonaria seu átomo. Esse átomo se tornaria carregado positivamente e atrairia um elétron do próximo, que se carregaria positivamente e assim por toda a extensão do condutor. O resultado integrado é uma movimentação (fluxo) de elétrons através do condutor entre o pólo negativo (-) e o pólo positivo (+).

## CORRENTE ELÉTRICA

Num átomo existem várias órbitas.



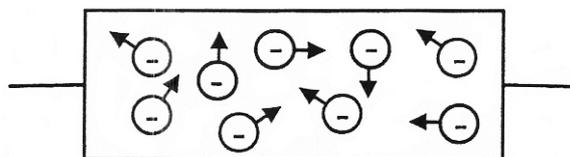
### Introdução

Os elétrons mais próximos do núcleo tem maior dificuldade de se desprenderem de suas órbitas, devido a atração exercida pelo núcleo; assim os chamamos de elétrons presos.

Os elétrons mais distantes do núcleo (última camada) têm maior facilidade de se desprenderem de suas órbitas porque a atração exercida pelo núcleo é pequena; assim recebem o nome de elétrons livres.

Portanto, os elétrons livres se deslocam de um átomo para outro de forma desordenada, nos materiais condutores.

Considerando-se que nos terminais do material abaixo temos de lado um pólo positivo e de outro um pólo negativo, o movimento dos elétrons toma um determinado sentido, da seguinte maneira:

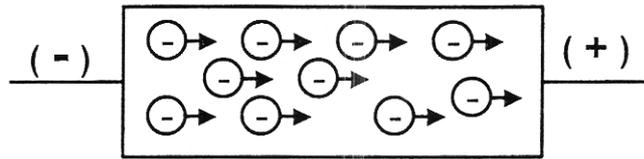


Os elétrons (-) são atraídos pelo pólo positivo e repelidos pelo negativo.

Assim, os elétrons livres passam a ter um movimento ordenado (todos para a mesma direção).

### Definição

A este movimento ordenado de elétrons damos o nome de CORRENTE ELÉTRICA.

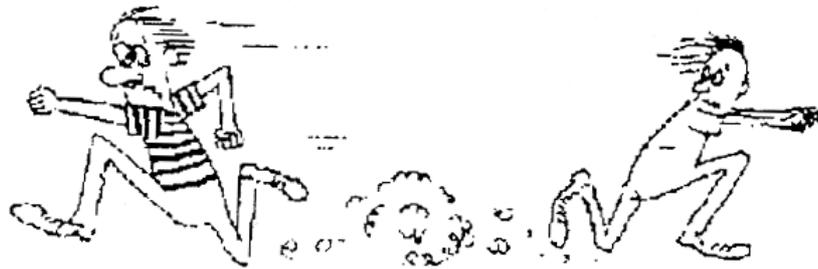



---

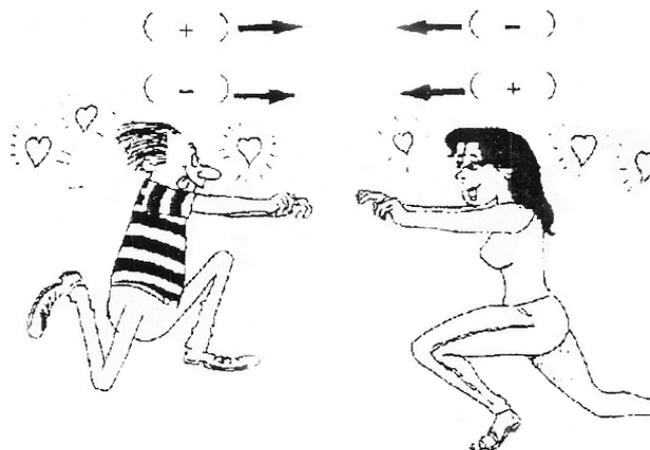
#### NOTA:

---

Sinais de mesmo nome se repelem.



Sinais de nome diferente se atraem.



## Corrente elétrica

Esse fluxo ou corrente de elétrons continuará, enquanto as cargas positivas e negativas forem mantidas nos extremos do fio (carga de sinal contrário atraindo-se).

Isso é fenômeno da eletricidade atuando, de onde se conclui: eletricidade é o fluxo de elétrons de átomo para átomo em um condutor (Figura 5).

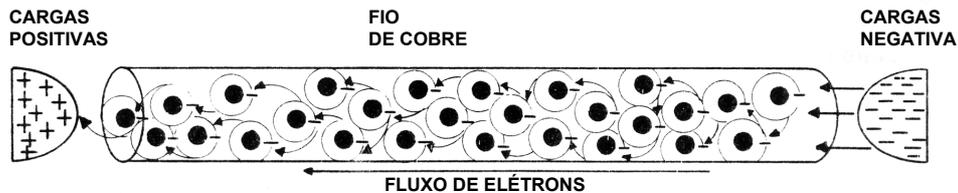


Figura 5 - Fluxo de elétrons em um condutor.

## Unidade de medida da corrente elétrica

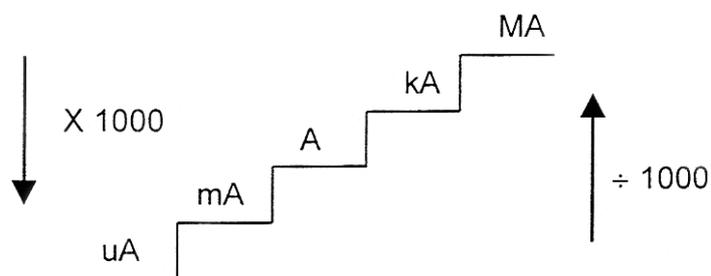
Para se expressar a quantidade de corrente elétrica utilizamos o ampère.

Exemplo:

$$I = 3 \text{ ampères}$$

$$I = 3A$$

Múltiplos e submúltiplos



Para corrente inferiores utilizamos o miliampère (mA).

Para correntes superiores utilizamos o kiloampère (kA).

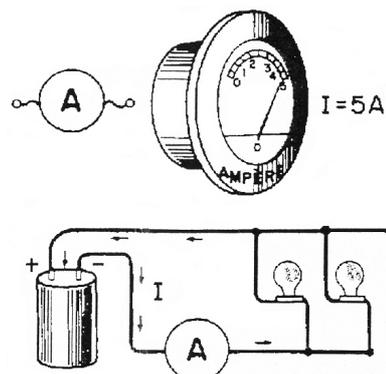
Exemplo:

$$I = 2\text{mA} = 0,002A$$

$$I = 6\text{kA} = 6000A$$

O aparelho utilizado para medir a intensidade de corrente elétrica (I) é o AMPERÍMETRO.

O amperímetro deve ser ligado em série com o circuito; conforme figura abaixo:



## INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA

Entende-se por intensidade de corrente elétrica a quantidade de elétrons que fluem através de um condutor durante um certo intervalo de tempo.

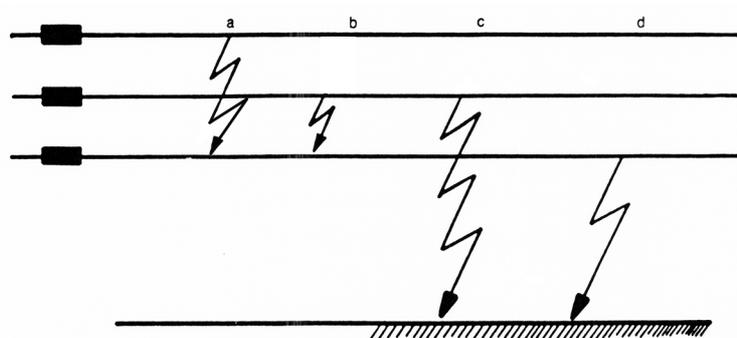
A unidade de medida padrão da intensidade da corrente elétrica é o "AMPÈRE" que é representado pela letra maiúscula "A". O aparelho destinado para medi-la chama-se "Amperímetro".

### Noção de curto-circuito

Este termo é empregado quando há uma ligação direta entre um condutor ou equipamento energizado e a terra.

Um curto-circuito representa uma instabilidade elétrica e seus efeitos são mais nocivos que os efeitos causados pelas sobrecorrentes.

### Tipos de Curto-Circuitos



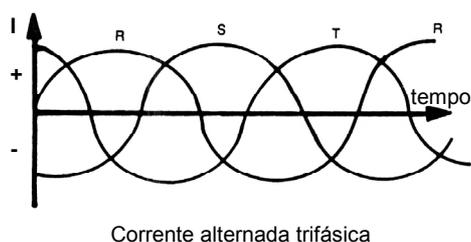
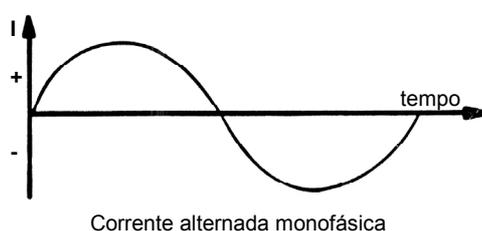
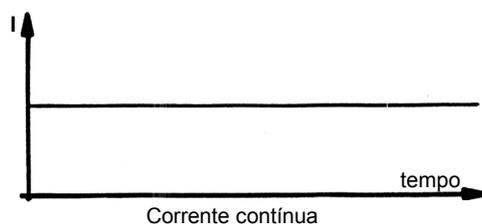
- a. trifásico
- b. bifásico
- c. bifásico à terra
- d. fase à terra

### Diferença entre sobrecorrente e curto-circuito

No caso das sobrecorrentes, ocorre uma elevação gradual em intensidade da corrente elétrica, enquanto que na ocasião dos curtos-circuitos a corrente elétrica assume valores altíssimos instantaneamente.

### Gráficos da Corrente Elétrica

A corrente elétrica fornecida a um circuito consumidor pode ser contínua (C.C) ou alternada (C.A.), sendo que neste último caso ela ainda poderá ser monofásica (1 fase) ou trifásica (3 fases).



Pode-se observar que a corrente contínua se mantém constante em relação ao tempo, enquanto que a corrente alternada é variável tanto na polaridade (+ e -) quanto na intensidade (valores medidos).

### Cuidados na utilização do amperímetro

1. A graduação máxima da escala deverá ser sempre maior que a corrente máxima que se deseja medir.
2. Procurar utilizar uma escala, onde a leitura da medida efetuada seja o mais próximo possível do meio da mesma.
3. Ajustá-lo sempre no zero, para que a leitura seja correta (ajuste feito com ausência de corrente).
4. Evitar choques mecânicos com o aparelho.
5. Não mudar a posição de utilização do amperímetro, evitando assim leituras incorretas.
6. Obedecer à polaridade do aparelho, se o mesmo for polarizado. O pólo positivo (+) do amperímetro ligado ao pólo positivo da fonte e o pólo negativo (-) ao pólo negativo do circuito.

## TENSÃO ELÉTRICA

### Introdução

Vimos anteriormente que a corrente elétrica é o movimento ordenado de elétrons num fio condutor.

Entretanto para que haja este movimento é necessário que alguma força, ou pressão, apareça nos terminais deste condutor. A figura abaixo procura ilustrar este movimento. De um lado, o terminal do condutor está ligado ao potencial positivo e do outro lado ao potencial negativo. Dessa forma, como existe uma diferença de potencial aplicada aos terminais do fio, um fluxo de elétrons se movimentará pelo mesmo. A esta "pressão elétrica" chamamos: diferença de potencial ou tensão elétrica.

### Definição

Tensão Elétrica é a força, ou pressão elétrica, capaz de movimentar elétrons ordenadamente num condutor.

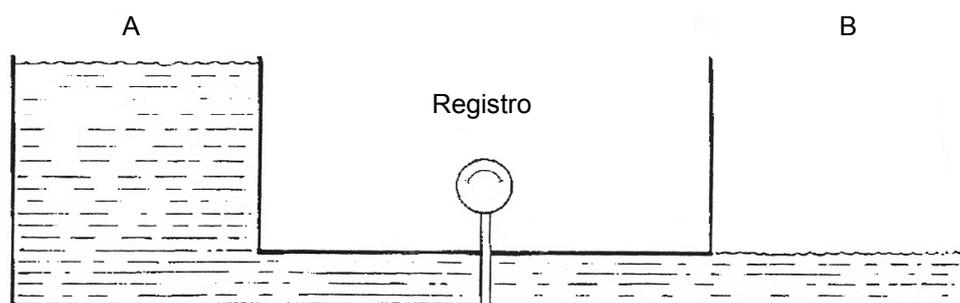
Podemos lembrar inclusive de uma analogia feita a um sistema hidráulico, onde observamos que a água fluirá, através do cano, até que as "pressões" dos dois reservatórios se igualem.

### Tensão Elétrica

Vamos fazer uma analogia com a instalação hidráulica mostrada na figura abaixo.

O reservatório A está mais cheio que o reservatório B, portanto o reservatório A tem maior pressão hidráulica.

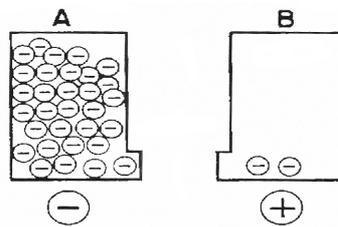
Ligando-se os reservatórios A e B com um cano, a pressão hidráulica de A "empurra" a água para B, até que se igualem as pressões hidráulicas.



Supondo agora dois corpos A e B que possuem cargas elétricas diferentes.

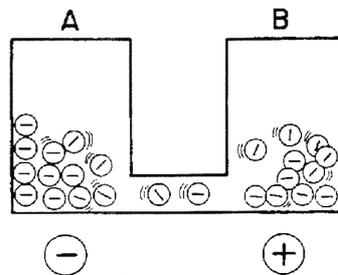
O corpo A tem maior número de elétrons do que o corpo B; então dizemos que ele tem maior "potencial elétrico".

Há uma maior diferença de potencial elétrico (d.d.p.).



Ligando-se os corpos A e B com um condutor, o "potencial elétrico" de A empurra os elétrons para B, até que se igualem os potenciais.

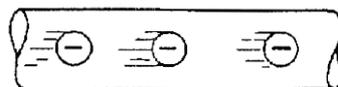
Comparando-se os dois casos, podemos dizer que o potencial elétrico é uma "pressão elétrica" que existe nos corpos eletrizados.



**Portanto dizemos que:**

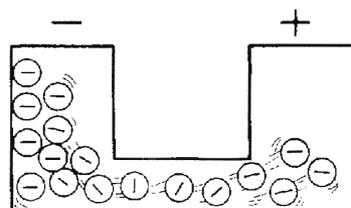
Tensão elétrica é a pressão exercida sobre os elétrons para que estes se movimentem.

O movimento dos elétrons através de um condutor é o que chamamos de corrente elétrica.



Para que haja corrente elétrica é necessário que haja uma diferença de potencial entre os pontos ligados.

Os elétrons são "empurrados" do potencial negativo para o potencial positivo.



A tensão é também chamada de diferença de potencial (d.d.p.) ou voltagem.

O mesmo efeito ocorre com a Eletricidade. Uma carga elétrica tende a passar do ponto de potencial maior para outro de potencial menor. O movimento de elétrons pelo fio condutor irá igualar os potenciais, cessando-se em seguida. Porém, pretendendo-se manter a corrente elétrica, deve-se manter a diferença de potencial nos terminais do condutor. Estes terminais denominam-se pólos e convencionam-se chamar positivo o de maior potencial e negativo o outro.

É usual tomar como referência de potencial elétrico à terra, a qual se atribui o valor zero. Assim, ao afirmar que o potencial elétrico é positivo ou negativo, diz-se que seu potencial é maior ou menor em relação ao da terra.

O símbolo utilizado para representação da tensão é a letra maiúscula "V", que é também utilizada como unidade de medida padrão. O aparelho destinado a medi-la chama-se Voltímetro.

### Fonte de Tensão Alternada / Continua

O equipamento utilizado para o fornecimento de tensão alternada é o chamado Alternador e seu princípio de funcionamento se dá através da indução eletromagnética.

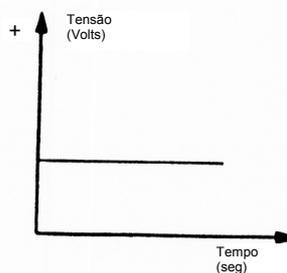
A tensão alternada pode ter os seus valores aumentados ou diminuídos com facilidade, (através do emprego de transformadores), o que não ocorre com tensão contínua.

Por isso, as fontes geradoras utilizadas pelas indústrias de energia elétrica são fontes de energia alternada.

A fonte mais utilizada para fornecimento de tensão contínua é a bateria e os retificadores.

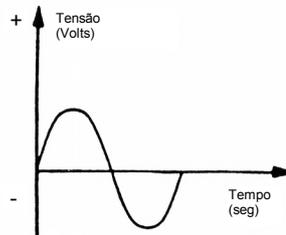
Este é um fator muito importante para a transmissão e distribuição de energia elétrica. No caso de fornecimento de energia às indústrias que se utilizam de tensão contínua, por exemplo nas indústrias químicas, são utilizados retificadores para a conversão da tensão alternada em tensão contínua.

Gráfico da Tensão Contínua



Podemos observar no gráfico acima, que a tensão contínua se mantém constante em relação ao tempo.

### Gráfico da Tensão Alternada



A tensão alternada é variável em relação ao tempo tanto na polaridade quanto na sua intensidade.

### Resistividade dos Materiais

É a propriedade característica específica de um material, em relação a sua constituição atômica.

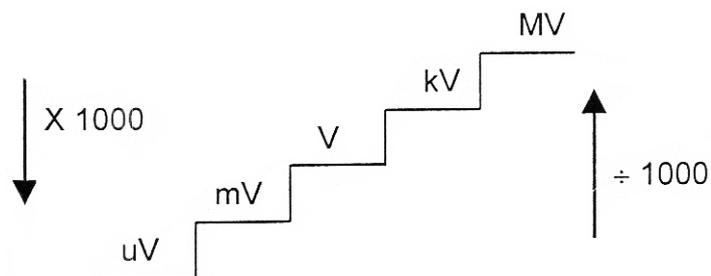
A resistividade é diferente para diferentes materiais, sendo ela que determina a maior ou menor oposição do material, em relação a corrente elétrica.

### Unidade de Medida da Tensão Elétrica

VOLT é utilizado como unidade de tensão elétrica, representado pela letra "V".

EX: 127 volts = 127 V

### Múltiplos e Submúltiplos

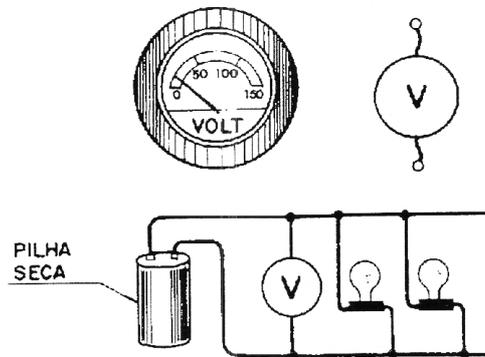


Para tensões mais elevadas utilizamos os Kilovolt (KV).

13,8kilovolt = 13,8KV = 13.800V

O aparelho utilizado para medir a tensão elétrica chama-se VOLTÍMETRO.

O voltímetro deve ser instalado em paralelo com o circuito.



### Cuidados na Utilização do Voltímetro

1. A graduação máxima da escala deverá sempre ser maior que a tensão máxima que se deseja medir.
2. Procura fazer a leitura mais próxima possível do meio da escala, para que haja maior precisão.
3. O ajuste de zero deve ser feito sempre que for necessário com ausência de tensão.
4. Evitar qualquer tipo de choque mecânico.
5. Usar o voltímetro sempre na posição correta, para que haja maior precisão nas leituras.
6. Caso o voltímetro tenha polaridade, o lado (+) do mesmo deve ser ligado ao pólo positivo da fonte e o lado (-) do aparelho com o negativo da fonte.

## RESISTÊNCIA ELÉTRICA

### Definição

Resistência Elétrica é a oposição que um material oferece à passagem da corrente elétrica.

De um modo geral, os diversos materiais variam em termos de "comportamento elétrico", de acordo com sua estrutura atômica. Como sabemos, uns apresentam-se como condutores e outros como isolantes.

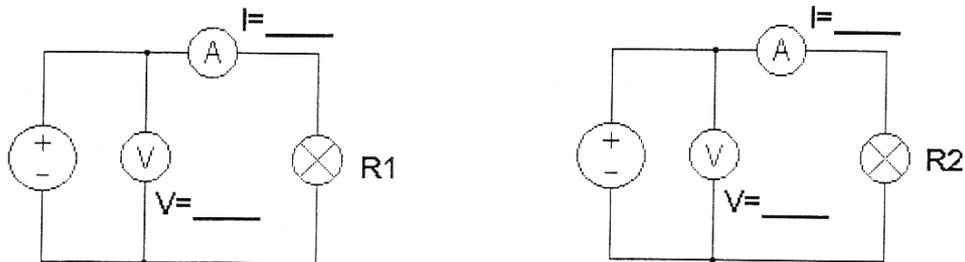
Os materiais isolantes são os de maior resistência elétrica, ou seja: os que mais se opõem à passagem da corrente elétrica. Os materiais condutores, apesar de sua boa condutividade elétrica, também oferecem resistência à passagem da corrente, embora em escala bem menor.

O símbolo utilizado para a sua representação é a letra grega ômega ( $\Omega$ ).

O aparelho destinado a medi-la chama-se ohmímetro.

## Resistência elétrica

Dois cargas são alimentadas pela mesma tensão, mas são atravessadas por intensidade de correntes diferentes. Por quê ?



O valor da corrente elétrica não depende só da tensão aplicada ao circuito, vai depender também da carga, onde uma se opõe mais que a outra ao deslocamento dos elétrons.

Portanto:

Resistência elétrica é a oposição que os materiais oferecem à passagem da corrente elétrica.

Símbolo da resistência



Calcular a resistência elétrica de um fio de alumínio das mesmas características do exemplo anterior, cuja resistividade específica é 0,0280 Ohms.mm<sup>2</sup>.

$$R = 0,0280 \cdot 200 \rightarrow R = 1,120 \text{ Ohms}$$

Calcular a resistência elétrica de um fio de prata das mesmas características dos exemplos anteriores, cuja resistividade específica é 0,0160 Ohms.mm<sup>2</sup>.

$$R = 0,0160 \cdot 200 \rightarrow R = 0,640 \text{ Ohms}$$

Observando os resultados acima, vemos que o material que apresenta menor resistividade específica é a prata. Portanto, um condutor de prata apresenta maior condutividade à passagem da corrente elétrica, seguido de um condutor de cobre e depois de um condutor de alumínio.

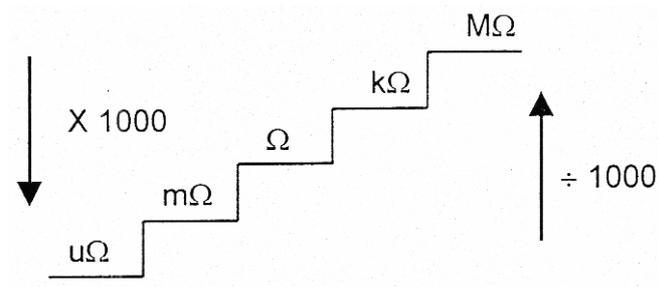
### Unidade de medida de resistência elétrica

O OHM é utilizado como unidade de medida de resistência elétrica, sendo representado pela letra grega ômega ( $\Omega$ )

Exemplo:

$$320 \text{ ohms} = 320 \Omega$$

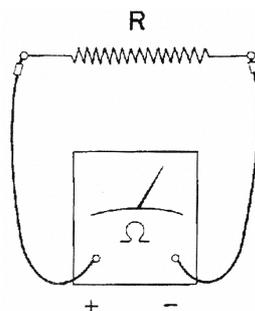
Múltiplos e submúltiplos



- mega-ohm =  $M\Omega$
- Kilo- ohm =  $K\Omega$
- Mili- ohm =  $m\Omega$
- Micro- ohm =  $u\Omega$

O aparelho utilizado para medir resistência elétrica chama-se OHMÍMETRO.

Quando se deseja medir resistência elétrica de um material, deve-se ligar os terminais do ohmímetro aos terminais do material.



### Cuidados na utilização do ohmímetro

- 01- A graduação máxima da escala deverá ser sempre maior que a resistência máxima que se deseja medir.
- 02- Ajustar o ohmímetro a zero toda vez que se for medir uma resistência.
- 03- A resistência deve ser medida sempre com ausência de corrente e desconectada do circuito.
- 04- Evitar choque mecânico do aparelho.
- 05- Usar o aparelho sempre na posição correta, para minimizar erros de medição.

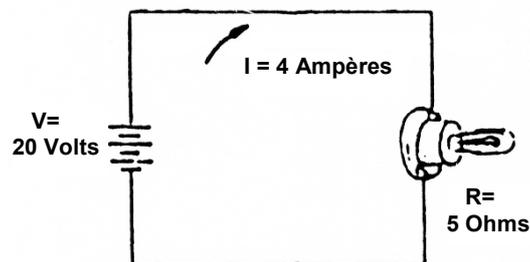
## LEI DE OHM

### Definição

Nos circuitos elétricos, os valores da tensão, corrente e resistência estão proporcionalmente relacionados entre si por uma lei fundamental da eletricidade, denominada "Lei de OHM".

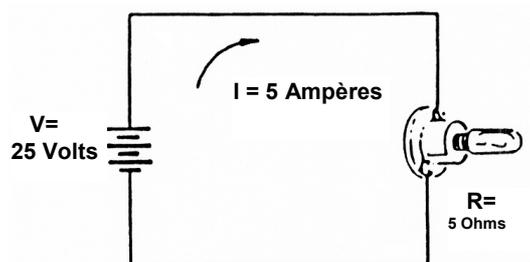
A lei OHM determina a seguinte relação: "A corrente elétrica num circuito é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência do circuito".

Temos abaixo, um circuito onde os valores das três grandezas elétricas acham-se determinados.

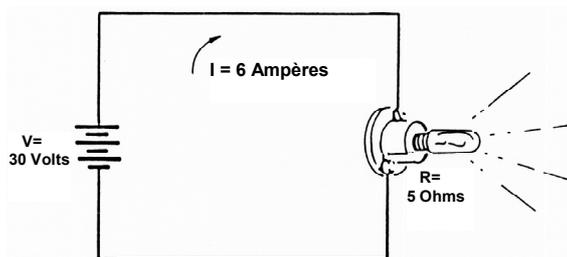


Podemos observar entretanto, que um aumento de valor da tensão elétrica aplicada, implicará num aumento da corrente, o que pode ser comprovado com o aumento do brilho da lâmpada.

Concluimos que a intensidade da corrente elétrica é diretamente proporcional ao valor da tensão aplicada, desde que o valor da resistência do circuito seja constante.

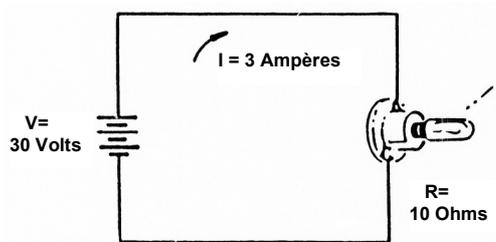


Na segunda montagem, temos um circuito elétrico onde se acham determinados os valores da tensão corrente e resistência.



Podemos observar que um aumento da resistência elétrica do circuito implica na diminuição da corrente, o que pode ser comprovado pela diminuição do brilho da lâmpada.

Concluimos que a intensidade da corrente é inversamente proporcional à resistência, desde que o valor da tensão aplicada seja mantido constante no circuito.



### Fórmula da Lei de OHM

A Lei de Ohm é expressa pela seguinte fórmula:

$$V = R \times I$$

Obtemos da mesma Lei outras duas expressões:

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

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

Exemplo:

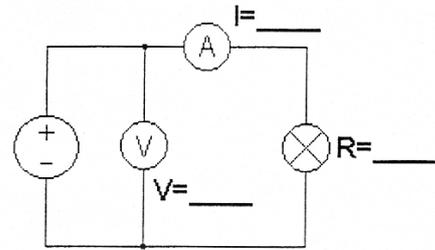
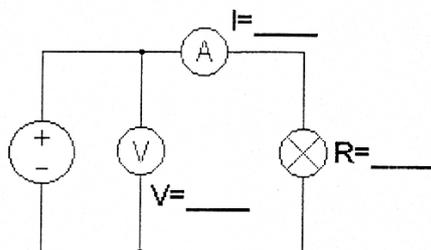
Calcular o valor da corrente elétrica num circuito, onde a tensão mede 10 volts e a resistência é de 20 ohms.

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

$$I = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ ampères}$$

Na folha seguinte são propostos alguns exercícios.

Se variarmos a tensão e mantivermos a resistência fixa...

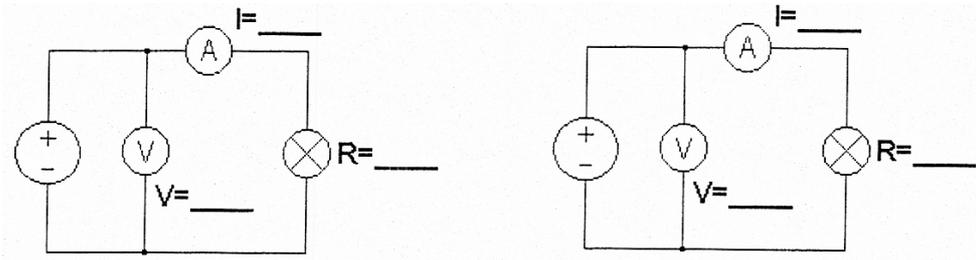


... verificamos que a corrente varia no mesmo sentido da variação da tensão.

“QUANTO MAIOR A TENSÃO, MAIOR SERÁ A CORRENTE”.

QUANTO MENOR A TENSÃO MENOR SERÁ A CORRENTE.

Se mantivermos a tensão fixa e variarmos a resistência...



... verificamos que a corrente varia em sentido oposto à variação da resistência.

“QUANTO MAIOR A RESISTÊNCIA, MENOR SERÁ A CORRENTE”.

“QUANTO MENOR A RESISTÊNCIA MAIOR SERÁ A CORRENTE”

**Portanto:**

A intensidade de corrente varia diretamente proporcional a Tensão “V” ou inversamente proporcional a Resistência “R”.

Assim, escrevemos:

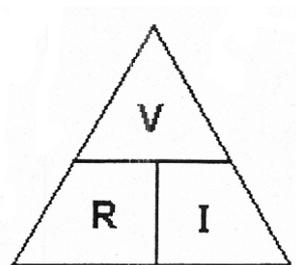
$$I_A = \frac{V_V}{R_\Omega}$$

A esta relação chamamos de LEI DE OHM, também escrita:

$$V = R \times I$$

OU

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



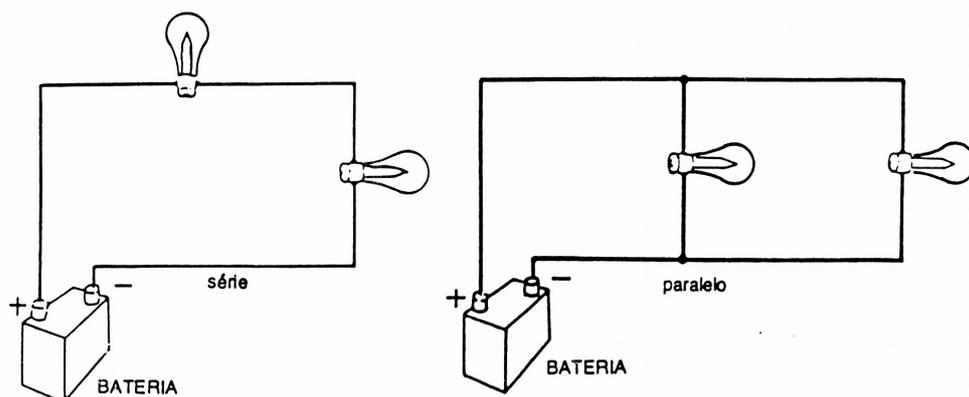
## Representação simbólica de um circuito elétrico

Um circuito elétrico normalmente é representado, através de símbolos.

## Associação de resistências

Uma lâmpada incandescente é, basicamente uma resistência. Assim, as ligações entre lâmpadas são feitas da mesma forma que as ligações entre resistências.

As figuras abaixo, ilustram dois modos diferentes de associações de resistências: em série e em paralelo.

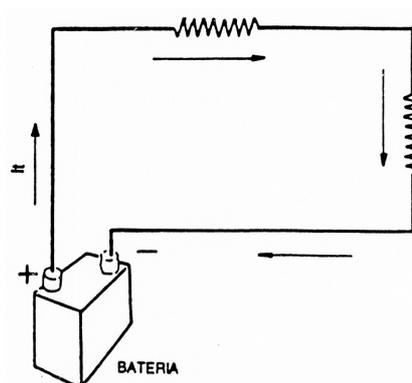


## Associação em série de resistência

Numa associação em série de resistências, a corrente elétrica que percorre uma delas é a mesma que percorre as demais.

Conforme a figura a seguir, a corrente elétrica sai da bateria, passa pelas resistências e retorna à fonte.

Na associação em série, se houver queima de uma das resistências, o circuito todo ficará interrompido (aberto) e não haverá circulação de corrente elétrica através das demais resistências.



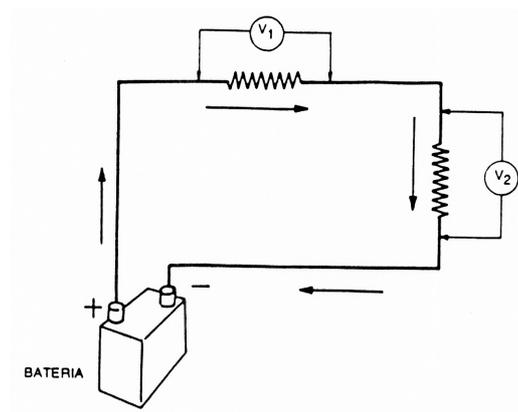
## Comportamento da Tensão e Corrente

Na associação em série, a corrente elétrica que percorre as resistências é sempre da mesma intensidade, ou seja:

$$I = \text{CONSTANTE}$$

Em contrapartida, haverá sempre uma queda de tensão em cada uma das resistências associadas.

A somatória das várias quedas de tensão resultará no valor da tensão fornecida pela fonte.



## Resistência Equivalente

Resistência equivalente de um circuito é a resultante que equivale a todas as resistências associadas.

Qualquer associação de resistências pode, para efeito de cálculo, ser substituída por uma resistência equivalente.

## Associação de resistências

Classificação dos circuitos

- Circuito série
- Circuito paralelo
- Circuito misto

## Cálculo da Resistência Equivalente

### Associação em série

Na associação em série, o cálculo é bastante simples: apenas, somam-se os valores da resistência.



$$R_1 = 4 \text{ ohms} \quad R_2 = 2 \text{ ohms} \quad R_3 = 10 \text{ ohms}$$

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

$$R_{qe} = 4 + 2 + 10$$

$$R_{eq} = 16 \text{ ohms}$$

Apesar de 3 resistores associados a fonte enxerga como carga um único resistor de 16 ohms, ou seja: o equivalente da associação.



$$R_{eq} = 16 \text{ ohms}$$

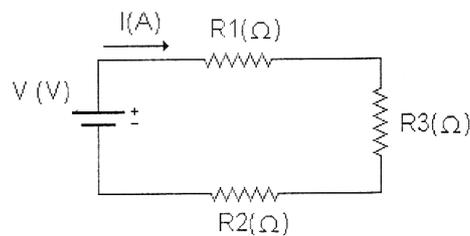
### Circuito em série

Desde que você ligue resistências com extremidade, elas ficarão ligadas em série.

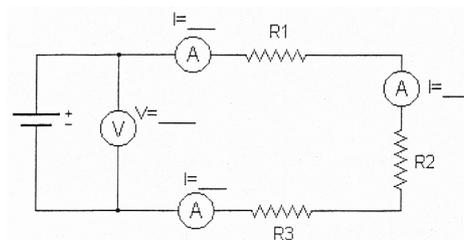
Exemplo: Vagões de trem



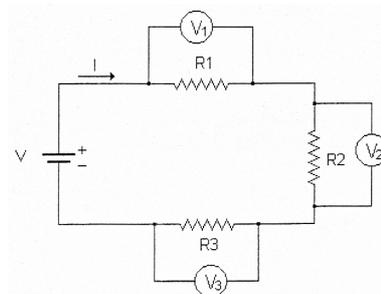
Para que haja corrente nas resistências é necessário ligar os terminais restantes a uma fonte de tensão.



Medindo as correntes nas resistências verificamos que a corrente é a mesma em todas as resistências:

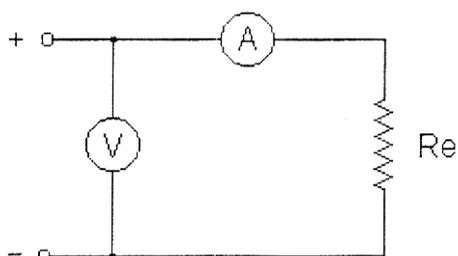


Medindo as tensões nas resistências, vamos verificar que a tensão da fonte é repartida entre as resistências, ou seja, a soma das quedas de tensão nas resistências é igual à tensão da fonte.



## Resistência equivalente

É uma única resistência que pode ser colocada no lugar das outras resistências do circuito. Ou seja, submetida à mesma tensão permitirá a passagem do mesmo valor de corrente.



## Conclusão

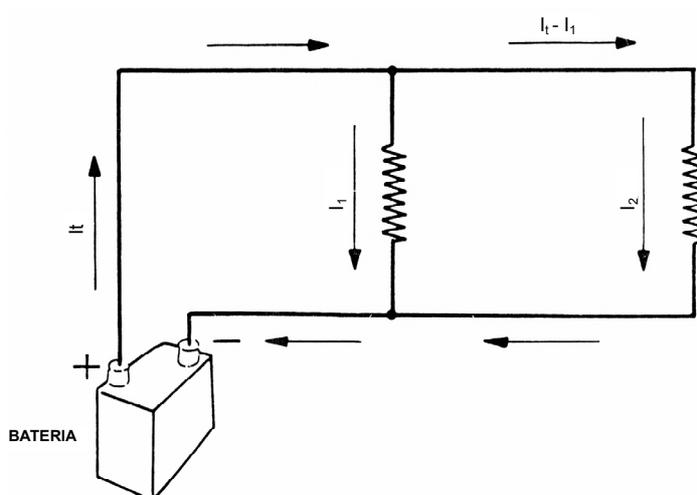
Circuito série é aquele em que a corrente possui um único caminho a seguir no circuito e a tensão da fonte se distribui pelas resistências que compõem o circuito. Neste tipo de circuito existe a interdependência entre as resistências. Se uma delas queimar, a corrente não circulará mais.

## Associação em Paralelo de Resistências

Neste tipo de associação, circula, através de cada resistência, uma determinada corrente elétrica que é sempre inversamente proporcional ao valor da resistência.

No exemplo abaixo, a corrente elétrica sai da bateria, subdivide-se nas resistências que compõem a associação e, finalmente retorna à fonte.

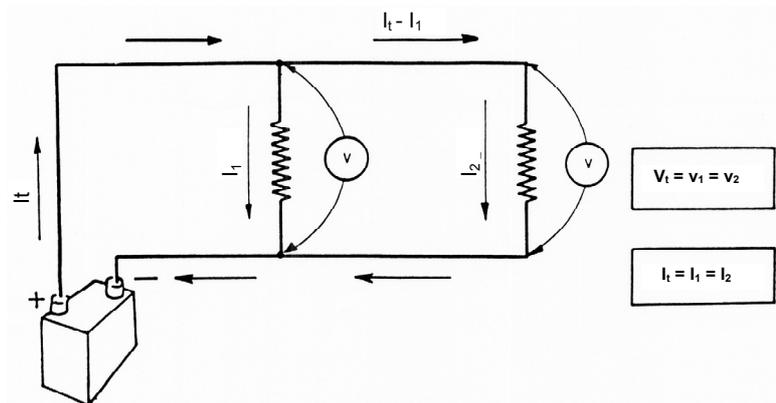
Na associação em paralelo, mesmo que ocorra a queima de uma das resistências, as demais não sofrerão interrupção na sua alimentação.



## Comportamento da Tensão e Corrente

Na associação em paralelo, a tensão aplicada é sempre a mesma nos diversos terminais das resistências.

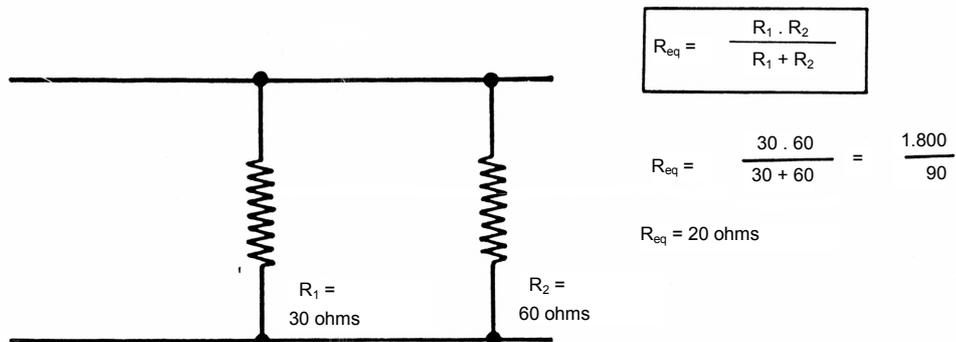
Por outro lado, a corrente se subdivirá em número idêntico à quantidade de resistências associadas e será de intensidade proporcional ao valor de cada uma delas.



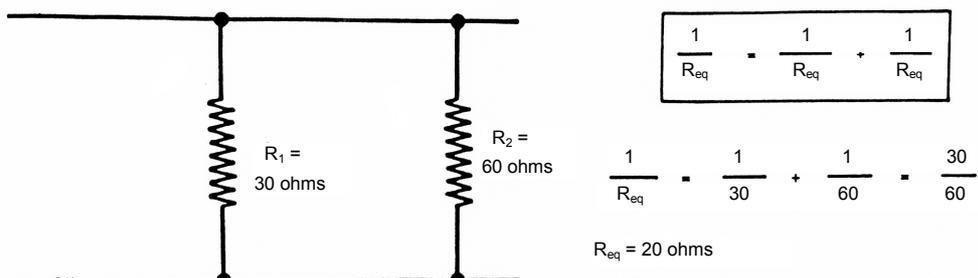
## Cálculo da Resistência Equivalente

### Associação em Paralelo

Como primeira regra, temos que a resistência equivalente é igual ao resultado do produto pela soma dos respectivos resistores.



Como segunda regra, temos que a resistência equivalente é igual a soma inversa dos respectivos resistores.



A primeira regra é a mais simplificada. Entretanto, a segunda permite que calculemos de uma única vez o equivalente de uma associação com mais de dois resistores em paralelo.

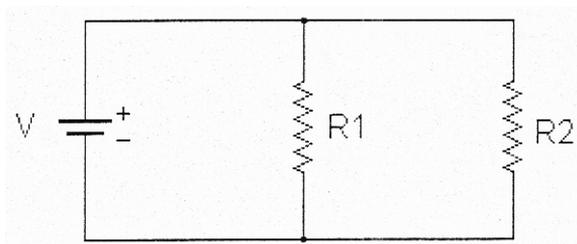
Vale ressaltar que em ambos os casos, a fonte enxerga um único resistor à sua frente de 20 ohms, ou seja: o equivalente da associação.



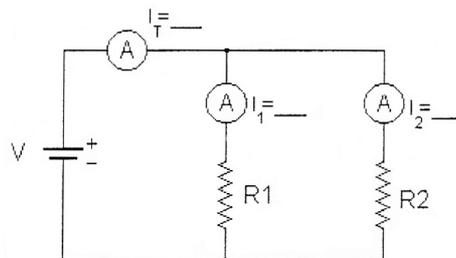
## Circuito Paralelo

Quando se liga resistências lado a lado, unindo suas extremidades, elas são ligadas em paralelo.

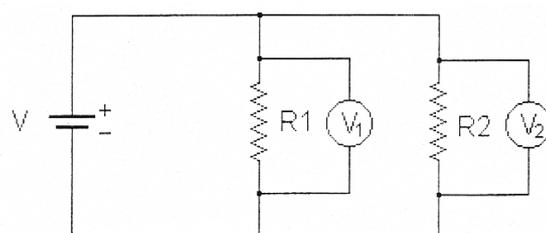
Para esse circuito há mais de um caminho para a corrente elétrica.



Medindo as correntes nas resistências, verificamos que a corrente é dividida entre as resistências, sendo que a soma das correntes em cada ramo é igual à corrente total do circuito.



Medindo as tensões nas resistências, verificamos que a tensão é a mesma em todas as resistências.



## Conclusão

No circuito paralelo, a corrente se divide nos ramos, sendo a soma das mesmas é igual a corrente total do circuito. A tensão é sempre a mesma em todo o circuito. As resistências são independentes, ou seja, se uma delas queimar, continua passando corrente pelas outras.

Para calcularmos a resistência equivalente do circuito paralelo usamos a fórmula.

---

### Nota:

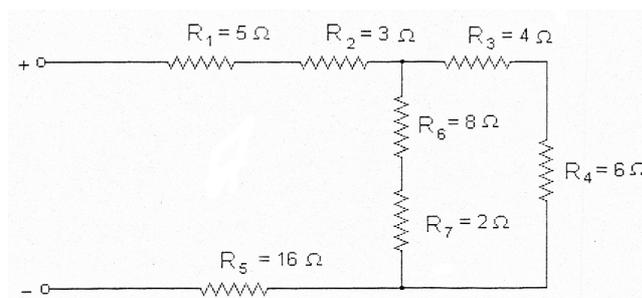
A Resistência equivalente ( $R_e$ ) de um circuito paralelo é sempre menor que a menor resistência do circuito.

---

## Circuito misto

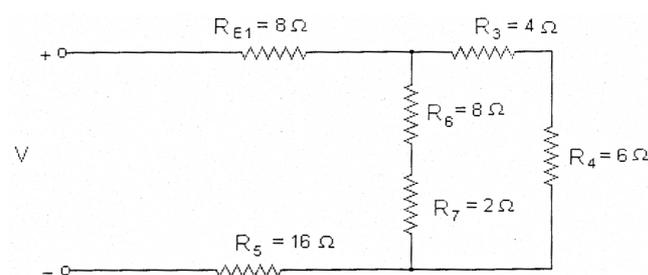
É aquele em que existem resistências, tanto em série como em paralelo.

Exemplo:

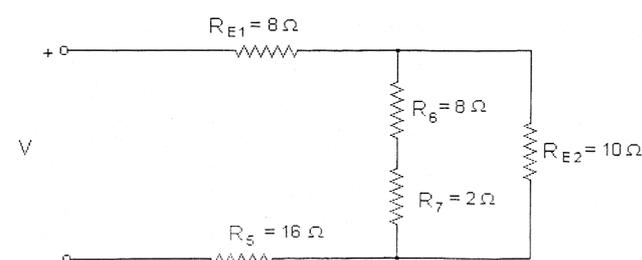


Resolução do circuito acima:

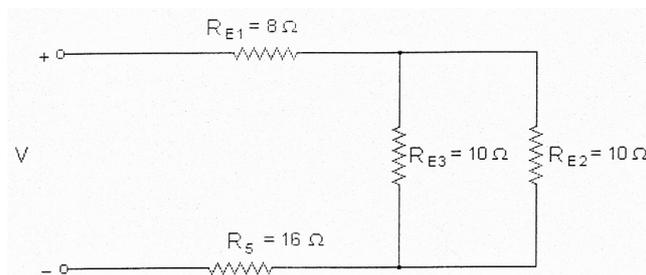
1.  $R_1$  e  $R_2$  estão em série, então:  $R_{E1} = R_1 + R_2$



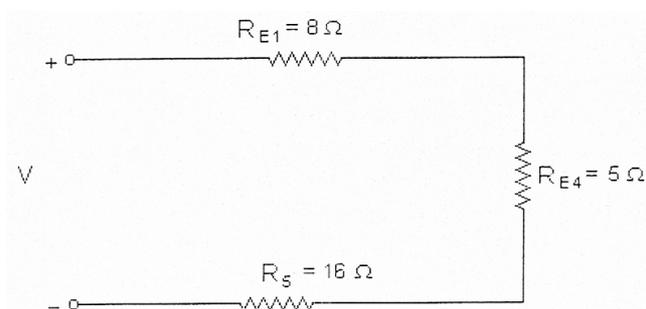
2.  $R_3$  e  $R_4$  estão em série, então encontramos  $R_{E2}$  onde:  $R_{E2} = R_3 + R_4$



3. R6 e R7 estão em série, então encontramos Re3 onde:

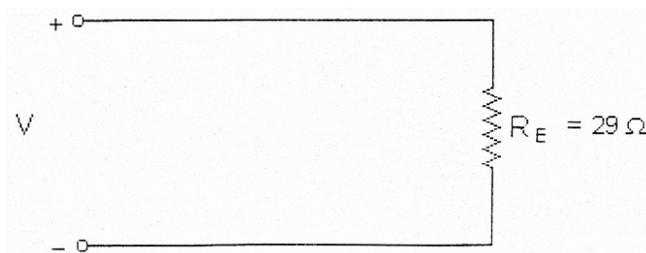


4. Re2 e Re3 estão em paralelo, então encontramos Re4:



5) Re1, Re4 e R5 estão em série, então:  $R_e = R_{e1} + R_{e4} + R_5$

$R_e = 29$  ohms



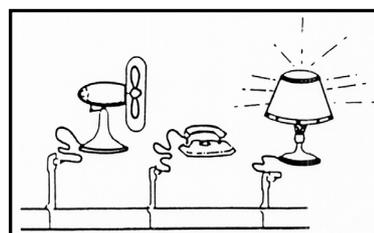
## POTÊNCIA ELÉTRICA

### Introdução

Quando ligamos um aparelho em uma máquina elétrica a uma fonte de eletricidade, produz-se certa quantidade de "trabalho", às custas da energia elétrica que se transforma.

Por exemplo:

O motor de um ventilador transforma a energia elétrica em energia mecânica, provocando um giro na hélice e conseqüente circulação forçada do ar.



O aquecimento do ferro de passar roupa se processa porque na resistência do mesmo, se verifica uma transformação de energia elétrica em energia térmica (calor).

## Potencia Elétrica

Ainda como exemplo, temos a lâmpada que, através de um filamento interno, transforma a energia elétrica em energia luminosa.

Potência elétrica ou mecânica é a rapidez com que se faz trabalho.

Podemos considerar, para facilitar o entendimento, como capacidade de produzir trabalho que uma carga possui.

A potência de uma carga depende de outras grandezas, que são: R (resistência) e V (tensão aplicada). Uma vez aplicada uma tensão à resistência, teremos a corrente I.

Assim, podemos dizer que a potência também depende da corrente.

Temos:

$$P = R \times I^2$$

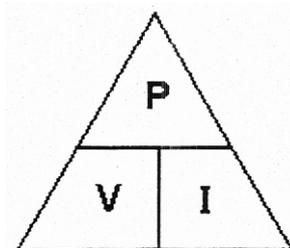
e

$$P = V \times I$$

Nos prenderemos mais à segunda equação  $P=V \times I$  onde:

V → volts

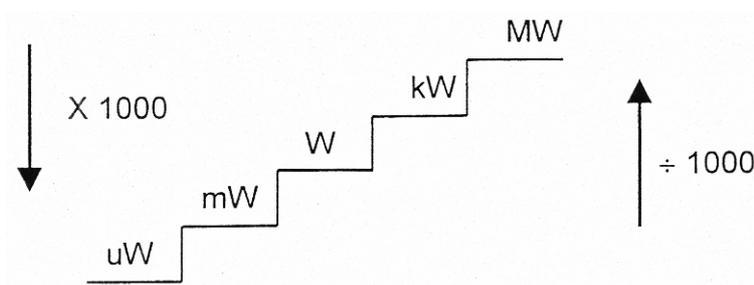
I → ampères



## Unidade de medida da potência elétrica

A unidade de medida da potência elétrica é o WATT (W).

## Múltiplos e submúltiplos



Normalmente usamos os múltiplos do watt:

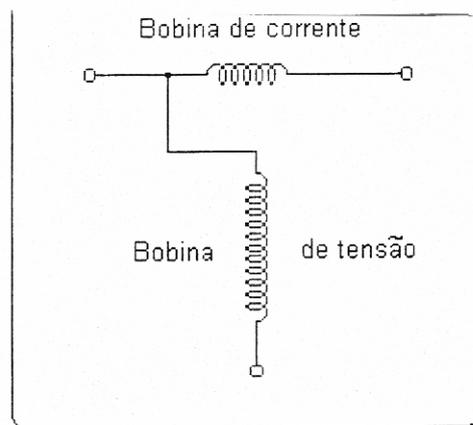
1 kW = 1.000 W e 1 MW = 1.000.000 W

O aparelho de medida da potência elétrica é o wattímetro:

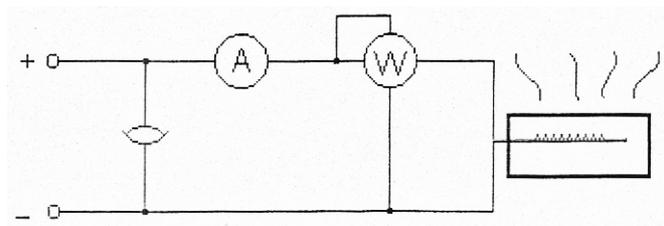
Como vemos, o produto da tensão pela corrente  $V \times I$  é igual à potência indicada pelo wattímetro.

### Constituição do wattímetro

O wattímetro é constituído basicamente por uma bobina de tensão, ligada em paralelo como no voltímetro, e uma bobina de corrente, ligada em série como no amperímetro.



O wattímetro, então, pode ser considerado como sendo um voltímetro e um amperímetro agindo simultaneamente.



## EFEITO JOULE

### Lei de Joule

A Lei de Joule estuda a transformação de energia elétrica em calor:

Sempre que uma corrente elétrica passa por um condutor, haverá produção de calor, pois os condutores se aquecem sempre.

Se a corrente é bastante intensa, e o condutor oferece resistência à sua passagem, os efeitos são consideráveis.

O inventor da unidade Joule foi o físico inglês Giacomo Presscott joule que nasceu em 1818 e morreu em 1889.

A potência elétrica absorvida por um motor transforma-se em grande parte em potência mecânica e em pequena parte em calor, por esta razão todas as máquinas elétricas se aquecem quando funcionam.

Energia Elétrica

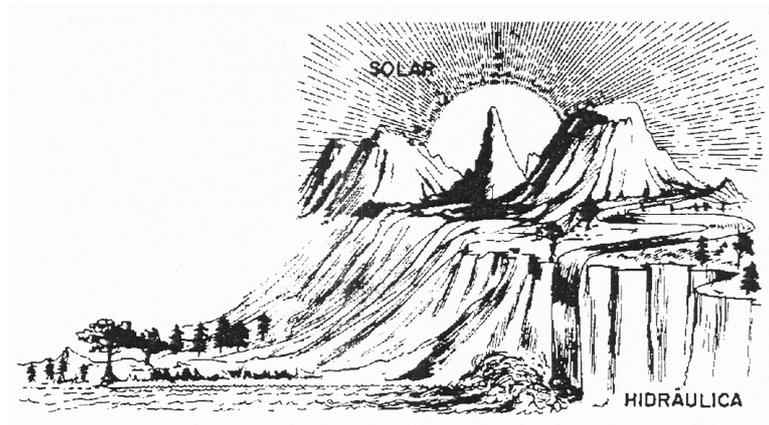
É a energia "Consumida". Podemos ainda dizer que ela representa o trabalho realizado por um aparelho elétrico.

Na verdade, a energia está presente na natureza de várias formas e o que fazemos é transformá-la para a produção de trabalho.

"Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma."

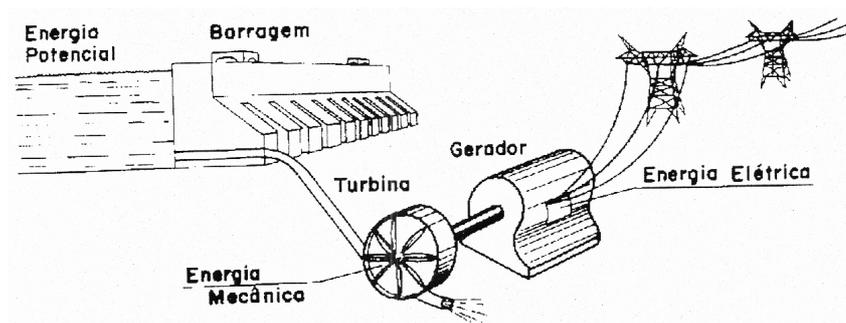
Veja alguns exemplos de formas de energia que encontramos na natureza:

- Solar;
- Luminosa;
- Hidráulica;
- Mecânica;
- Eólica;
- Etc.

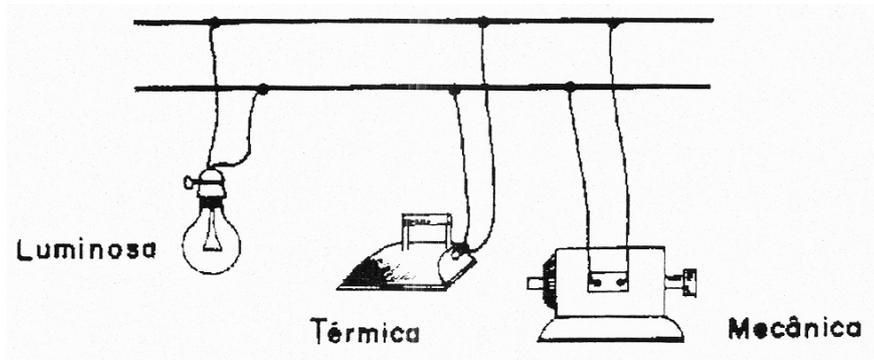


### Exemplo de Transformação de Energia

Uma quantidade de água armazenada numa represa possui energia hidráulica em potencial, que pode ser transformada em energia mecânica, fazendo girar uma turbina. a turbina, fazendo girar o gerador, estará transformando energia mecânica em energia elétrica



A energia elétrica, por sua vez, é levada ao consumidor, onde novamente é transformada nas mais variadas formas de energia: térmica, mecânica, luminosa etc.



A energia elétrica é medida em watt-hora (Wh), ou em quilowatt-hora (kWh), ou em megawatt-hora (MWh).

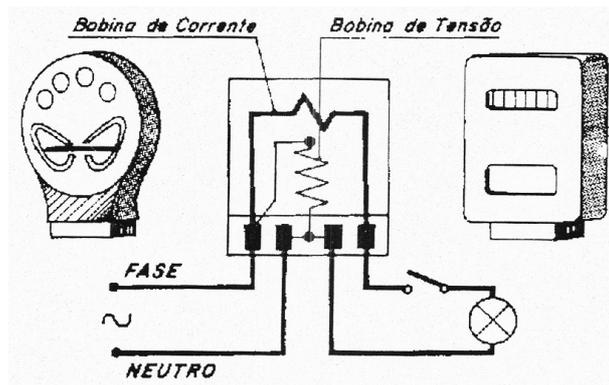
O aparelho que mede energia elétrica é o medidor de energia elétrica.

$$1\text{kWh} = 1.000\text{Wh}$$

$$1\text{MWh} = 1.000.000\text{Wh}$$

Constituição do medidor.

- Bobina de tensão
- Bobina de corrente
- Disco
- Ímã
- Registrador
- Terminais de ligação

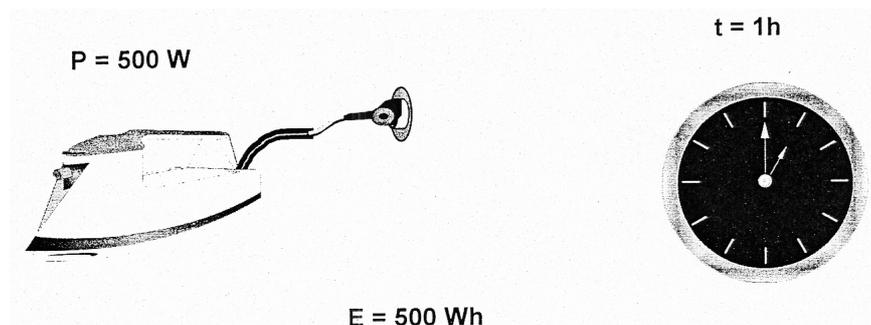


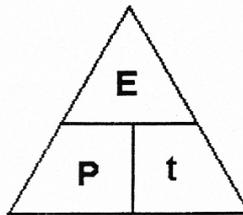
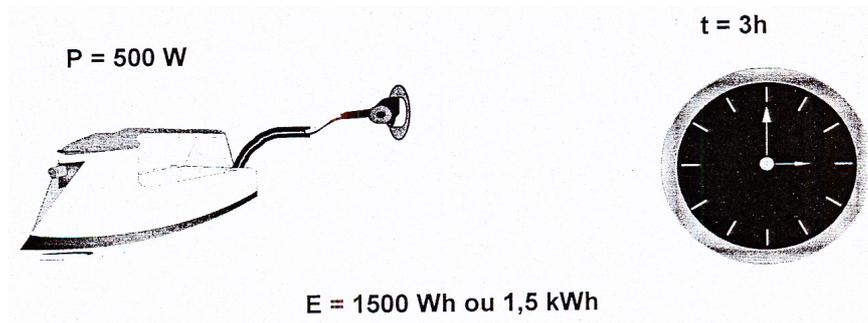
A energia elétrica depende da potência elétrica da carga (P) e do tempo (t) em que a mesma ficou ligada.

$$E(\text{Wh}) = P_{(W)} \times t_{(h)}$$

$$E(\text{kWh}) = P_{(kW)} \times t_{(h)}$$

Um medidor pode então ser comparado a um wattímetro e um relógio agindo simultaneamente.





## MAGNETISMO

### Introdução:

Antes de mostrarmos como conseguimos obter eletricidade através do magnetismo, vamos dar uma idéia do que vem a ser isto.

Conta a lenda que em uma remota antiguidade, os gregos descobriram que um certo tipo de rocha, que eles encontraram inicialmente perto da cidade de Magnésia, na Ásia Menor, tinha o poder de atrair e segurar pedaços de ferro. A rocha encontrada era na realidade um tipo de minério de ferro, chamado “magnetita”.

### Definição:

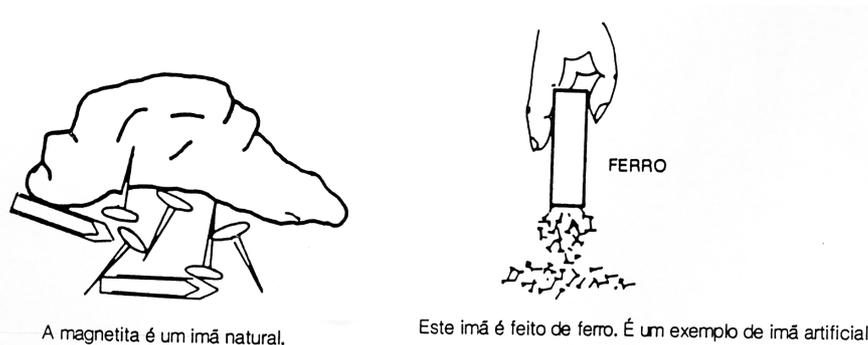
Definimos magnetismo como sendo a propriedade que certos corpos possuem de atraírem materiais ferrosos.

Estes corpos são chamados de ímãs, também conhecidos por magnetos.

### Ímãs Naturais e Artificiais

A magnetita é o ímã que se encontra na natureza e o classificamos como “ímã natural”. Entretanto, podemos, através de certos artifícios, fazer com que certos corpos (compostos por materiais ferrosos) se tornem ímãs.

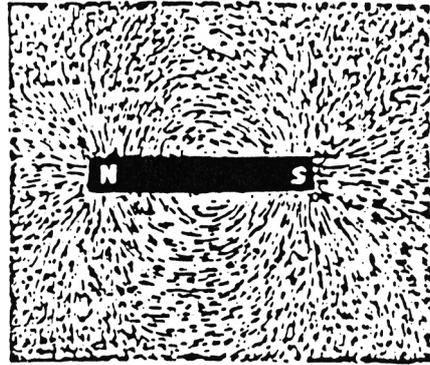
Os ímãs obtidos dessa forma são chamados “ímãs artificiais”.



### Pólos Magnéticos:

Um ímã não apresenta propriedades magnéticas em toda a sua extensão, mas só em certas regiões chamadas: regiões polares.

A figura abaixo ilustra a configuração do campo magnético ao redor de um ímã (espectro magnético).

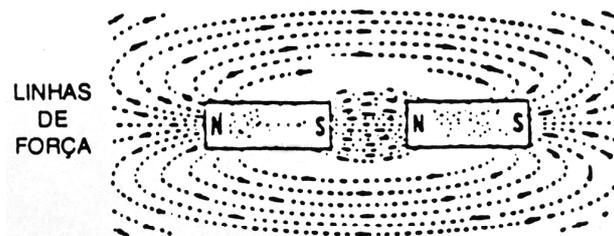


Dizemos que extremamente, as linhas de força deixam o pólo norte e se dirigem ao pólo sul dos ímãs.

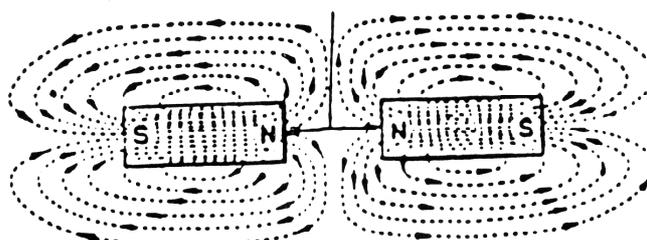
### Atração e Repulsão dos Pólos Magnéticos:

Se dois ímãs estiverem próximos um do outro e com liberdade de movimento, eles poderão se atrair ou se repelir. Esta propriedade dos ímãs resulta numa regra muito importante: pólos magnéticos diferentes se atraem, enquanto que pólos magnéticos iguais se repelem.

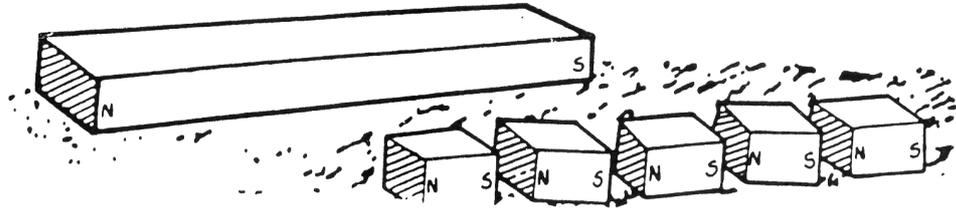
Observando a figura abaixo, vemos que existe uma concordância de direção entre as linhas de força dos pólos norte e sul dos dois ímãs, daí a atração.



Por outro lado, a reação entre os campos magnéticos de dois ímãs com pólos do mesmo nome, um defronte do outro, tendem a repelir-se. Observando-se a figura abaixo, vemos que não existe uma concordância de direção entre as linhas de força dos pólos norte dos dois ímãs, daí a repulsão.

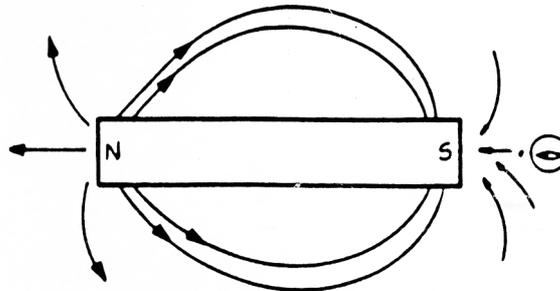


Se cortarmos um ímã ao meio, teremos dois novos ímãs distintos, cada um com seu pólo norte e sul. Da mesma forma ocorrerá se cortarmos um ímã em vários pedaços.



### Determinação dos Pólos Magnéticos:

Com o auxílio de uma bússola, podemos determinar facilmente os pólos magnéticos de um ímã, como ilustra a figura abaixo.



Quando próximo da bússola, o ímã causa um desvio na direção da agulha. Dessa forma, a extremidade do ímã que atrair o pólo norte da bússola será o pólo sul e vice-versa.

### Materiais Magnéticos:

Os materiais que apresentam propriedades magnéticas são classificadas em vários tipos. Destacaremos apenas dois: materiais ferromagnéticos e materiais não ferromagnéticos.

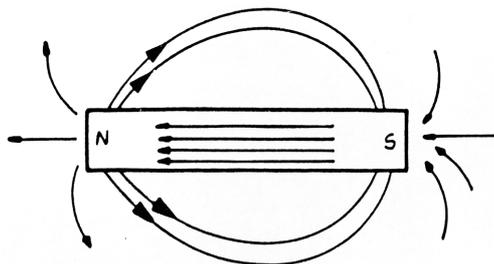
### Materiais Ferromagnéticos:

Dizemos que um material é ferromagnético quando ele é fortemente atraído por um ímã, a exemplo do ferro, níquel, cobalto e algumas ligas que contem esses elementos.

### Materiais Não-Ferromagnéticos:

São materiais que não são atraídos pelos ímãs, a exemplo do alumínio, plástico, latão.

Sentido das Linhas de Força num Imã:



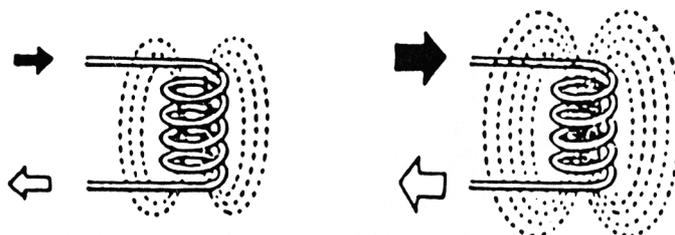
Foi convenção dizer que as linhas de força num ímã são orientadas externamente do pólo norte para o pólo sul e internamente do pólo sul para o pólo norte, como ilustra a figura ao lado.

Depois de conhecermos algumas propriedades dos ímãs, veremos os mais importantes fenômenos gerados pelo magnetismo. (campo magnético)

## ELETROMAGNETISMO

### Definição

É o poder de atração que a corrente elétrica ao passar pelo condutor exerce sobre os materiais ferrosos (geração de campo magnético).

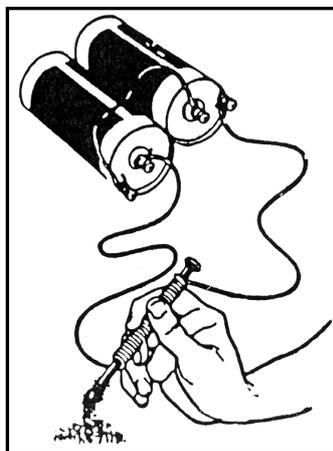


Na figura acima temos um condutor em forma de bobina onde se encontra um campo magnético com maior intensidade (linhas de força).

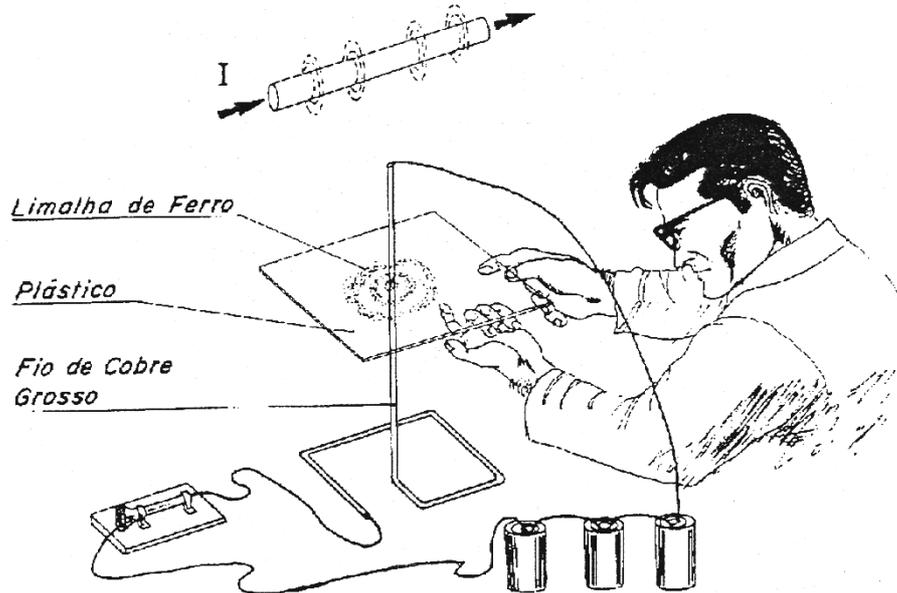
Ao se aplicar uma corrente baixa, obtem-se um campo fraco; ao se aplicar uma corrente alta, obtem-se um campo forte (mais intenso).

Ao lado temos uma aplicação do efeito causado pelo eletromagnetismo. (Princípio do eletroímã), onde a corrente elétrica ao percorrer o condutor, cria um campo eletromagnético no mesmo, que está enrolado em um prego transferido poderes eletromagnéticos a este prego.

Quando uma corrente elétrica percorre um condutor, ela cria em torno deste um campo magnético.

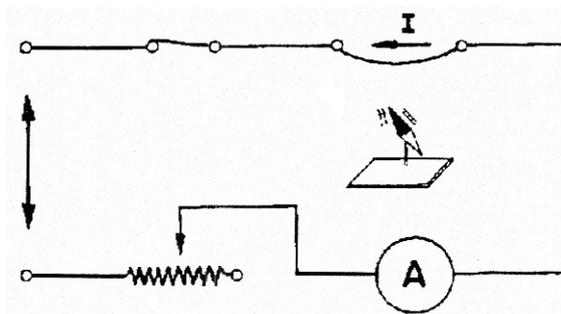


Este campo magnético tem forma circular e aparece em toda extensão do condutor.

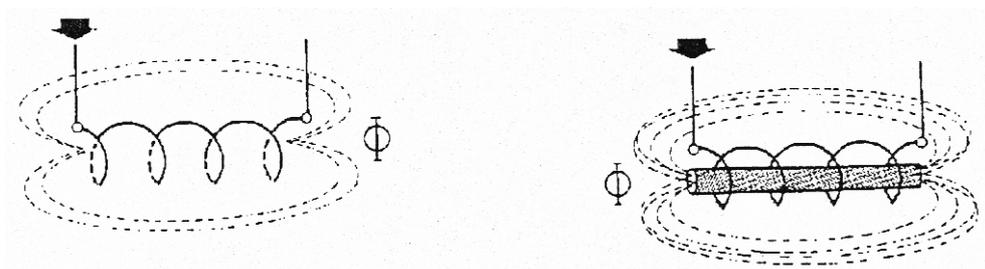


Uma bússola colocada perto de um condutor percorrido por uma corrente elétrica sofrerá um deslocamento em virtude do campo magnético ao redor deste condutor.

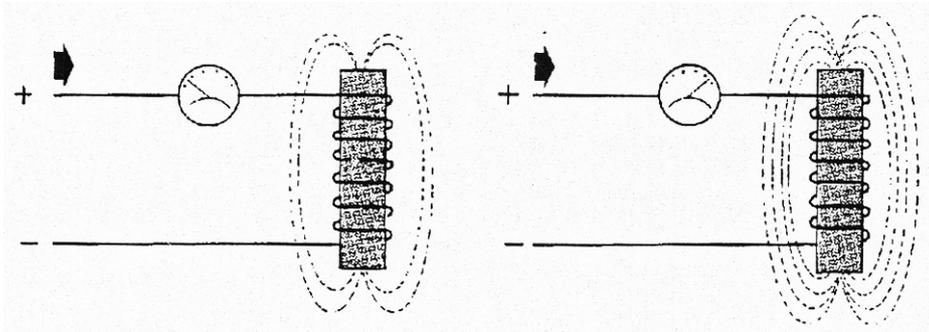
Este campo magnético tem um determinado sentido, que depende do sentido da corrente aplicada.



Podemos aumentar um campo magnético colocando um núcleo de ferro na bobina.



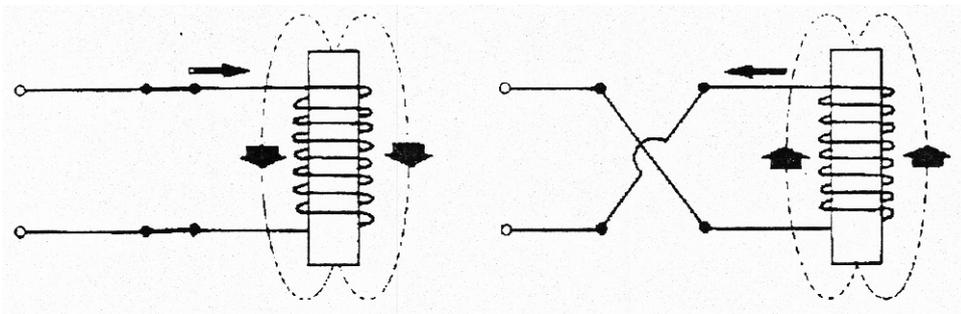
O campo magnético pode ser aumentado quando aumentado a corrente.



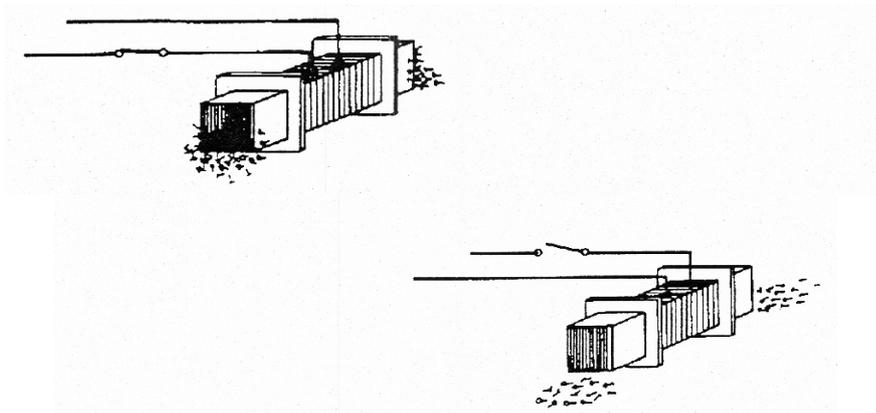
Podemos aumentar o campo magnético quando aumentamos o número de espira da bobina.



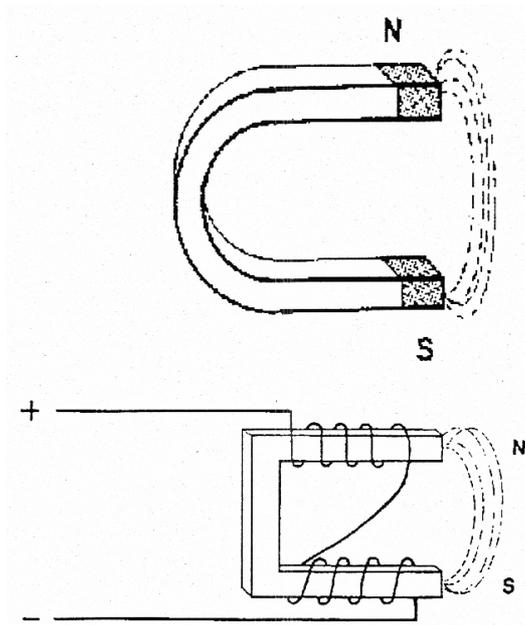
Invertendo-se o sentido da corrente mudamos a polaridade do imã.



O eletroímã só age como imã quando percorrido por corrente.

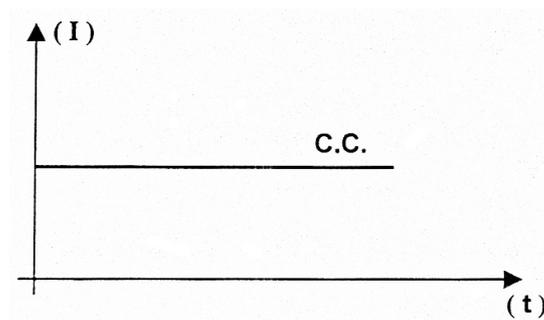


Podemos conseguir o mesmo campo magnético de um ímã possante utilizando um pequeno eletroímã.



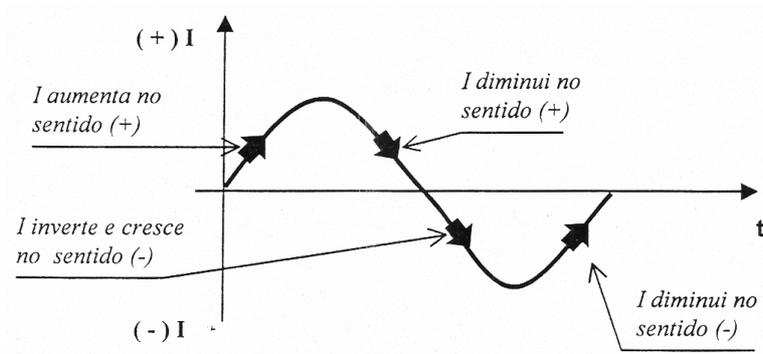
## CORRENTE ALTERNADA

A corrente elétrica que estudamos até agora é chamada corrente contínua (CC). Assim chamamos todo tipo de corrente que não muda de sentido no decorrer do tempo.

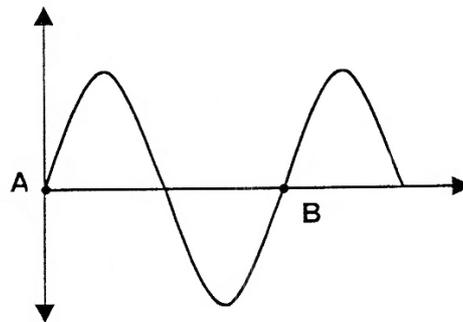


Uma corrente alternada é uma corrente variável que percorre os condutores, tanto em um sentido quanto no outro.

No caso de geração de C.A., a forma de onda é senoidal.



Este é o tipo de corrente que mais utilizamos.



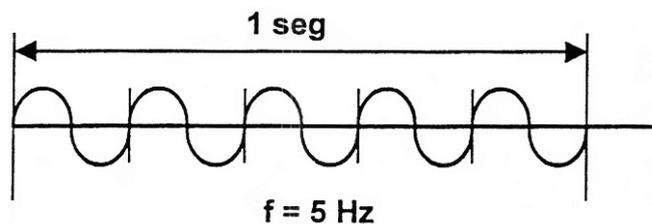
O trecho A-B da figura acima tem o nome de ciclo.

## Frequência

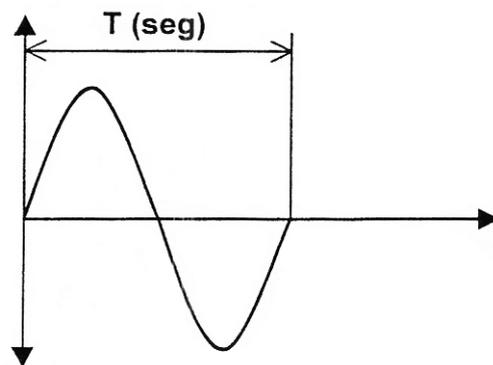
O número de ciclos que se repetem em um segundo recebe o nome de frequência.

A unidade de medida de frequência é o Hertz (Hz).

1 Hz (Hertz) representa o número de vezes que cada ciclo da corrente alternada se repete em 1 segundo.



O tempo gasto para completar um ciclo é chamado de período (T) da onda e é medido em segundos (s).



$$T = \frac{1}{f}$$

## POTÊNCIA EM CORRENTE ALTERNADA

Em C.C. (corrente contínua) verificamos que a potência em watts era igual ao produto da tensão pela corrente (V x I).

Já em C.A. (corrente alternada) o mesmo não ocorre.

Em C.A. encontramos três tipos de potência:

- Potência aparente
- Potência ativa
- Potência reativa

### a. Potência aparente

É a potência total absorvida da rede e é dada pelo produto da tensão pela corrente.

$$P_{ap} = V \times I$$

Pode ser medida utilizando um voltímetro e um amperímetro.

Sua unidade é o VA (volt-ampère) ou o kVA (kilovolt-ampère).

$$1 \text{ kVA} = 1.000 \text{ VA}$$

### b. Potência ativa

É a parcela da potência aparente que é utilizado pelas cargas para a transformação em trabalho. A potência ativa é medida em watts (W).

$$P_{at} = R \times I^2$$

## Fator da Potência

É a relação entre a potência ativa e a potência aparente.

$$FP = \frac{Pat(W)}{Pap(VA)}$$

O fator de potência representa o quanto da potência total (VA) está sendo usado para produzir trabalho (W).

Pode ser expresso em número ou porcentagem, assim:

$$FP = 0,92 \text{ ou } 92\%$$

O fator da potência também é representado pelo cós.

Portanto:

$$Pat = Pap \times \cos \varphi \text{ ou } Pay = V \times I \times \cos \varphi$$

O fator de potência pode variar de 0 a 100% ou de 0 a 1.

Quando o FP (cos.) é 1 ou 100%, significa que a potência ativa é igual à potência total (VA).

Quando o FP (cos.) é 0, significa que o circuito está absorvendo apenas potência reativa da rede, que neste caso é igual a potência total.

Baixo fator de potência significa transformar em energia, calor, ou luz somente parte da potência total absorvida.

## Potência Reativa

É a potência usada para a manutenção do campo magnético nas máquinas elétricas que possuem enrolamentos de indução. Ex: transformadores, motores, máquinas de solda, reatores, etc...

Esta potência é trocada com a rede, não sendo portanto consumida.

Da mesma maneira que a potência ativa, multiplica-se a potência aparente por um fator e como resultado nos dá a parte da potência que não é consumida.

O fator utilizado é o sen  $\varphi$ .

$$Pr = Pap \times \sin \varphi \text{ ou } Pr = V \times I \times \sin \varphi$$

A unidade da potência reativa é o Var (volt-ampère-reactivo).

## Baixo fator de potência (cos) significa:

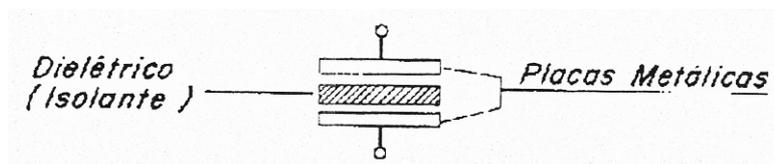
- A instalação trabalha sobrecarregada.
- Há sensível queda de tensão e perdas ôhmicas nos alimentadores.
- Paga-se o ajuste do fator da potência à companhia fornecedora de energia.

### Alto fator de potência (cos.) significa:

- Eliminação do ajuste pago a companhia fornecedora de energia.
- Redução das perdas ôhmicas.
- Melhoria do nível de regulação da tensão.
- Possibilidade de alimentação de novas máquinas na mesma instalação.
- Melhor aproveitamento de energia.

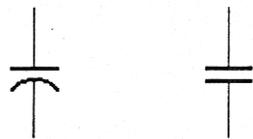
### POTÊNCIA DE UM CAPACITOR

#### Constituição do capacitor:



O capacitor tem a propriedade de armazenar energia elétrica, dependendo isto da superfície das placas, número de placas e do dielétrico utilizado.

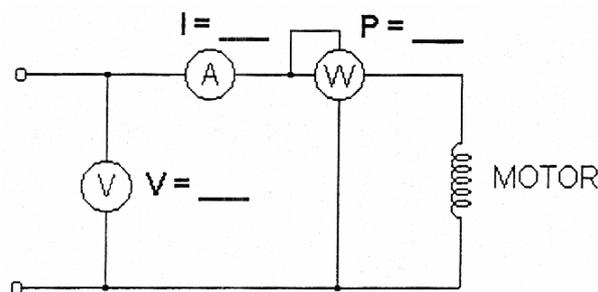
Simbologia



Sua unidade é o farad (F).

#### 1ª Experiência

Sem capacitor



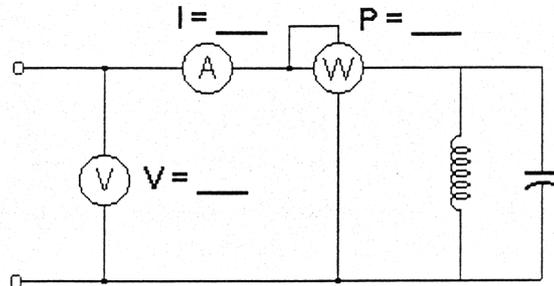
$$P_{ap} = V \times I = \underline{\quad} \times \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

Potência ativa indicada pelo wattímetro:

A potência aparente é maior que a potência ativa.

## 2ª Experiência

Com capacitor



$$P_{ap} = V \times I = \underline{\quad} \times \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

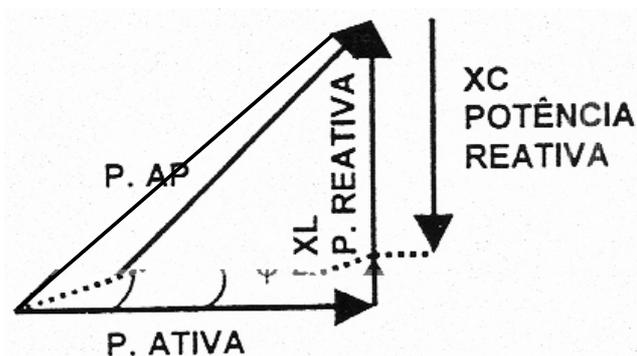
Potência ativa indicada pelo wattímetro:

Colocando-se um capacitor em paralelo com a bobina, a potência indicada pelo wattímetro é a mesma, mas o produto  $V \times I$  diminui, ou seja, diminui a potência aparente.

Isto ocorre porque o capacitor atua em sentido contrário a bobina.



Devido a isto utiliza-se o capacitor para melhorar o fator de potência ( $\cos$ . Baixo) das instalações.



Instalando um capacitor, ele age inverso à bobina, fazendo diminuir as potências aparente e reativa, conservando o valor da potência ativa e conseqüentemente diminuindo a potência total (aparente).

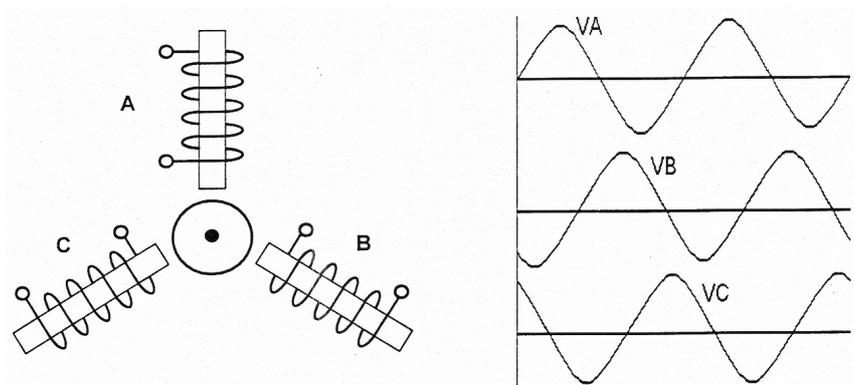
## CIRCUITO TRIFÁSICO

A energia elétrica que mais utilizamos é gerada em corrente alternada, o que possibilita uma geração em larga escala e a baixo custo.

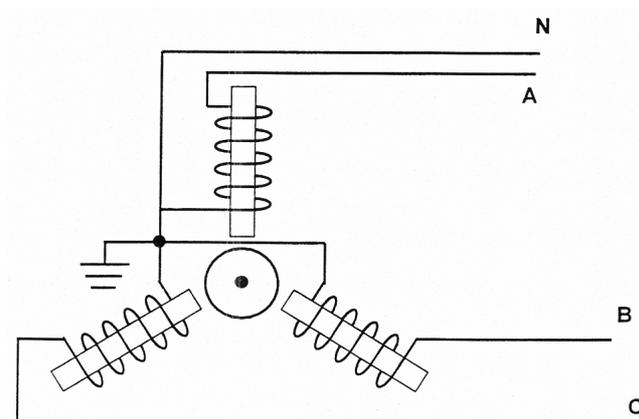
Os geradores usados são trifásicos, ou seja, possuem um enrolamento com três bobinas, nas quais é gerada a energia através da indução eletromagnética, e a cada uma destas bobinas damos o nome de fase.

Como estas bobinas estão dispostas em posição físicas separadas e equidistantes uma das outras, a geração ocorre em momentos distintos nas mesmas, provocando desta maneira um defasamento entre as tensões geradas.

Temos então três tensões iguais e defasadas entre si ( $120^\circ$ ).



Uma das extremidades das três bobinas são interligados a um condutor comum o qual damos o nome de neutro, e as extremidades restantes formam as três fases onde cada uma representa uma bobina do gerador.



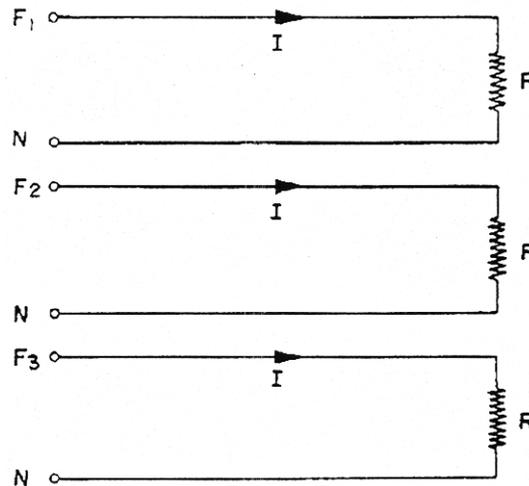
Entre uma fase e um neutro teremos uma tensão (d.d.p.) que chamamos de tensão de fase e neutro ( $V_{fn}$ ) ou tensão simples.

Entre duas fases a tensão (d.d.p.) que encontramos é bem maior a qual chamamos de tensão fase-fase ( $V_{ff}$ ) ou tensão composta (tensão de linha).

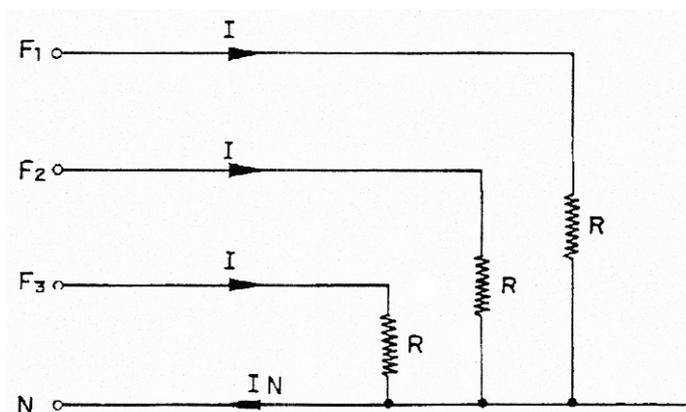
Faremos a seguinte analogia:

Considerando três circuitos monofásicos idênticos, ou seja:

- Com mesma tensão
- Com mesma carga



Vemos que utilizamos seis condutores para alimentarmos as cargas, o que aumenta o custo da instalação. Podemos então reduzir o número de condutores, associando os condutores neutros em um só.



Portanto um circuito trifásico é composto de 3 circuitos monofásicos, ou seja, 3 fases e 1 neutro.

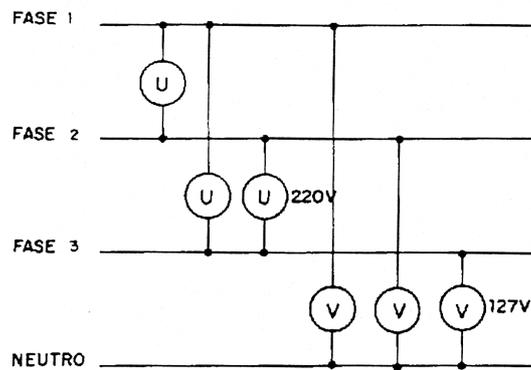
### Tensão simples e tensão composta

Em um circuito trifásico encontramos 2 tipos de tensão:

- Tensão simples (V)
- Tensão composta (U)

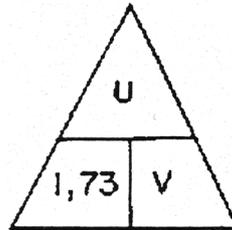
A tensão simples é encontrada entre fase e neutro (tensão de uma fase).

A tensão composta é encontrada entre duas e fases (tensão fase-fase).



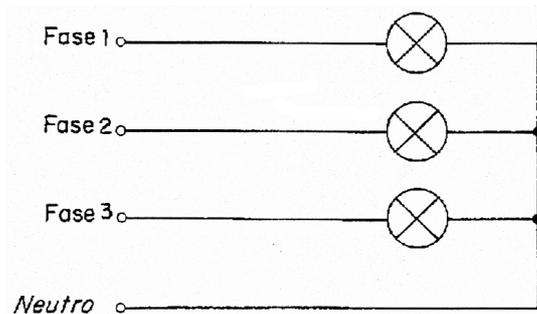
A tensão composta é 1,73 vezes maior que a tensão simples.

Assim:



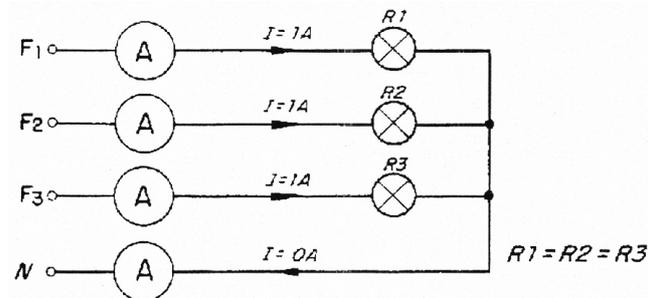
## CIRCUITO ESTRELA (Y)

Dizemos que um circuito está ligado em estrela, quando as cargas estão ligadas entre fase e neutro e um circuito trifásico.



## Circuito estrela equilibrado

Considerando um circuito trifásico, com três cargas iguais ligadas em estrela.



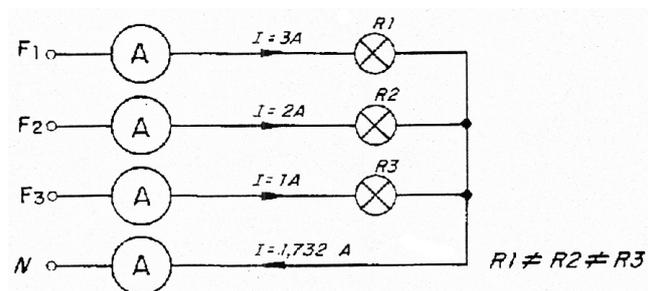
Notamos que no condutor neutro não há corrente, pois as cargas são iguais.

Dizemos, então, que o circuito é estrela equilibrado.

Assim podemos eliminar o condutor neutro, sem prejuízo para as cargas.

## Circuito estrela desequilibrado

Considerando um circuito trifásico, com três cargas diferentes, ligadas em estrela.

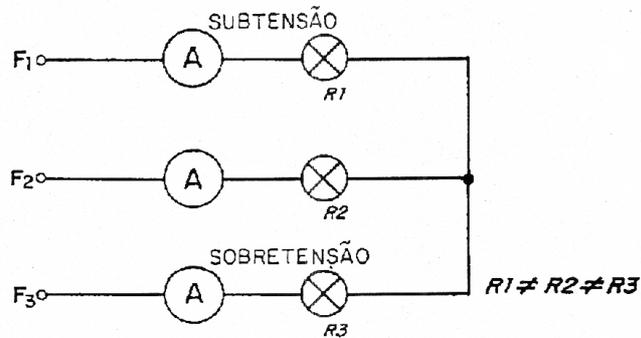


Notamos que no condutor neutro há uma corrente, pois as cargas são diferentes.

Dizemos então que é um circuito estrela desequilibrado.

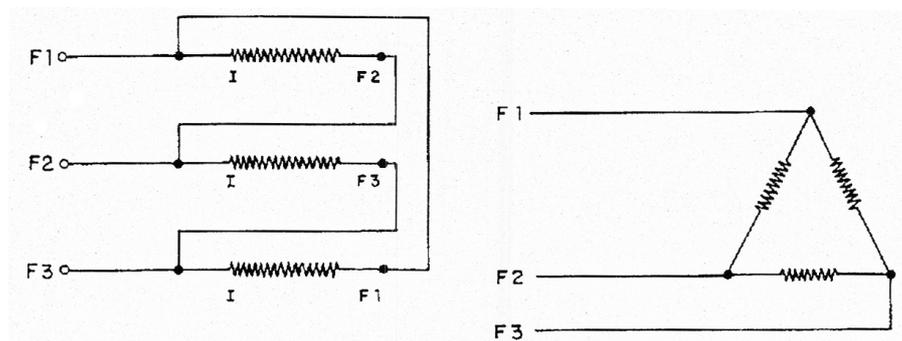
Assim, não podemos retirar o condutor neutro, pois a fase que contém menos carga sofrerá uma sobretensão e a fase com maior carga sofrerá uma subtensão.

Nos sistemas elétricos utilizamos comumente o aterramento do condutor neutro, afim de garantir a sua continuidade e no caso de interrupção termos um retorno de corrente pela terra.



## CIRCUITO TRIÂNGULO ( )

Dizemos que um circuito está ligado em triângulo quando as cargas estão ligadas entre fase e fase, em um circuito trifásico.



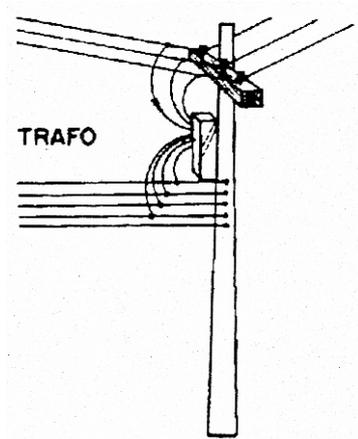
## TRANSFORMADORES

Os transformadores são equipamentos muito importantes no transporte de energia elétrica.

Graças a eles podemos elevar a tensão para transportarmos a mesma potência com uma corrente mais baixa, reduzindo-se assim as perdas, bem como abaxamos a tensão para valores mais seguros para que possa ser utilizada.

Como vimos, a maior parte da corrente que trabalhamos é alternada.

A razão disso são os transformadores, pois os mesmos só funcionam com este tipo de corrente.

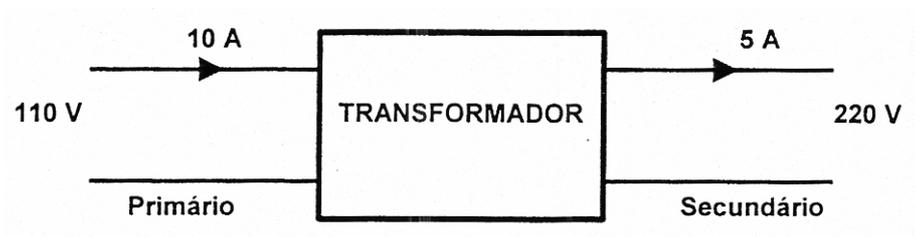


No trafo observamos fios de entrada e fios de saída.

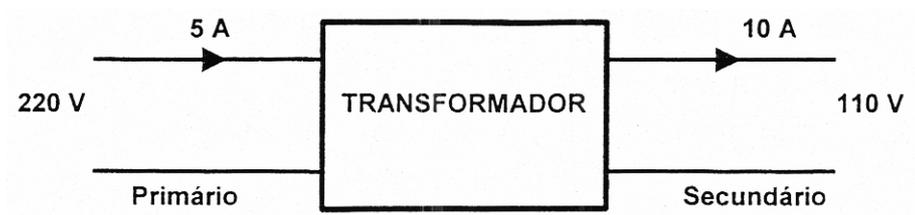
A entrada chamamos de primário e a saída chamamos de secundário.

O trafo serve para alterar valores de corrente e tensão da seguinte maneira:

a) Eleva tensão e abaixa corrente:



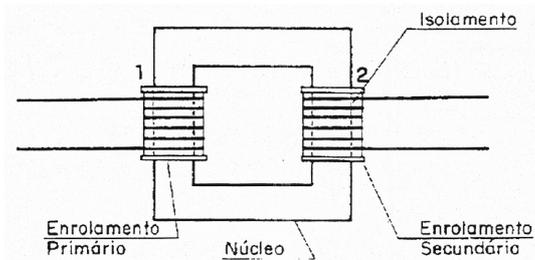
b) Abaixa tensão e eleva a corrente:



## Transformador Monofásico

Constituição:

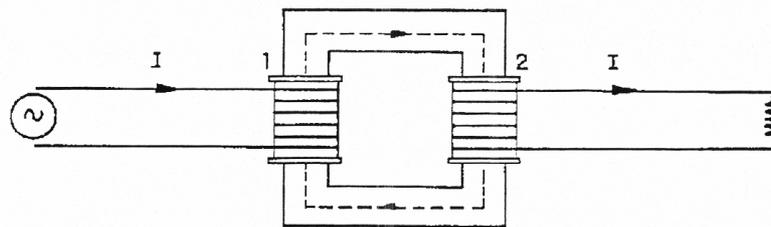
- Um núcleo de ferro
- Enrolamentos (primário e secundário)
- Isolamento (entre o núcleo e os enrolamentos)



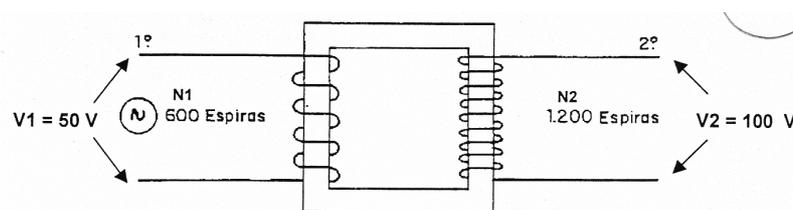
Alimentando-se a bobina do primário com corrente alternada (C.A.), esta produz um campo magnético alternado (que é composto de linhas de força).

O núcleo de ferro conduz as linhas de força (campo magnético), submetendo a bobina secundária à ação deste campo.

O campo magnético variável (alternado) induz uma corrente elétrica na bobina secundária.



Para que um transformador seja elevador de tensão, é necessário que tenha maior número de espiras no secundário e menor número de espiras no primário.



Para que o trafo abaixador de tensão, é necessário que tenha maior número de espiras no primário e menor número de espiras no secundário.

Assim, verificamos a relação entre tensão e espiras, a qual é dada pela fórmula:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$V_1$  = Tensão primária

$V_2$  = Tensão secundária

$N_1$  = número de espiras do primário

$N_2$  = número de espiras do secundário

**Exemplo:**

Um transformador tem 550 espiras no primário e 1100 espiras no secundário. Sua tensão de primário é de 110V. Calcular a tensão do secundário.

$$\frac{V^1}{V^2} = \frac{N^1}{N^2}$$

$$\frac{110}{V_2} = \frac{550}{1100}$$

$$110 \times 1100 = V_2 \times 550$$

$$121000 = V_2 \times 550$$

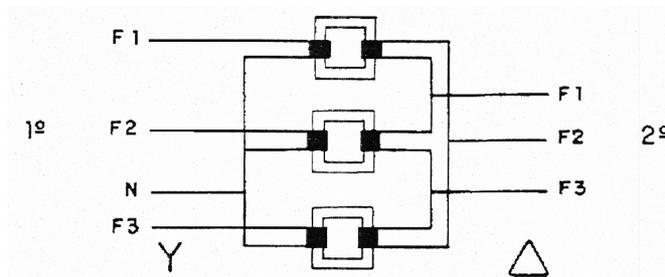
$$\frac{121000}{550} = V_2$$

$$V_2 = 220V$$

**Transformador Trifásico**

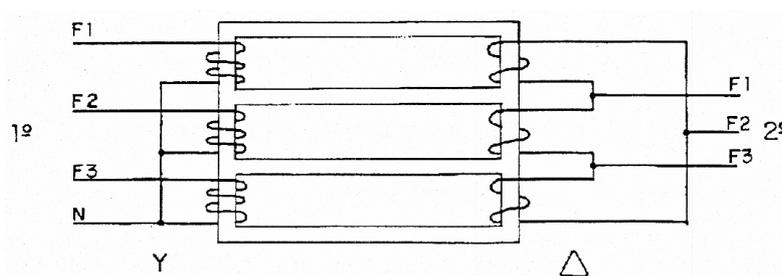
Podemos utilizar três trafos monofásicos em circuitos trifásicos. Basta relembrar as ligações em circuitos trifásicos e observar que os enrolamentos foram ligados:

- O primário em estrela
- O secundário em triângulo



Podemos substituir os três transformadores monofásicos por um trifásico, o qual é constituído por:

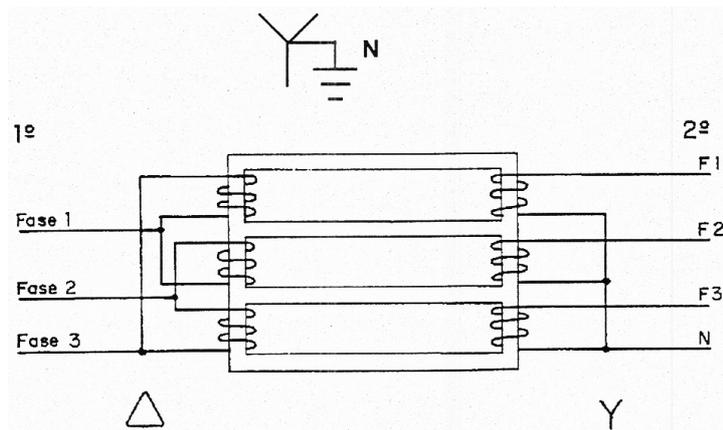
- 1 núcleo de ferro
- 3 enrolamentos primários
- 3 enrolamentos secundários
- isolamento



Os enrolamentos dos trafos trifásicos de distribuição são ligados da seguinte maneira:

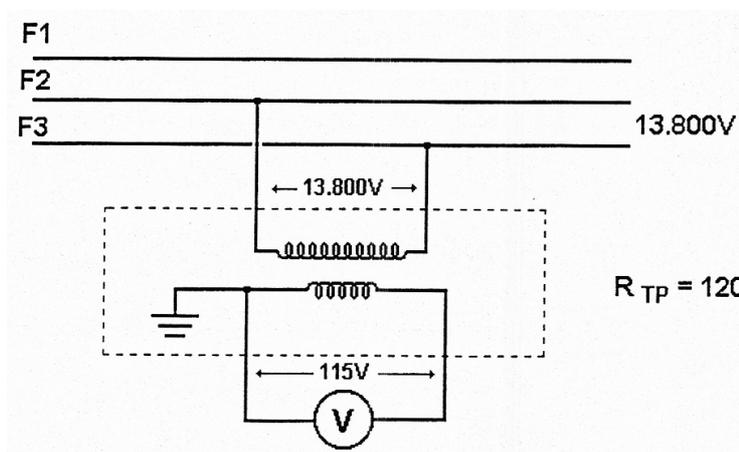
- o primário em triângulo
- o secundário estrela

O condutor neutro na saída do trafo está conectado no centro da estrela.



### Transformador de potencial (TP)

O TP é um transformador para instrumentos, cuja função é reduzir a tensão a valores convenientes a medição e proteção, isolando os equipamentos da AT.



Ligação – em paralelo no circuito.

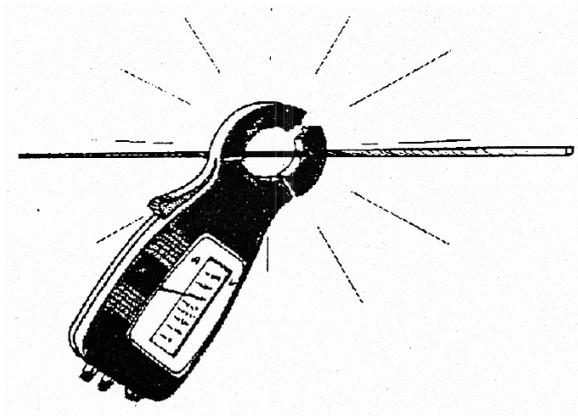
Neste caso a leitura do voltímetro deverá ser multiplicada pela relação do TP (R<sub>tp</sub>) para obter a tensão primária.

Ex: leitura = 100V, a tensão primária será  $100 \times 120 = 12.000 \text{ V}$

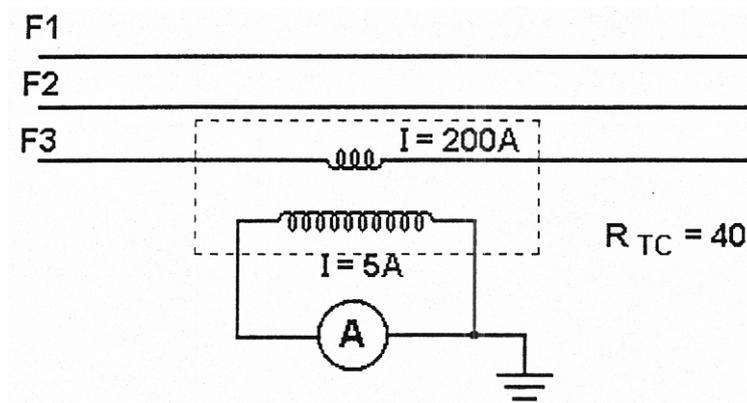
## Transformador de corrente (TC)

O TC é um equipamento destinado a reduzir a corrente a valores que possam ser aplicados aos aparelhos de medição e proteção.

Um exemplo prático de TC é o alicate volt-amperímetro, onde a bobina do primário é o próprio condutor da rede, e a bobina secundária está enrolada em torno das garras do alicate. A bobina secundária alimenta o circuito interno do volt-amperímetro (o galvanômetro).



A principal característica do TC é que este possui poucas espiras no primário e muitas no secundário.



Ligação – em série no condutor

### Nota importante:

Ao se desligar o secundário do TC devemos curto-circuitá-lo. Se deixarmos o secundário aberto, surgirá uma AT no mesmo, pois passará a funcionar como um transformador elevador de tensão, o que pode ocasionar uma descarga elétrica no equipamento, trazendo danos tanto para o equipamento como para o operador.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro de Treinamento – Apostila 036 – Eletrotécnica – Ilha Solteira – CESP1978

Creder, Hélio – Instalações Elétricas – 11ª Ed – Livros Técnicos e Científicos Editora

Reis, Jorge Santos & Freitas, Roberto de Segurança em Eletricidade – 2ª Ed - São Paulo - Fundacentro, 1985 - 103p.

Van Valkenburg, Nooges & Neville – Eletricidade Básica – V 1 , 2, 3 – Rio de Janeiro – Livraria Freitas Bastos – Edição 1972 – 384P

## Apostilas / Manuais / Normas e Procedimentos cedidos pelas Empresas:

AES Eletropaulo;

AES Tietê;

Bandeirante Energia;

CPFL Energia;

CTEEP (Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista);

ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A.