

# INTRODUÇÃO A ELETRÔNICA

Prof. Dr. Hugo Valadares Siqueira

Especialização em Automação e Controle de  
Processos Industriais

- Contato:

[hugosiqueira@utfpr.edu.br](mailto:hugosiqueira@utfpr.edu.br)

- Slides de aula

[pessoal.utfpr.edu.br/hugosiqueira](http://pessoal.utfpr.edu.br/hugosiqueira)

# COMPOSIÇÃO DO CURSO

- Introdução à eletricidade
  - Objetivo: contextualização
- Fundamentos de eletricidade básica
  - Conceitos e elementos básicos
- Circuitos elétricos e eletrônicos
  - Conceitos e técnicas básicas de análise
- Resistores, capacitores e indutores
  - Funcionamento, análises e aplicações
- Diodos, transistores, amplificadores operacionais, entre outros
  - Funcionamento, análises e aplicações

# Bibliografias Básicas

## Referencias Básicas:

- SEDRA, Adel S. e SMITH Denneth C. **Microeletrônica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.
- MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. Volume I. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1995. 747 p.
- MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. Volume II. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1995. 558 p.
- BOYLESTAD, Robert e NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6. Ed. Editora Prentice Hall, 2000.
- PERTENCE JUNIOR, Antônio. **Eletrônica Analógica – Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos**. 6. Ed. Editora Bookman, 2009. 304 p.

- **METODOLOGIA DIDÁTICA**
  - Aulas expositivas e dialogadas
  - Experimentos em laboratório
- **CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO**
  - **N1: LISTA DE EXERCÍCIOS**
    - Data de entrega: 27/06/2015
  - **N2: RELATÓRIOS**
    - Data de entrega: 27/06/2015
- **COMPOSIÇÃO DA NOTA FINAL**
  - **MÉDIA =  $N1.0,5 + N2.0,5$**

# COMPOSIÇÃO DA NOTA

## RELATÓRIO DO ÚLTIMO EXPERIMENTO (PESO - 50%)

- PROJETO DE UM AMPLIFICADOR OPERACIONAL COM **INVERSÃO DE SINAL E GANHO “3”**
- COLOCAR OS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DO TIPO DE CONFIGURAÇÃO (REALIMENTAÇÃO)
- COLOCAR OS CÁLCULOS REFERENTES AO EQUACIONAMENTO DO CIRCUITO USADO E O DIMENSIONAMENTO PARA OBTENÇÃO DO GANHO DESEJADO
- SEGUIR AS DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO ENVIADAS PELO PROFESSOR
- O RELATÓRIO DEVE SER BEM OBJETIVO, NA REV. DE LITERATURA. COLOCAR APENAS REFERÊNCIAS COM RELAÇÃO DIRETAMENTE COM O PROJETO

## AValiação Escrita – Exercícios (PESO – 50%)

- RESOLVER OS EXERCÍCIOS DE FORMA **MANUSCRITA**
- NÃO SERÃO ACEITAS RESOLUÇÕES DIGITALIZADAS
- É OBRIGATÓRIA A APRESENTAÇÃO DOS CÁLCULOS
- NÃO SERÃO ACEITAS APENAS AS RESPOSTAS



- **OBJETIVOS DO CURSO**
  - Introduzir conceitos relacionados à eletricidade
  - Analisar e resolver circuitos elétricos e eletrônicos básicos
  - Compreender o funcionamento e as aplicações dos diversos componentes eletroeletrônicos, dentre eles:
    - resistores
    - capacitores
    - indutores
    - diodos
    - transistores
    - amplificadores operacionais
  - Familiarização com os aparelhos de medição e análise de circuitos eletrônicos (lab. de eletrônica)

# INTRODUÇÃO À ELETRICIDADE

## 1- ELETROSTÁTICA

- PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO
- FORÇA ELETROSTÁTICA
- CAMPO ELÉTRICO
- LEI DE COULOMB
- POTENCIAL ELÉTRICO

## 2- GRANDEZAS ELÉTRICAS BÁSICAS

- DEFINIÇÕES, UNIDADES E PARÂMETROS

## 3- ELETRODINÂMICA

- ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS EM CORRENTE CONTÍNUA
- ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS EM CORRENTE ALTERNADA

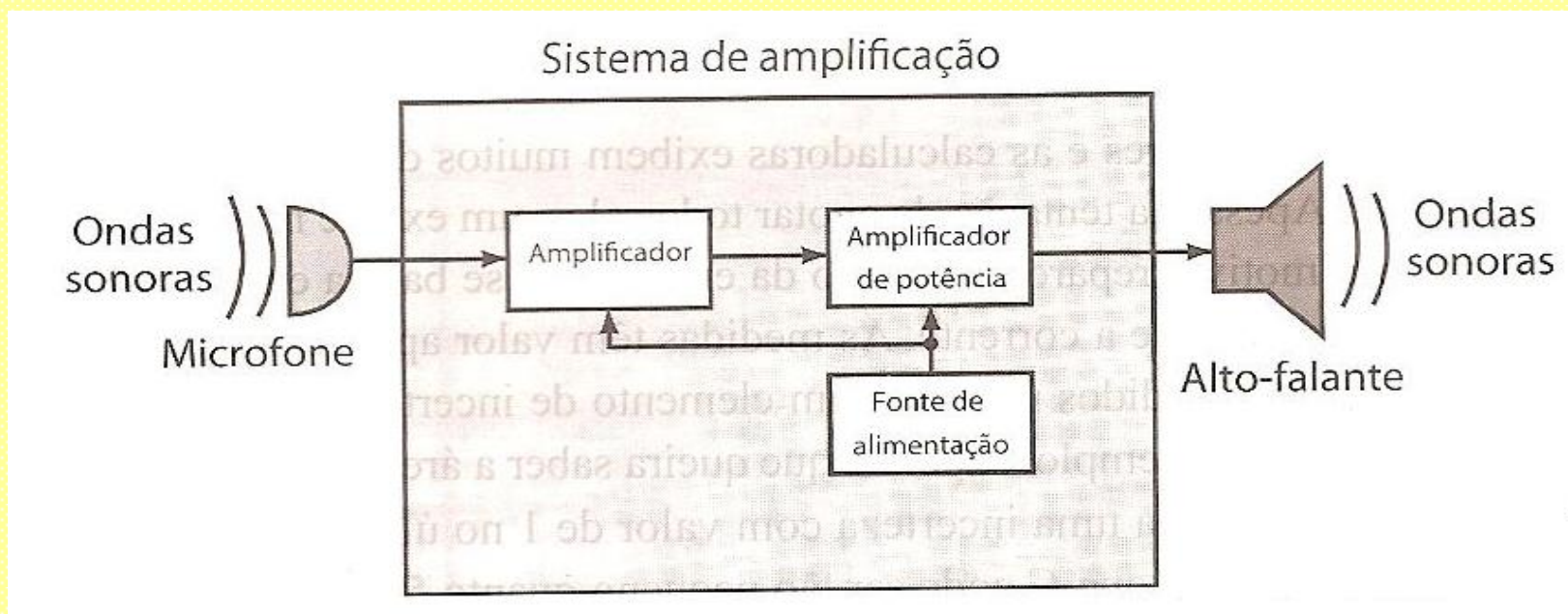


# DIAGRAMAS DE CIRCUITO

- Finalidade: representar circuitos elétricos no papel ou em softwares de análise
- Apresentam componentes, como baterias, chaves, resistores, capacitores, transistores, fios condutores, etc

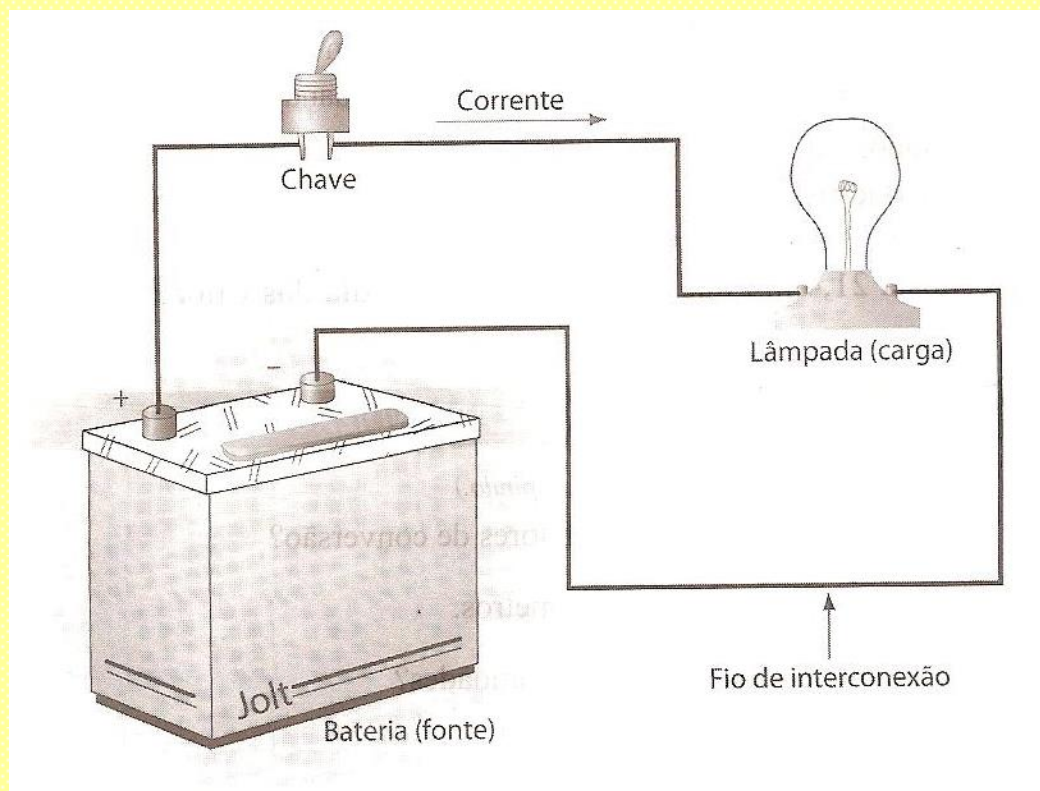
# DIAGRAMAS EM BLOCOS

- Descrevem um circuito ou sistema de forma simplificada
- O problema geral é desmembrado em blocos funcionais
- Os blocos são interligados para mostrar a relação entre eles



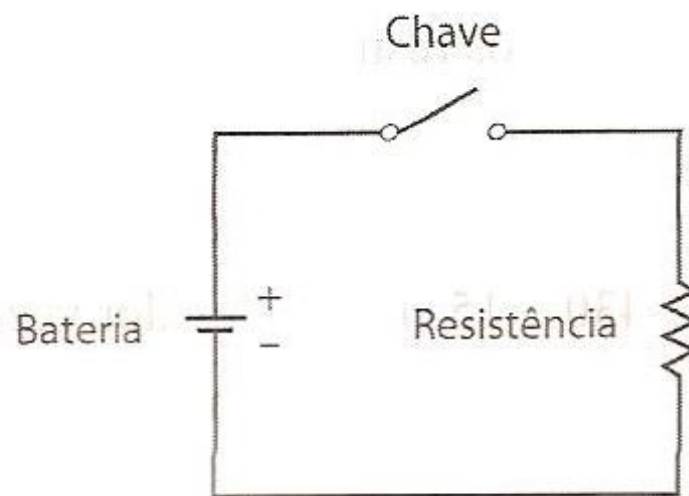
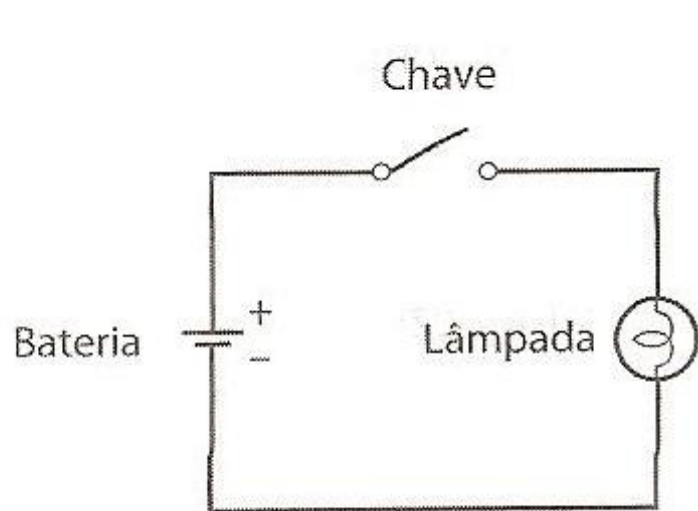
# DIAGRAMAS PICTURIAIS

- Fornecem detalhes do circuito
- Mostram os componentes com seu aspecto físico

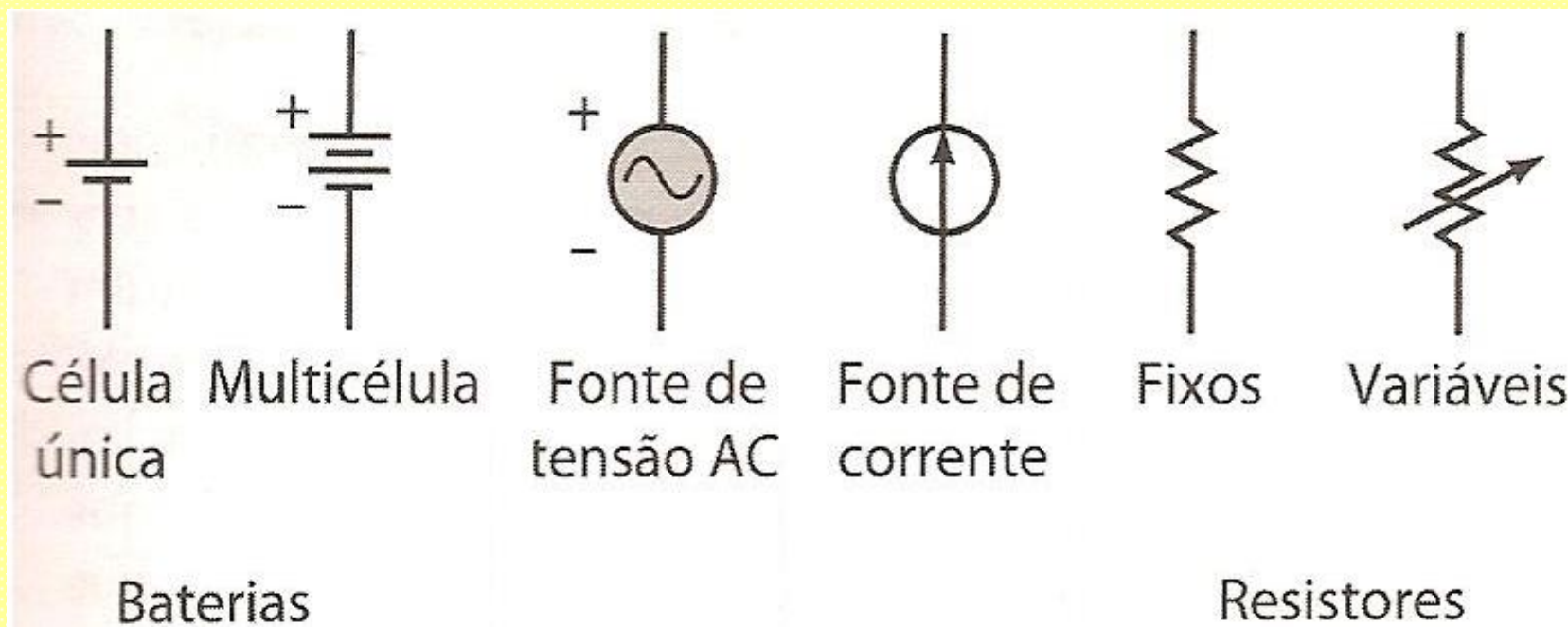


# DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS

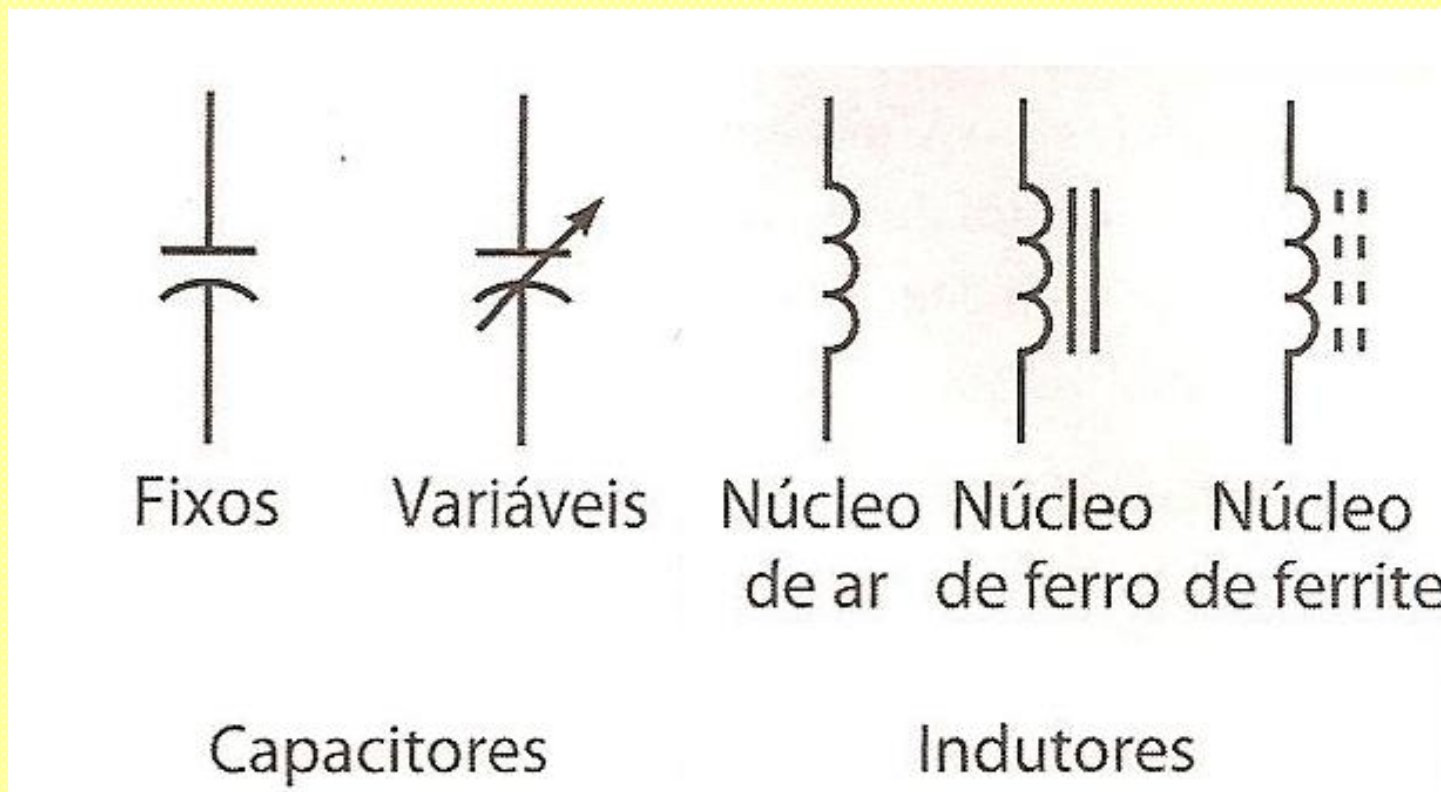
- Esquemas representativos de circuitos elétricos por meio de simbologia padrão
- Mais comumente utilizado



# SÍMBOLOS DE COMPONENTES E CIRCUITOS



# SÍMBOLOS DE COMPONENTES E CIRCUITOS

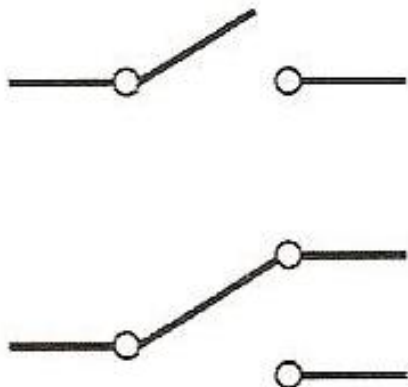




# SÍMBOLOS DE COMPONENTES E CIRCUITOS



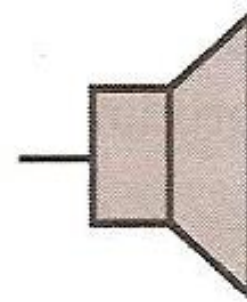
Lâmpada



Chaves



Microfone



Alto-falante



# SÍMBOLOS DE COMPONENTES E CIRCUITOS



Junção  
de fios



Cruzamento  
de fios



Terra



Chassi

Aterramentos



Fusíveis

# SÍMBOLOS DE COMPONENTES E CIRCUITOS



Votímetro



Amperímetro

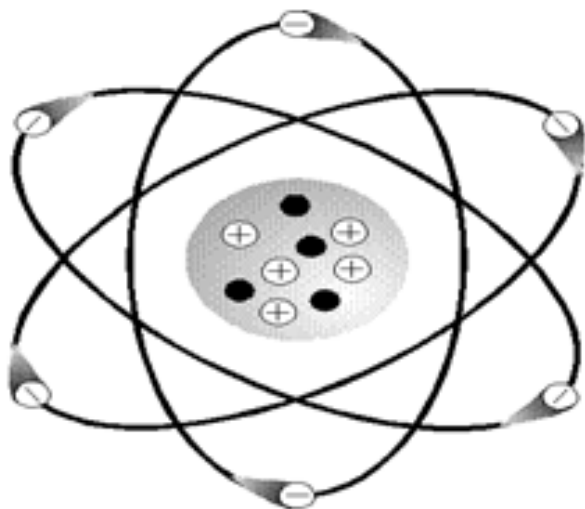


Amperímetro

# Eletróstática

**Eletrostática**

Estuda os fenômenos relacionados com cargas elétricas em repouso

**O átomo**

O núcleo é formado por:

Prótons → cargas elétricas positivas

Nêutrons → não têm carga elétrica

Nas órbitas, estão os

Elétrons → cargas elétricas negativas

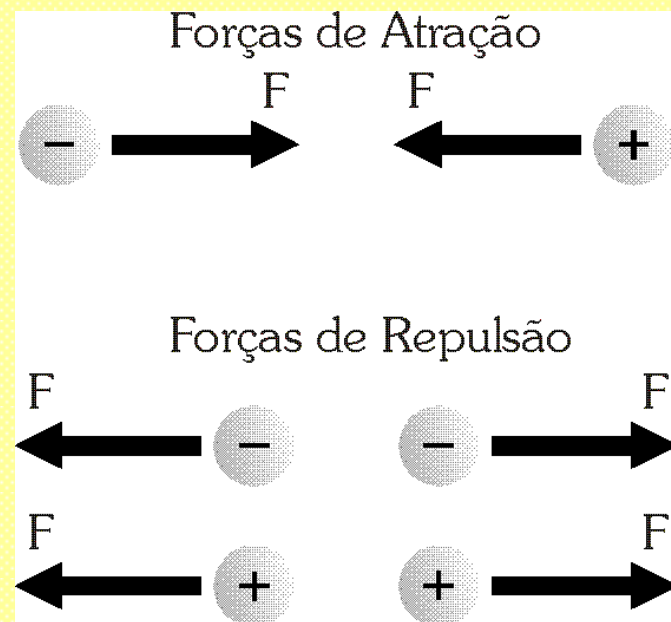
# Eletrostática

- Cada elemento químico apresenta uma combinação única de elétrons e prótons, sendo estes em número igual em seu estado puro.
- Ex: COBRE: 29 e-, apenas 1e- na camada de valência, de fácil remoção

# PRINCÍPIO DA ATRAÇÃO E REPULSÃO

- SÍMBOLOS USUAIS PARA CARGA ELÉTRICA  
PUNTIFORME: “ $q$ ” ou “ $Q$ ”
- UNIDADE: COULOMB [ $C$ ]
- CARGA ELEMENTAR:  $q = 1,6 \times 10^{-19} C$

CARGAS ELÉTRICAS DE MESMO  
SINAL SE ATRAEM E DE SINAIS  
DIFERENTES SE REPELEM



# LEI DE COULOMB

- Duas cargas elétricas  $Q_A$  e  $Q_B$  interagem entre si com forças de mesma intensidade  $F$ , sendo:

$$F = \frac{K \cdot Q_A \cdot Q_B}{d^2}$$

Na qual:

$K = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$  (no vácuo e no ar)

$Q_A$  e  $Q_B$  = módulos das cargas em [C]

$d$  = distância em [m]

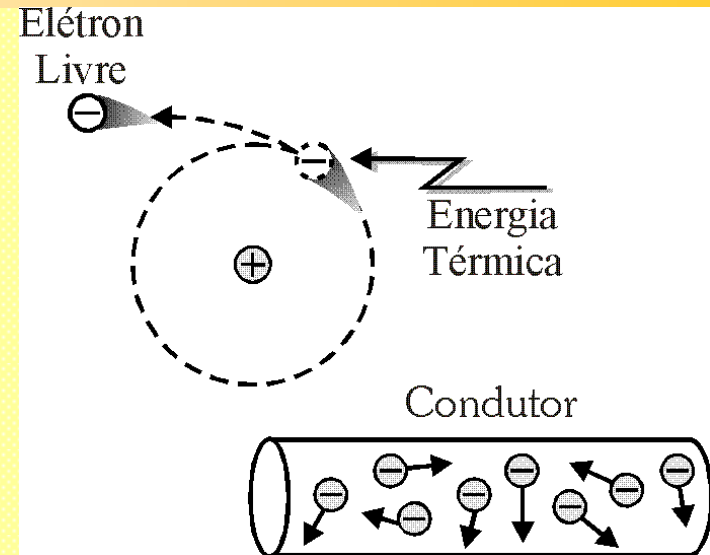
- Quanto maior “ $d$ ”  $\rightarrow$  menor “ $F$ ”  $\rightarrow$  e- mais afastados sofrem menor atração com o núcleo (+)
- Quanto  $\uparrow$  o nº de “e-” na C.V.  $\rightarrow$  menor energia necessária para retirá-los



## Condutores

Muitos elétrons livres à temperatura ambiente.

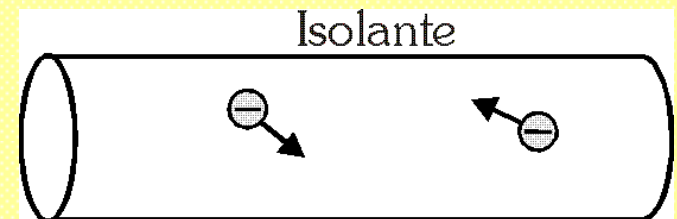
Exemplos: cobre e alumínio.



Num condutor, quando eletrizado, os  $e^-$  livres distribuem-se na **superfície externa** pois, devido a repulsão mútua entre eles buscam assim o maior afastamento possível.

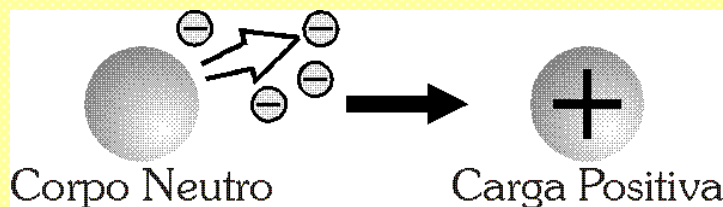
## Isolantes

Poucos elétrons livres à temperatura ambiente. Exemplos: ar, borracha e vidro.

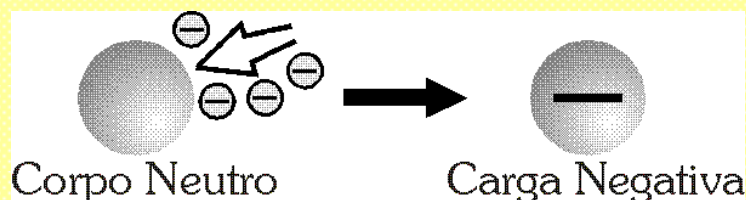


- ELETRIZAÇÃO DOS CORPOS
  - ELETRIZAÇÃO DE UM CORPO NEUTRO

- RETIRANDO “e<sup>-</sup>”:



- INSERINDO “e<sup>-</sup>”:



- CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CARGA

$$Q = n.e$$

em que:

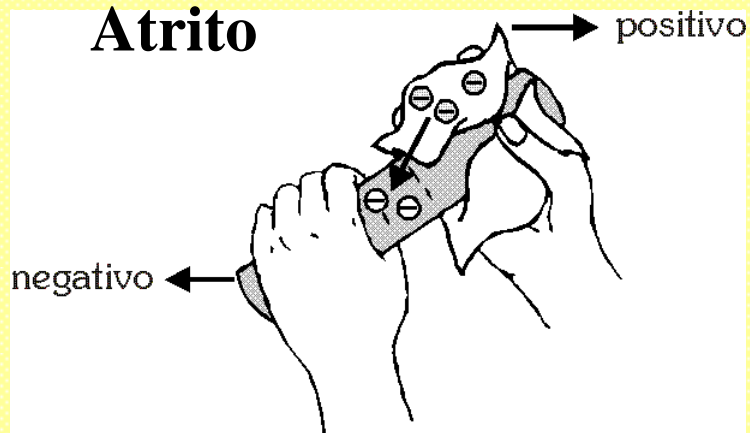
$e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  (carga de um elétron)

“n” positivo = número de elétrons retirados

“n” negativo = número de elétrons inseridos

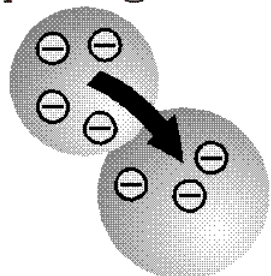
# • ELETROSTÁTICA – PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

## Atrito



## Contato

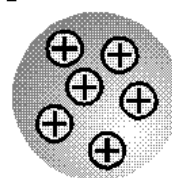
Corpo negativo



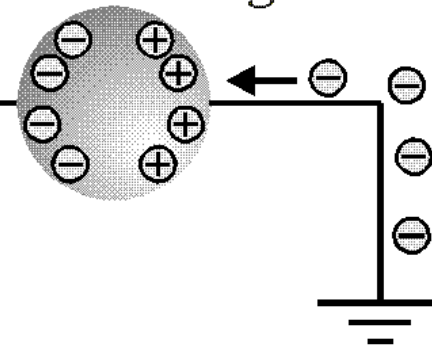
Corpo neutro  
eletrizando-se  
negativamente

## Indução

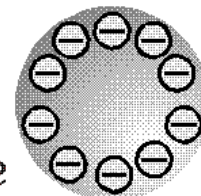
Corpo  
positivo



Corpo neutro  
polarizado e  
eletrizando-se  
negativamente

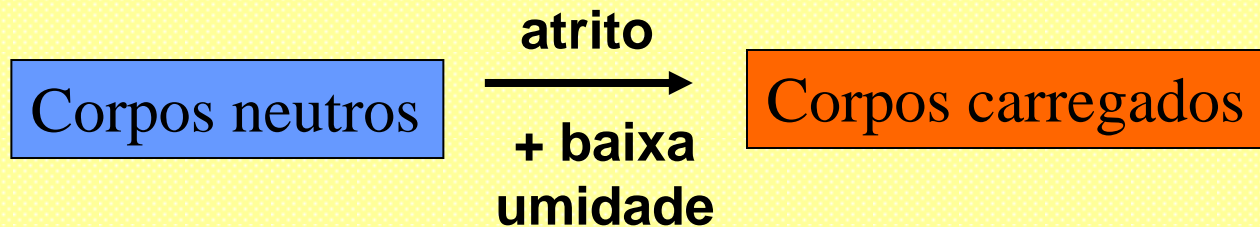


Corpo  
eletrizado  
negativamente

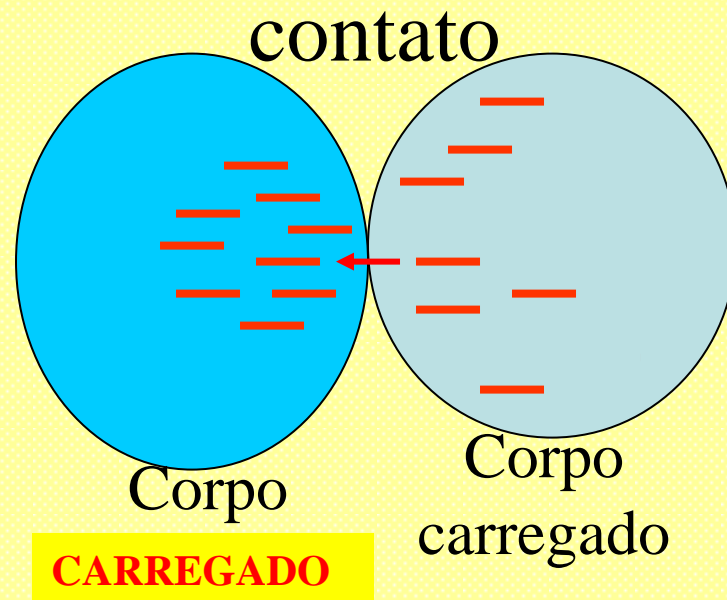


# • ATRITO

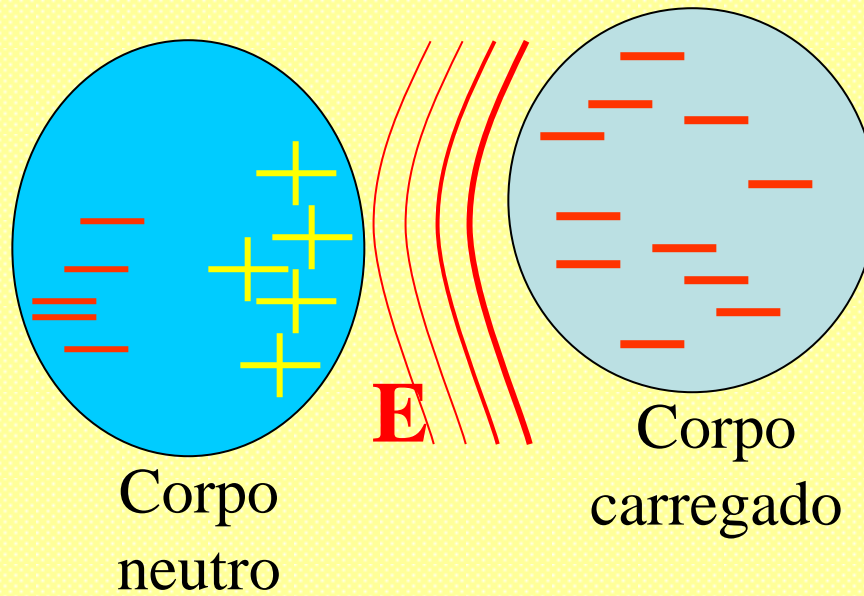
- AS CARGAS SÃO GERADAS PELO ATRITO ENTRE DOIS MATERIAIS COM PELO MENOS UM “ISOLANTE”



- **CONTATO**  
– ENTRE DOIS METAIS



# • INDUÇÃO



- **ELETROSTÁTICA – PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DAS CARGAS**
  - **ENUNCIADO:** NUM SISTEMA ISOLADO, A SOMA ALGÉBRICA DAS CARGAS ELÉTRICAS POSITIVAS E NEGATIVAS É CONSTANTE
  - PARA CORPOS IDÊNTICOS (MATERIAL E FORMATO)

$$Q_1 = Q_2 = Q_{\text{total}}/2$$



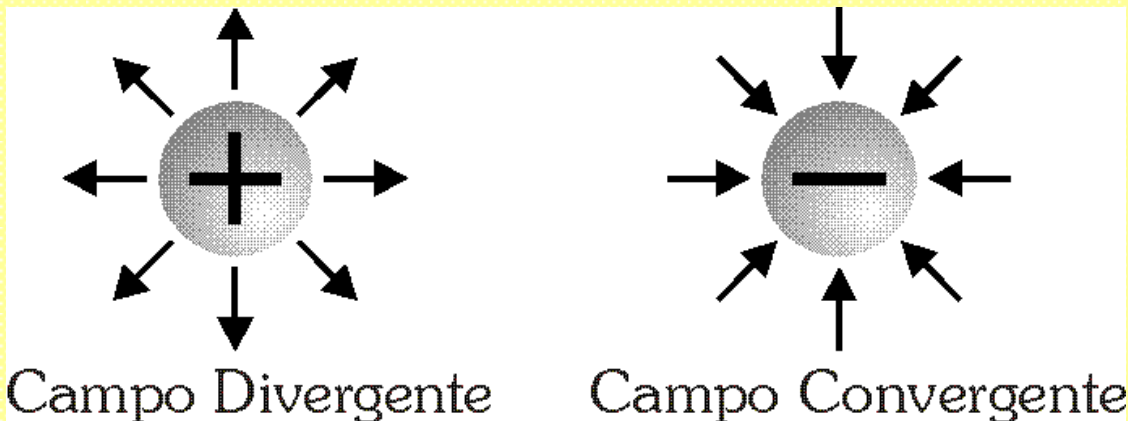
- **CAMPO ELÉTRICO**

- REGIÃO DE FORÇA EXISTENTE AO REDOR DE UMA CARGA CAPAZ DE INFLUENCIAR CARGAS ELÉTRICAS PRÓXIMAS
- É REPRESENTADO POR LINHAS DE CAMPO
- É UMA GRANDEZA VETORIAL
- SÍMBOLO USUAL: “E”
- UNIDADE: newton/coulomb [N/C]

**Quadro resumo**

<b>Grandeza Vetorial</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidade de Medida</b>
Campo Elétrico	E	newton/coulomb [N/C]

# • CAMPO ELÉTRICO



## - INTENSIDADE DO CAMPO ELÉTRICO DE UMA CARGA

$$E = \frac{K \cdot Q}{d^2}$$

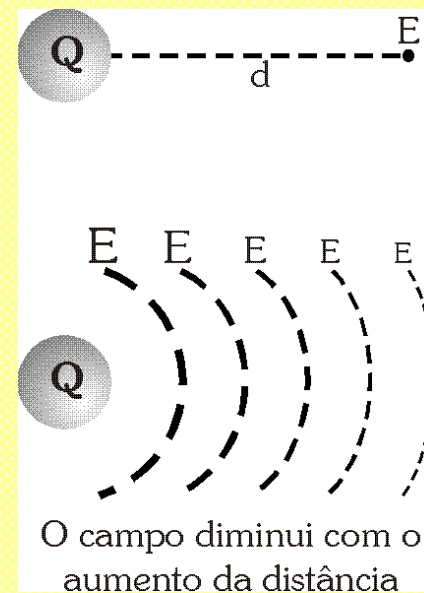
em que:

$K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  (vácuo e ar)

$Q$  = módulo da carga em [C]

$d$  = distância em [m]

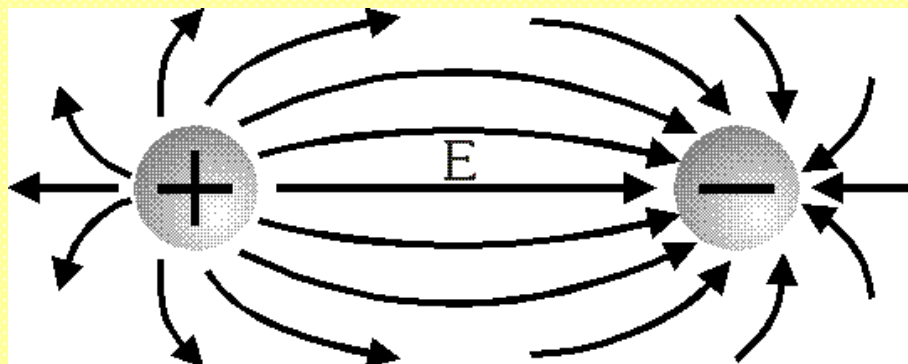
unidade =  $\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}}{\text{C}^2 \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{C}}$



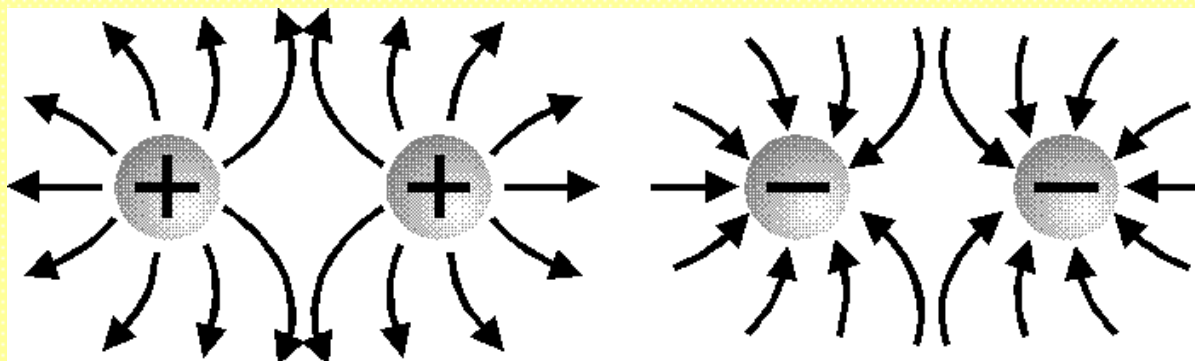
# • CAMPO ELÉTRICO

## – COMPORTAMENTO DAS LINHAS DE CAMPO

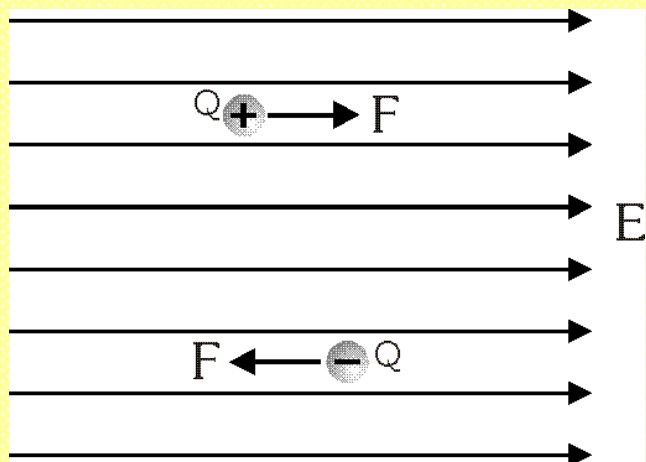
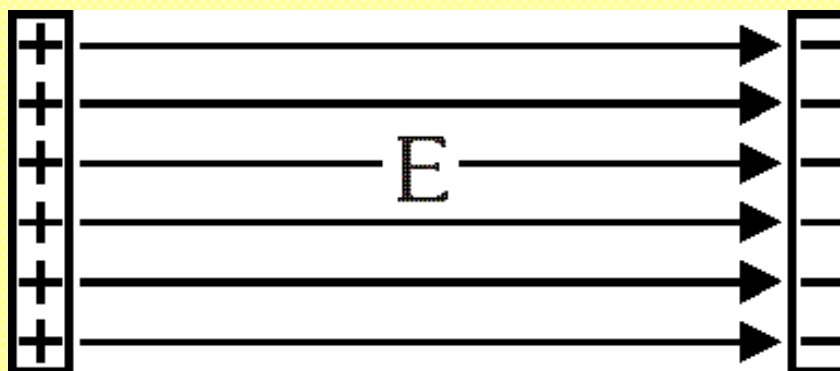
### • CARGAS DE SINAIS CONTRÁRIOS



### • CARGOS DE SINAIS IGUAIS

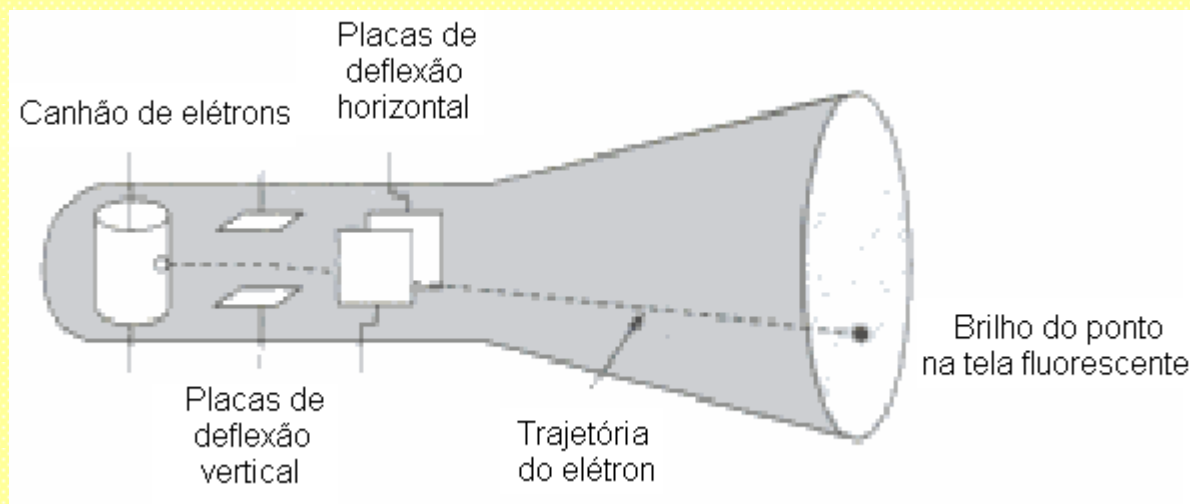


- CAMPO ELÉTRICO UNIFORME (CEU)
  - LINHAS DE CAMPO PARALELAS, COM VETOR CAMPO ELÉTRICO IDÊNTICO EM QUALQUER PONTO ENTRE AS PLACAS

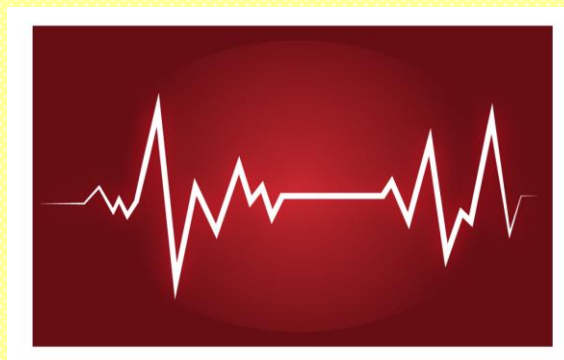


CARGAS PUNTIFORMES  
IMERSAS NO “CEU”

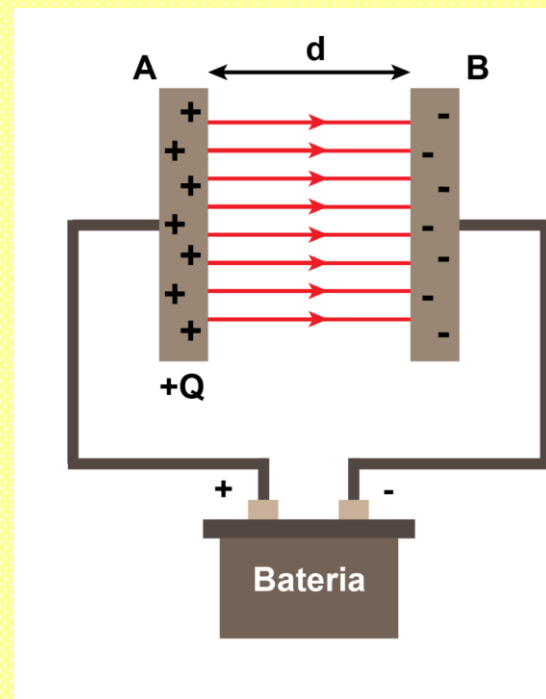
- CAMPO ELÉTRICO - APLICAÇÕES
  - TUBO DE RAIOS CATÓDICOS



- ELETROCARDIOGRAMA

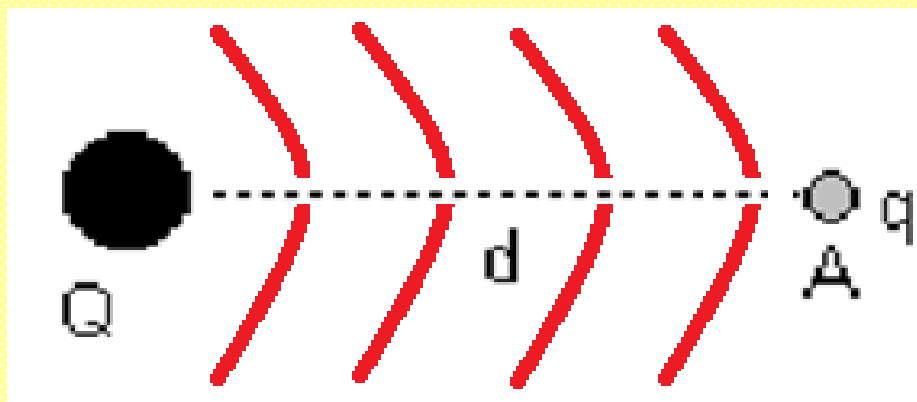


- CAMPO ELÉTRICO - APLICAÇÕES
  - CAPACITOR
    - FLASH DE MAQ. FOTOGRAFICAS
  - RESSONÂNCIA MAGNÉTICA



# • POTENCIAL ELÉTRICO

- Quando uma carga é colocada em local com campo elétrico, ela adquire potencial elétrico



## – INTENSIDADE

- Independe do valor da carga “q”

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

em que:

$K=9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$  (no vácuo e no ar)

$Q$  = valor absoluto da carga elétrica em [C]

$d$  = distância em [m]

Carga positiva  $\Rightarrow$  potencial positivo

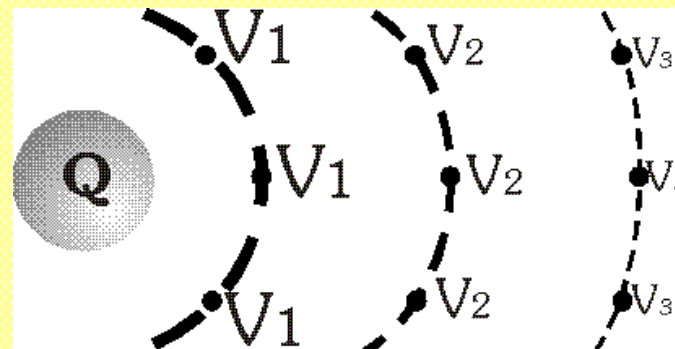
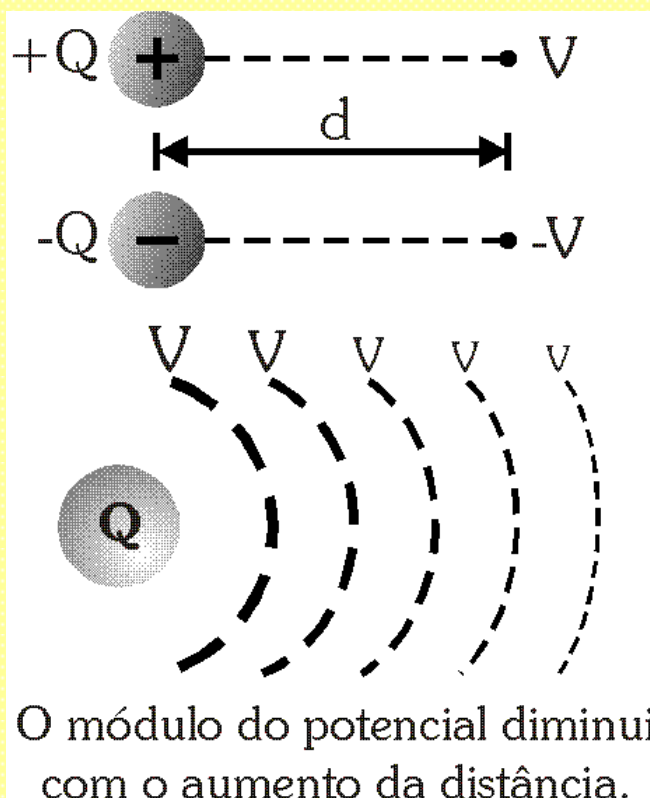
Carga negativa  $\Rightarrow$  potencial negativo

Unidade = Volts (V)



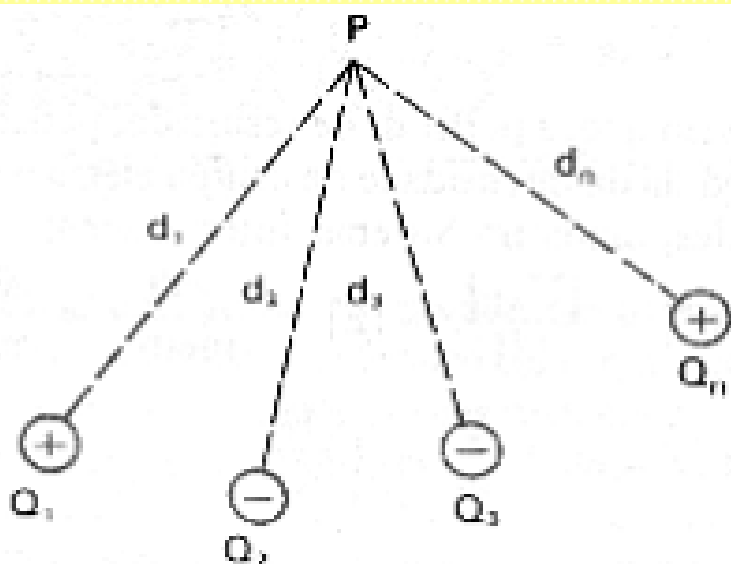
# • POTENCIAL ELÉTRICO

$$V = \frac{K.Q}{d}$$



Na mesma linha de campo os potenciais são iguais

# • POTENCIAL ELÉTRICO DEVIDO A VÁRIAS CARGAS



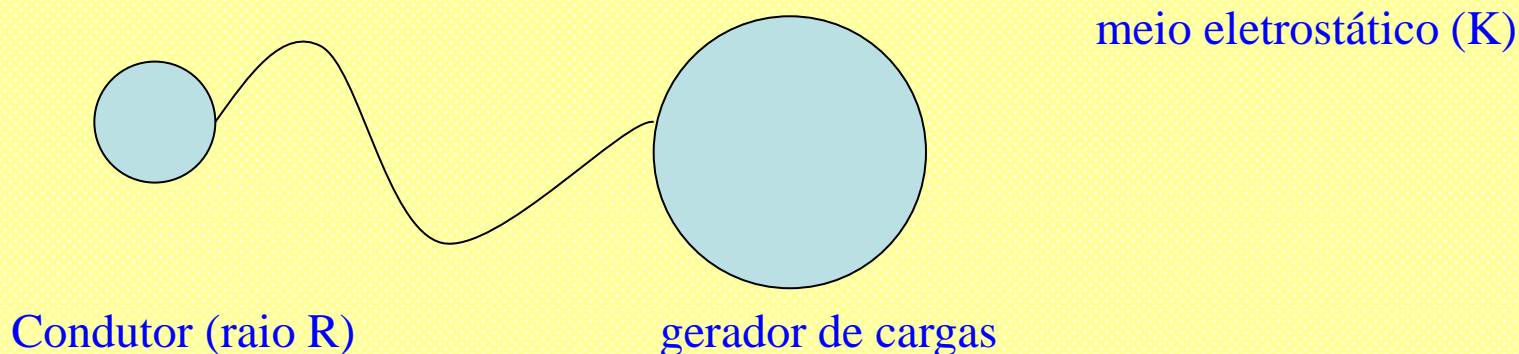
$$V_P = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$V_P = k \frac{Q_1}{d_1} + k \frac{(-Q_2)}{d_2} + k \frac{(-Q_3)}{d_3} + \dots + k \frac{Q_n}{d_n}$$

# *CAPACITÂNCIA E CAPACITORES*

# CAPACITÂNCIA

- Conceito associado à **capacidade** de um condutor em **armazenar** cargas elétricas. Esta capacidade depende de suas **dimensões** e do **material** com que é feito.



- Considerando que toda a carga  $Q$  está no centro do condutor, o potencial elétrico em sua **superfície** será:  $V = (K.Q)/R$  de onde se tira a relação  $Q/V = R/K$

# CAPACITÂNCIA

- COM O  $\uparrow$  DA CARGA, SEU POTENCIAL  $\uparrow$  PROPORCIONALMENTE, JÁ QUE  $R$  E  $K$  SÃO CONSTANTES:

$$Q_1 / V_1 = Q_2 / V_2 = Q_3 / V_3 = \dots = Q / V = C$$

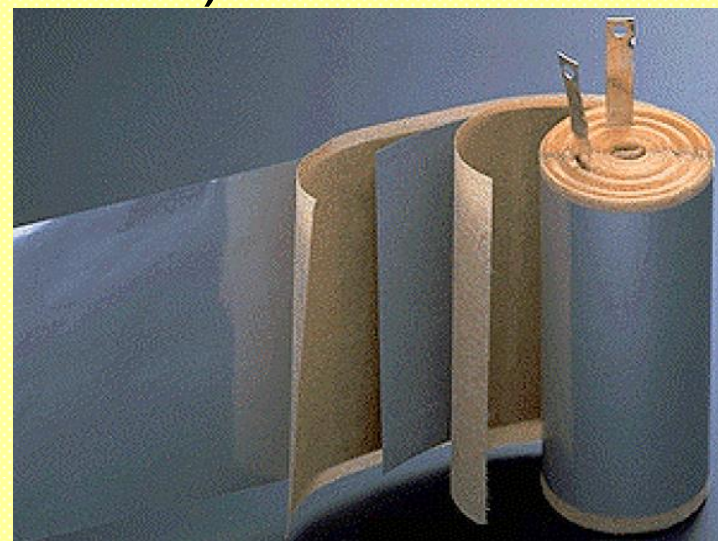
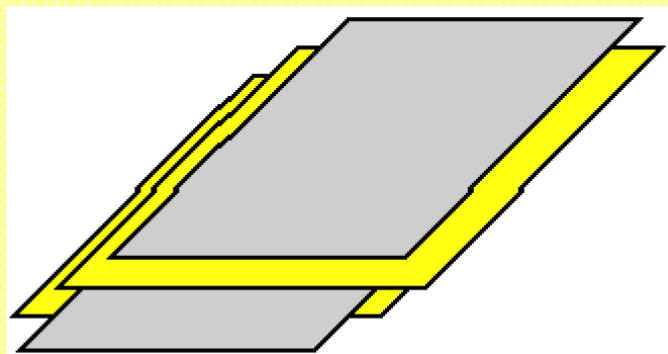
- ESTA CONSTANTE DE PROPORCIONALIDADE É CHAMADA DE **CAPACITÂNCIA**, UNIDADE **FARAD (F)**

$$C = Q / V$$

- **CAPACITÂNCIA** = CAPACIDADE DE CARGA QUE UM CONDUTOR PODE ARMAZENAR POR UNIDADE DE TENSÃO

# CAPACITOR

- DEFINIÇÃO: componente eletrônico capaz de armazenar energia (CAPACITÂNCIA) num campo elétrico (desequilíbrio interno de cargas)
- CONSTITUIÇÃO: dois condutores isolados (PLACAS) com formato qualquer, separados por um material isolante (DIELÉTRICO)
- FOMATO:



- **CAPACITORES**

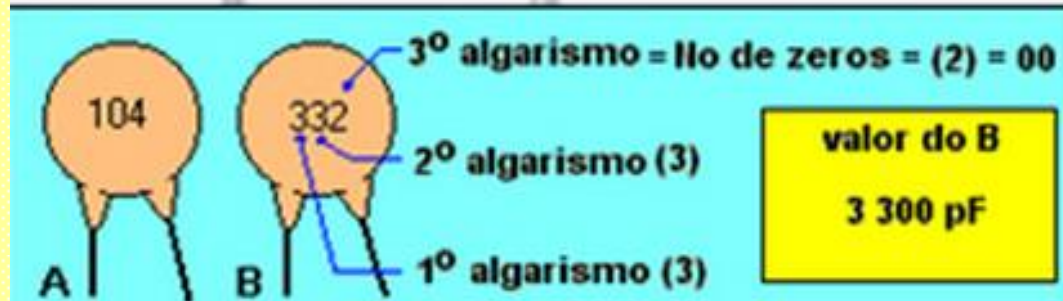
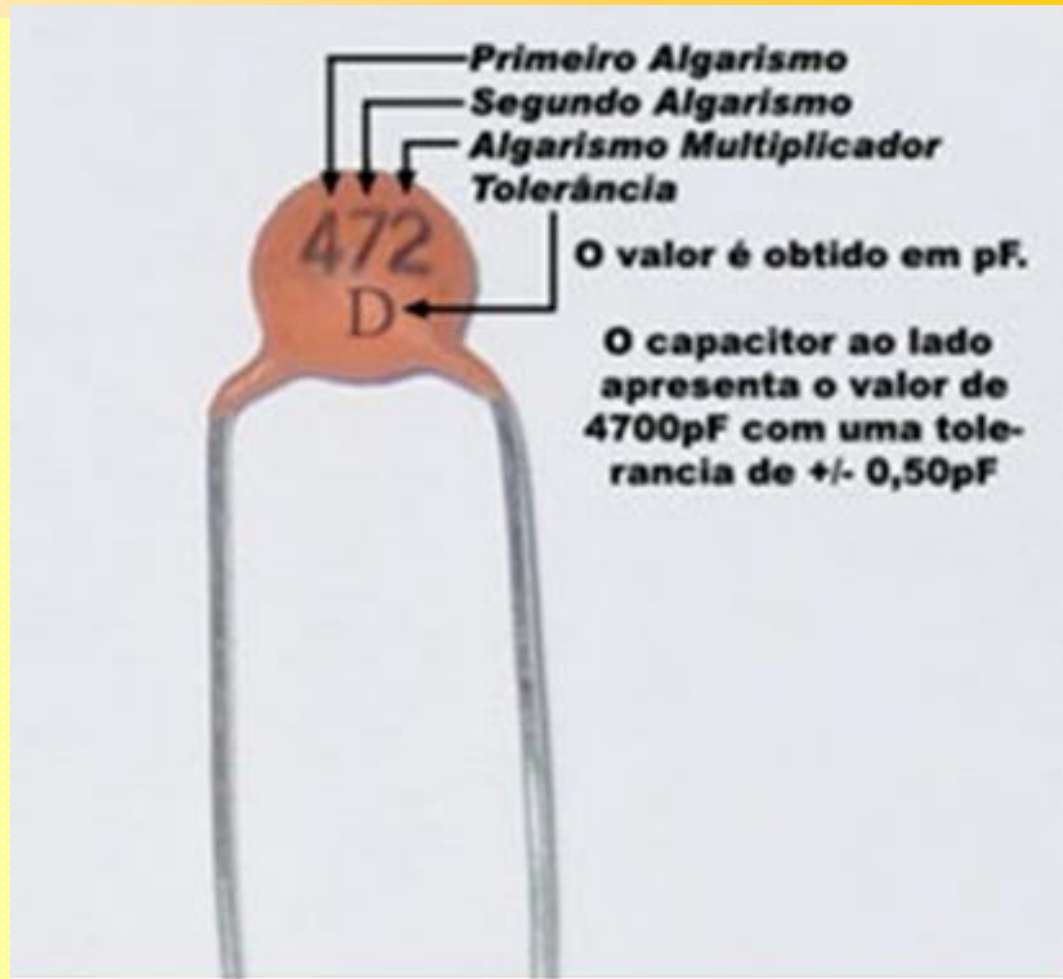
- **PRINCIPAIS TIPOS**

- cerâmica (valores baixos até cerca de 1  $\mu\text{F}$ )
    - poliestireno (geralmente na escala de picofarads)
    - poliéster (de aproximadamente 1 nF até 10  $\mu\text{F}$ )
    - polipropileno (baixa perda, alta tensão, resistente a avarias)
    - eletrolítico (de alta potência, compacto mas com muita perda, na escala de 1  $\mu\text{F}$  a 1000  $\mu\text{F}$ )



# • CAPACITORES

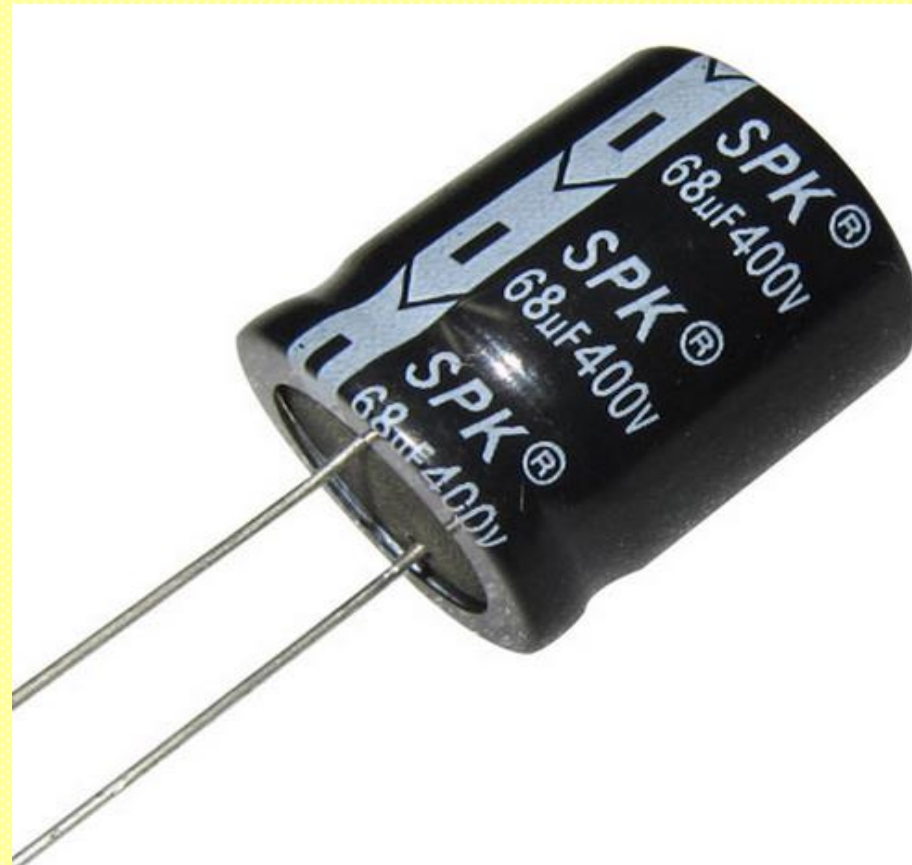
## • CAPACITOR CERÂMICO



- **CAPACITORES**

- **CAPACITOR ELETROLÍTICO**
  - **TEM POLARIDADE**

**CAPACITÂNCIA: 68  $\mu$ F**



- **CAPACITOR DE PLACAS PARALELAS:  
CAPACITÂNCIA**

$C$  = Capacitance

$$C = k \frac{A}{d} \epsilon_0$$

$A$  = Area of plates

$d$  = Plate spacing  
(thickness of dielectric)

$\epsilon_0$  = permissividade absoluta no vácuo

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

$k$  = constante dielétrica

# DIELÉTRICO

- **CAPACITÂNCIAS ELEVADAS**
  - AUMENTO DA ÁREA
  - REDUÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE AS PLACAS

## DIELÉTRICOS COMUNS

### Dielétrico

### constante dielétrica

Vácuo

1

Papel

3,5

Vidro

7,75

Porcelana

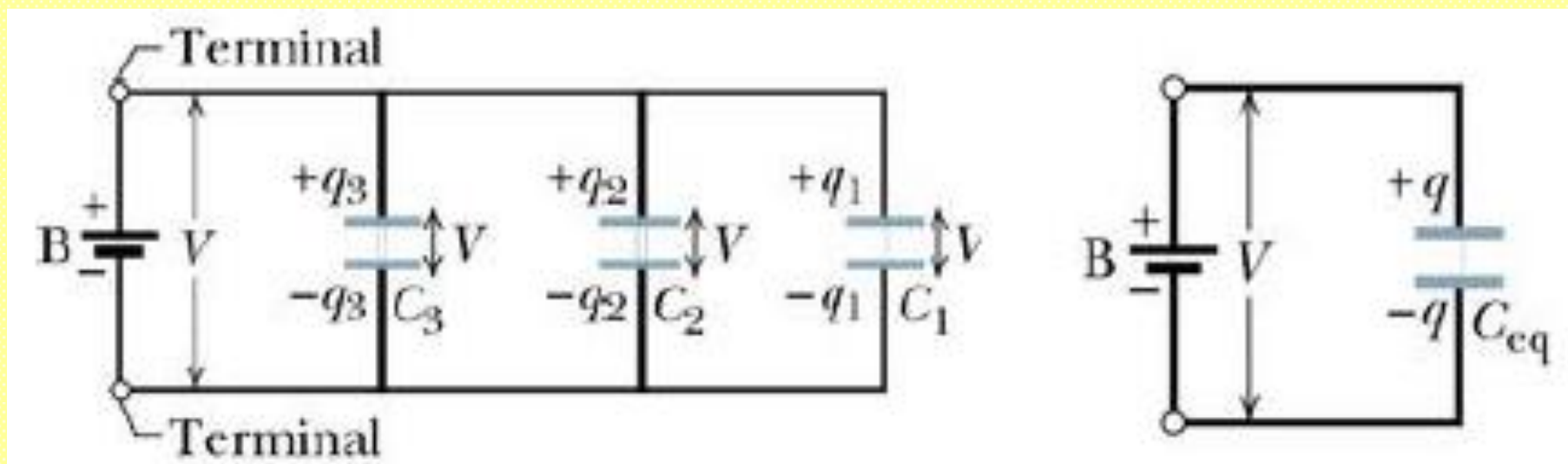
6,5

Polietileno

2,3

# ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

- PARALELO



- $C_{eq} = \frac{q}{V} = C_1 + C_2 + C_2 ;$

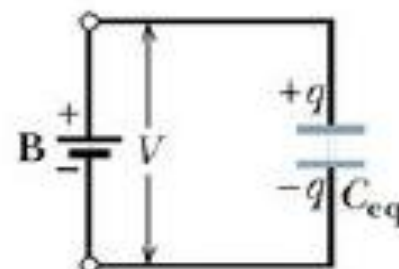
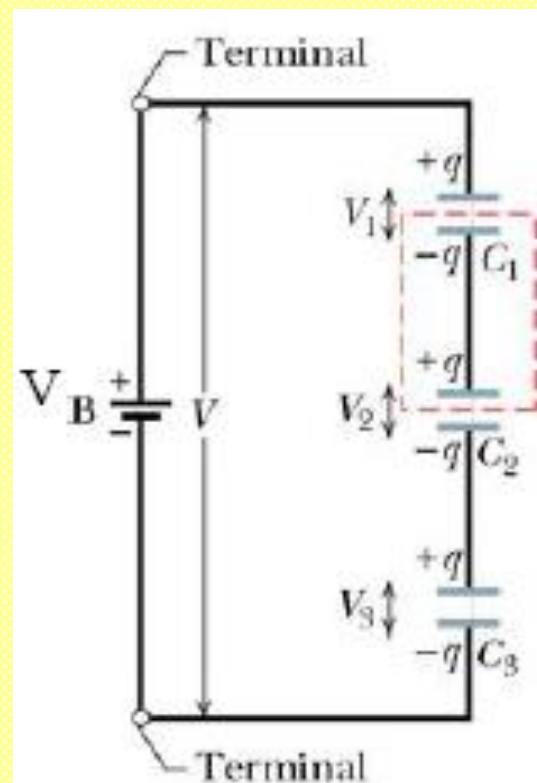
$$C_{eq} = \sum_{j=1}^n C_j$$

# ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

- SÉRIE

- $$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j}$$



- **ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES**
- **APLICAÇÕES**
  - MICROELETRÔNICA
  - ELETRÔNICA DE POTÊNCIA
  - INFORMÁTICA
  - ELETRODOMÉSTICOS
  - ELETRÔNICA AUTOMOTIVA
  - ELETRÔNICA ESPACIAL
  - ETC...



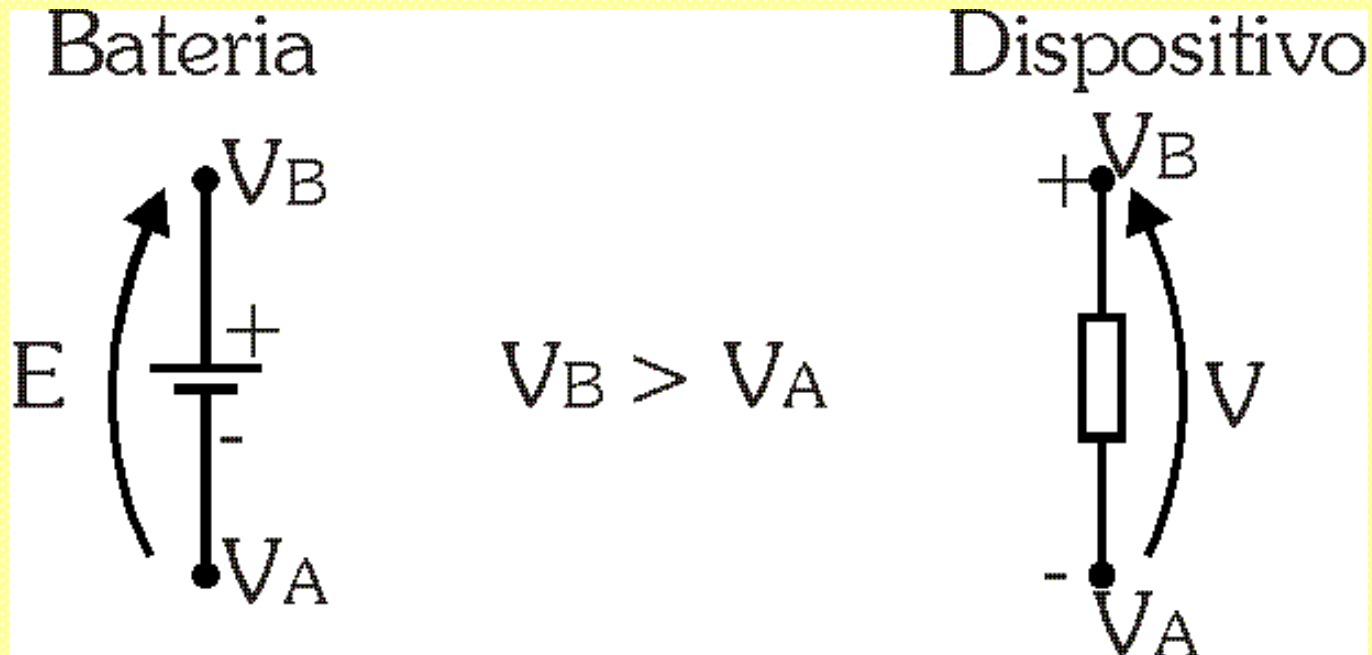
# ELETRODINÂMICA

# Tensão Elétrica

- Se considerarmos dois pontos A e B de um campo elétrico, sendo  $V_A$  e  $V_B$  os seus potenciais elétricos, definimos tensão elétrica ou diferença de potencial, ddp, entre os pontos A e B, através da expressão:

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

- Tensão Elétrica (E, V ou U)



## Eletrodinâmica

Estudo das cargas elétricas em movimento.

### Intensidade da Corrente Elétrica

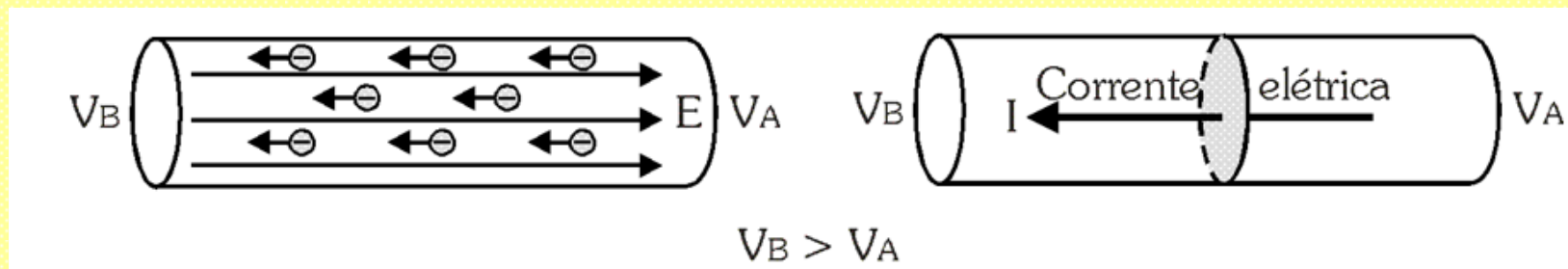
Definimos intensidade de corrente elétrica como sendo a quantidade de carga que passa numa seção transversal de um condutor durante um certo intervalo de tempo.

$$I = \frac{Q}{t}$$

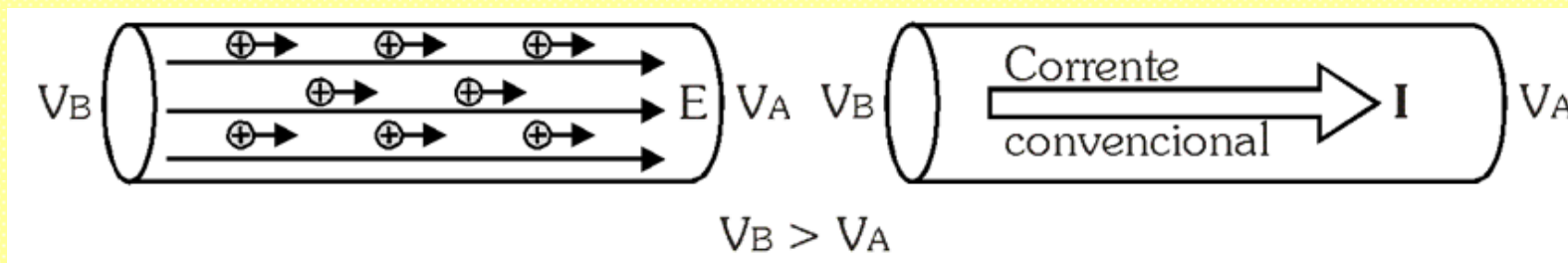
**Símbolo**  
I

**Unidade de Medida**  
ampère [A]

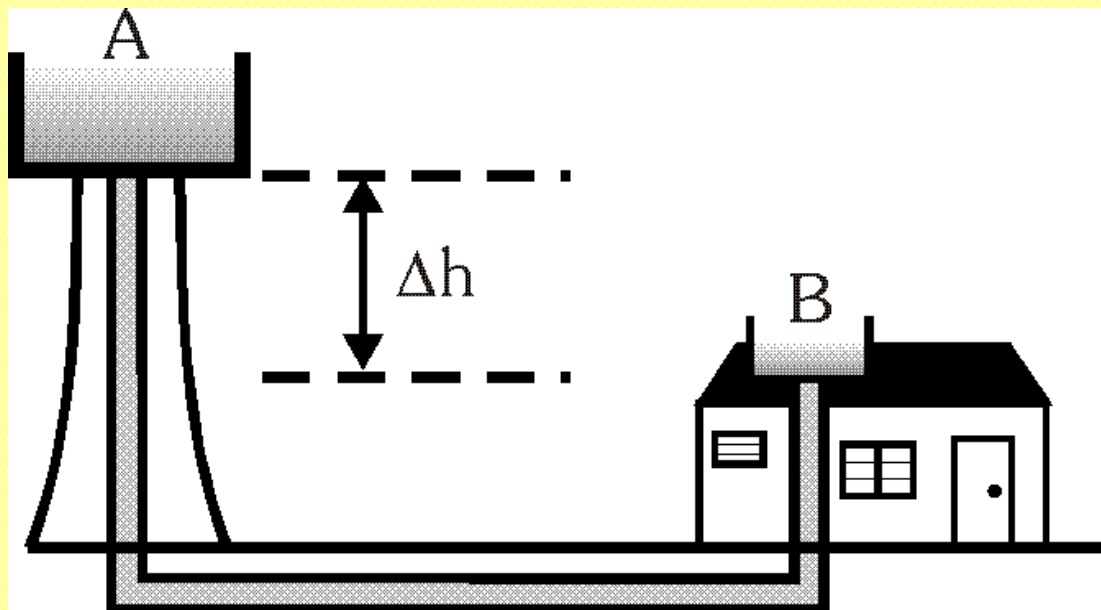
**Corrente Elétrica Real:** nos metais, os elétrons movimentam-se no sentido contrário do campo elétrico. **Sentido:** do potencial menor para o maior.



**Corrente Elétrica Convencional:** considera a corrente como sendo formada por cargas positivas. **Sentido:** do potencial maior para o menor



## Analogia com a Hidráulica

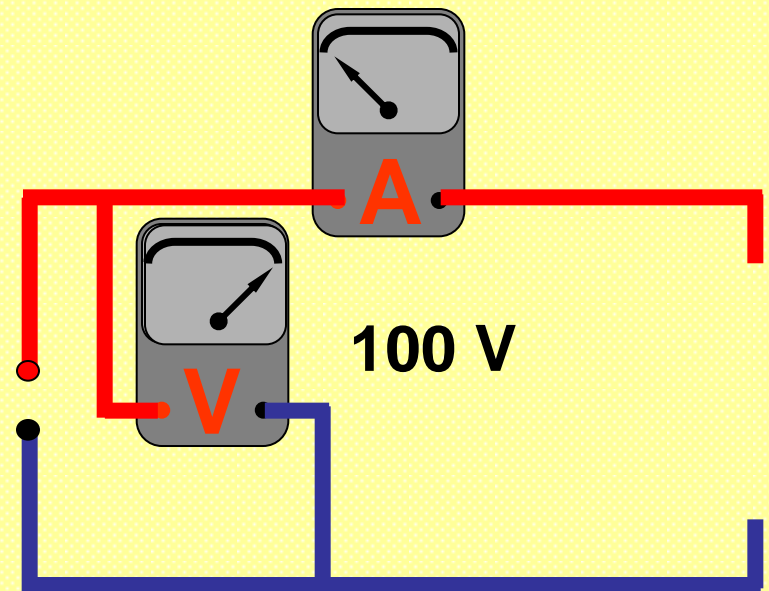
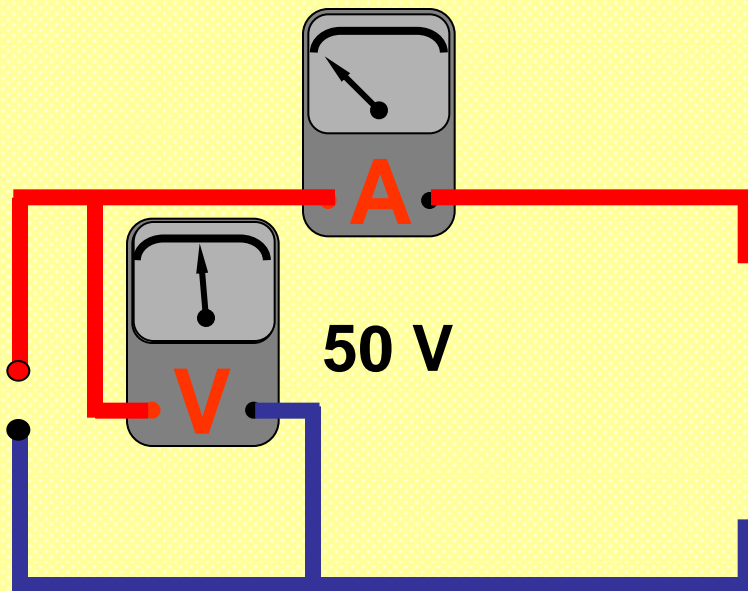


A **corrente** de água existe por causa da **d.d.p.** gravitacional entre as caixas d'água.

A diferença de potencial (ddp) é necessária para que haja condução de eletricidade, porque produz um movimento de cargas elétricas.

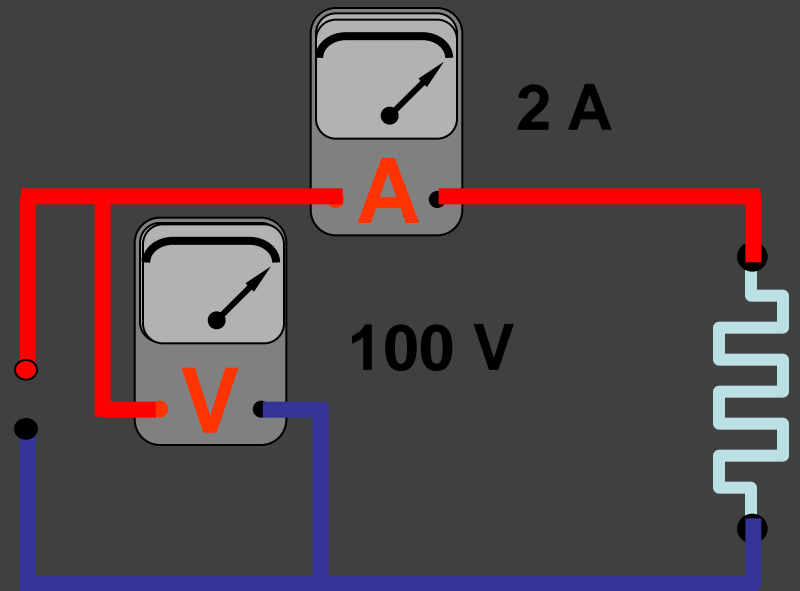
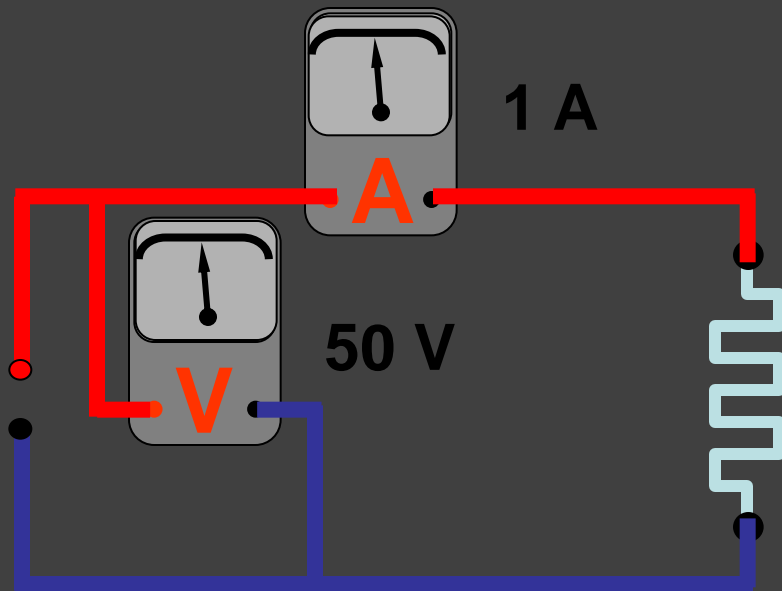
# LEI DE OHM





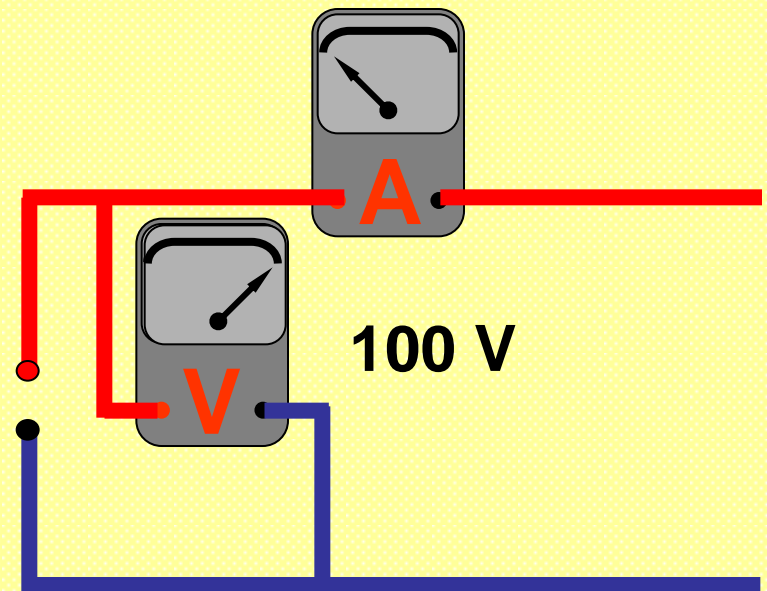
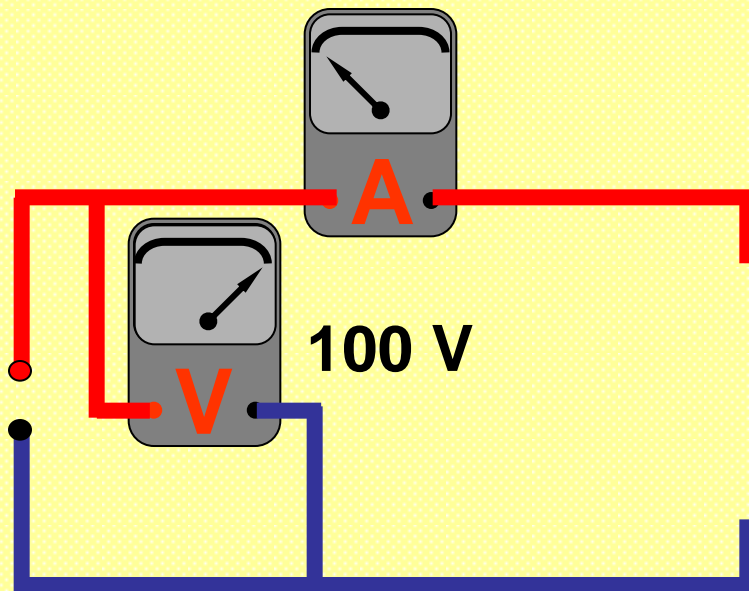
Se colocar-mos a mesma resistência  
nos dois circuitos ...

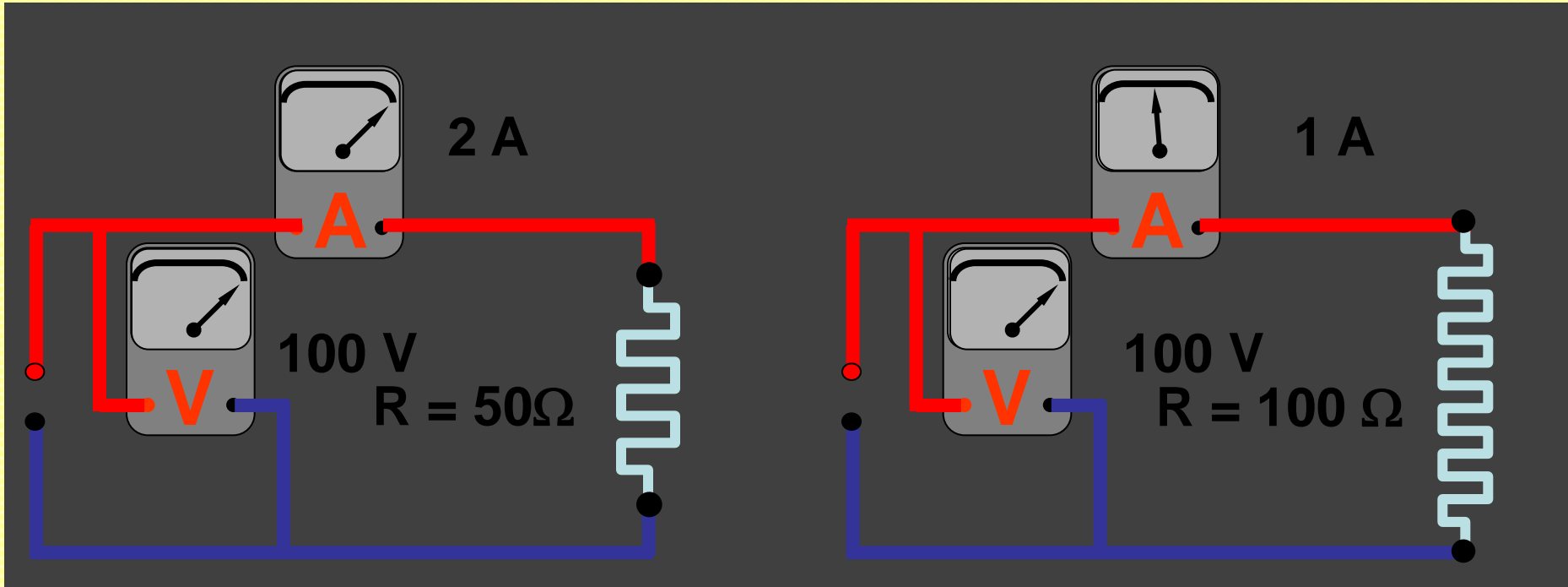
?



- Se aplicarmos a mesma tensão nos dois circuitos e mudarmos a resistência...

?





Mantendo a tensão fixa e variando a resistência a corrente varia no sentido oposto

# Conclusão

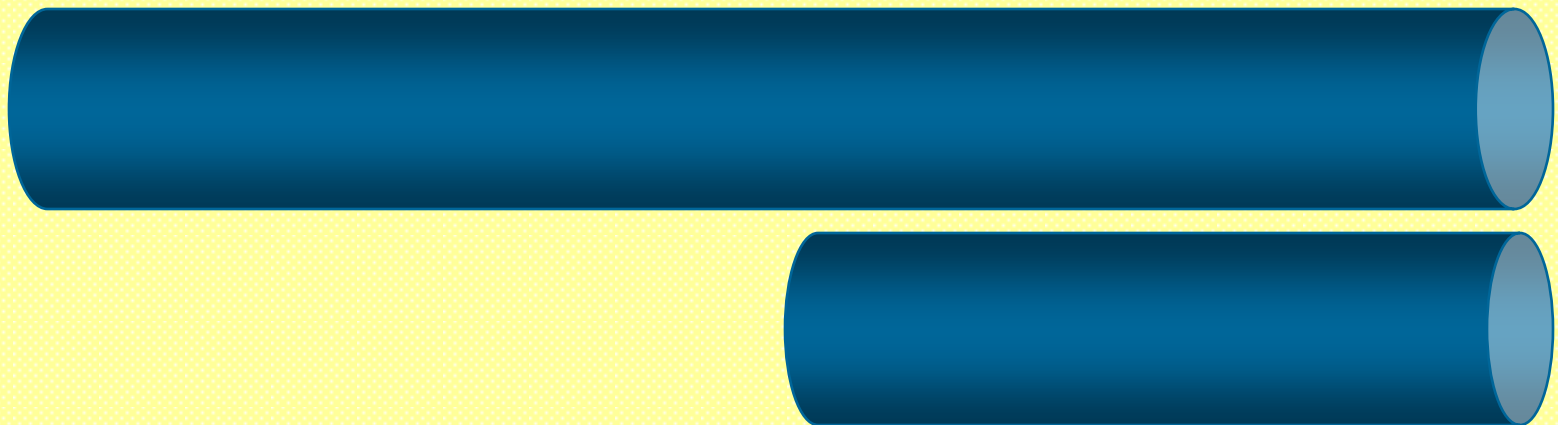
Quanto maior a tensão  
Maior a corrente elétrica

Quanto maior a resistência  
Menor a corrente elétrica

# Lei de OHM

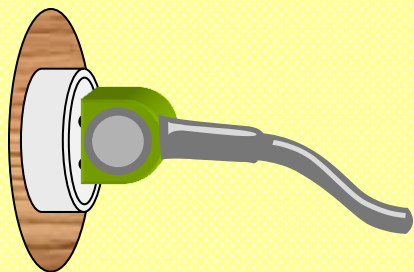
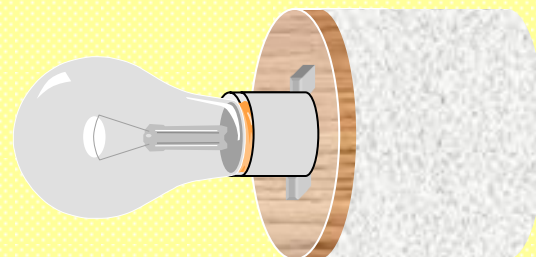
$$I = \frac{V}{R}$$

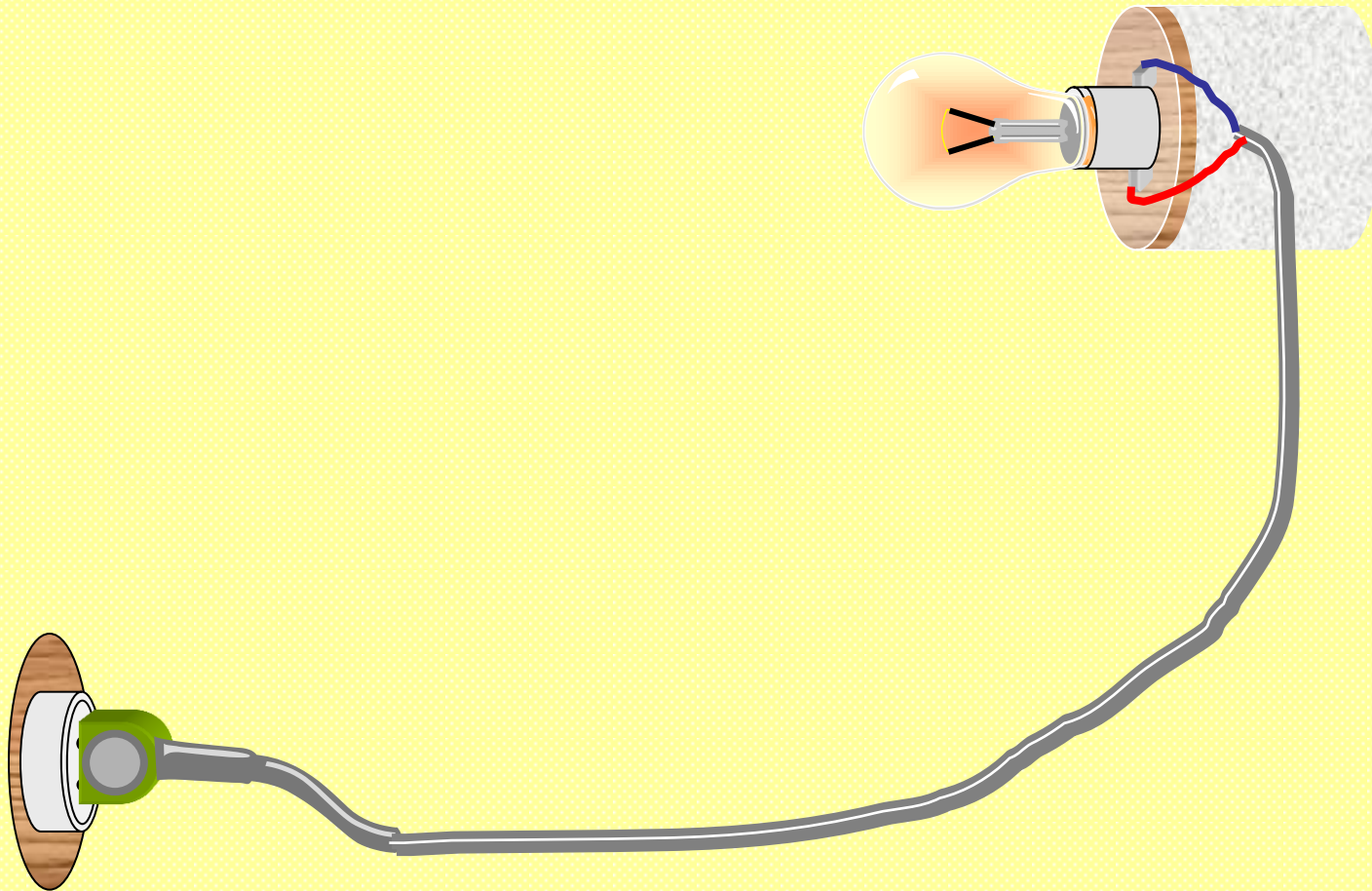
Observe dois canos de água.

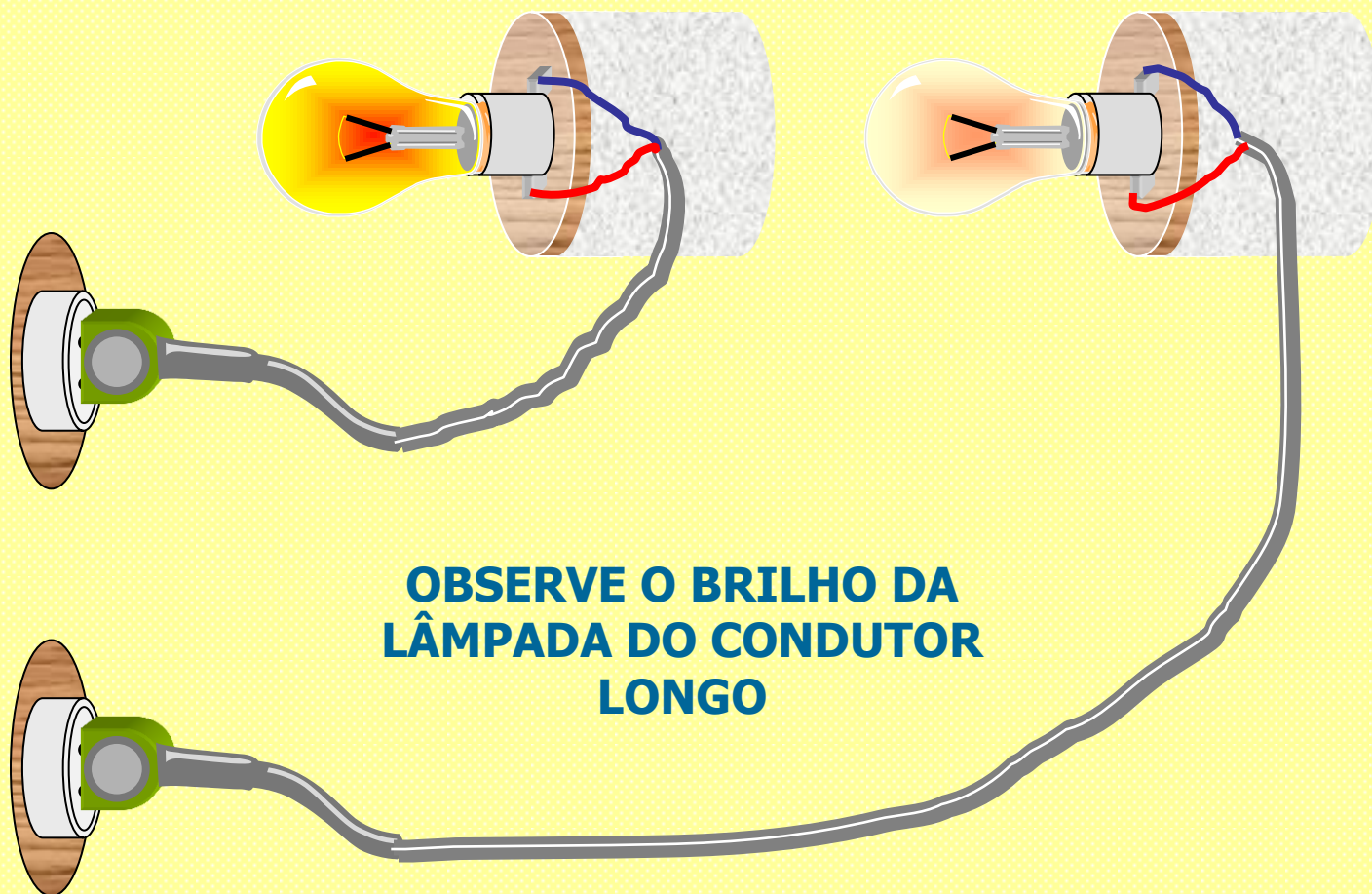


Em qual deles a água passa com maior facilidade?

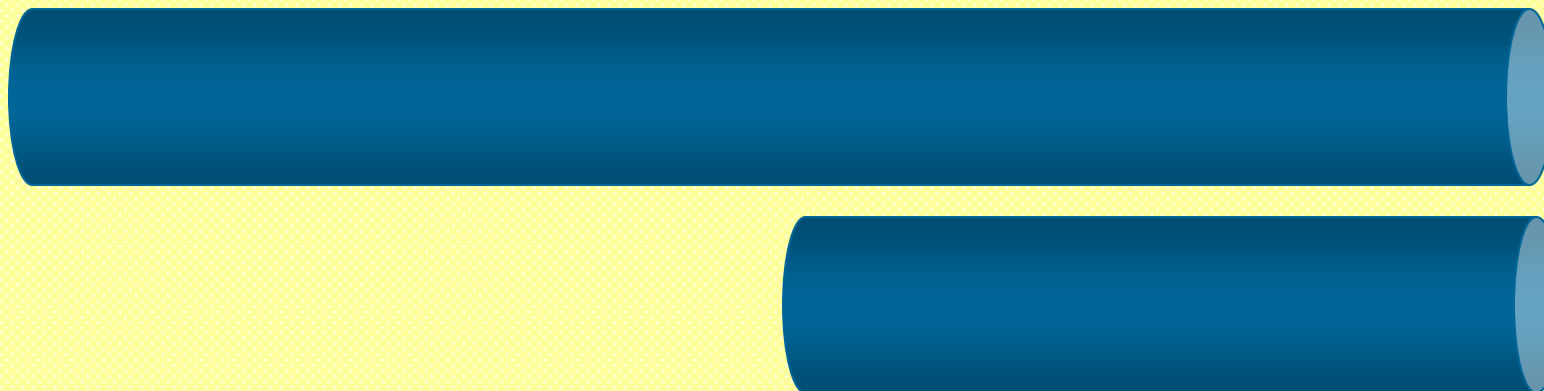








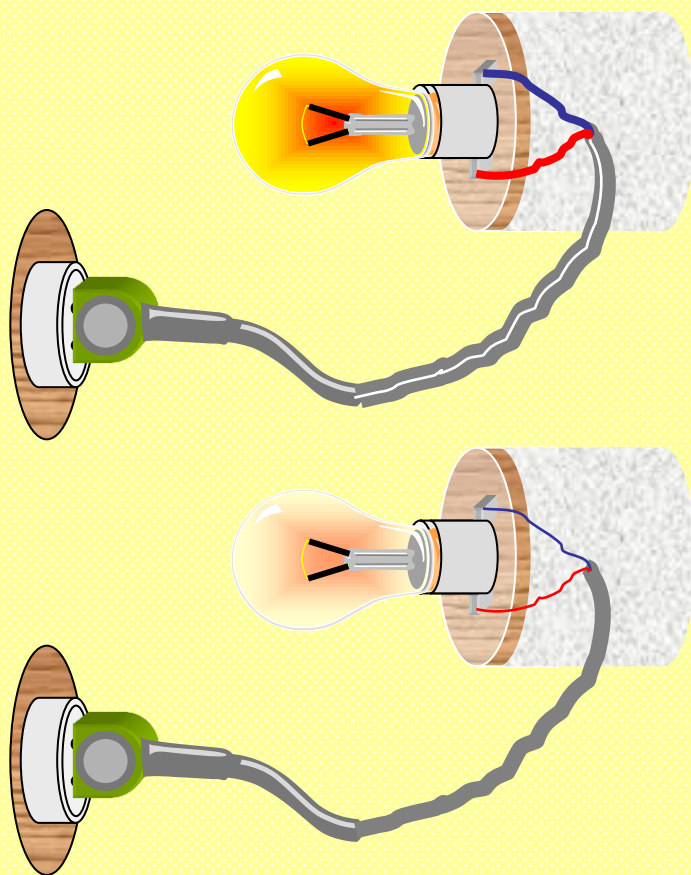
**QUANTO MAIOR O COMPRIMENTO DO  
CONDUTOR MENOR A INTENSIDADE  
DE CORRENTE ELÉTRICA  
CIRCULANDO POR ELE.**



**VAMOS PEGAR MAIS DOIS  
CANOS DE ÁGUA .**



**EM QUAL DOS DOIS CANOS A  
ÁGUA PASSA COM MAIOR  
FACILIDADE ?**



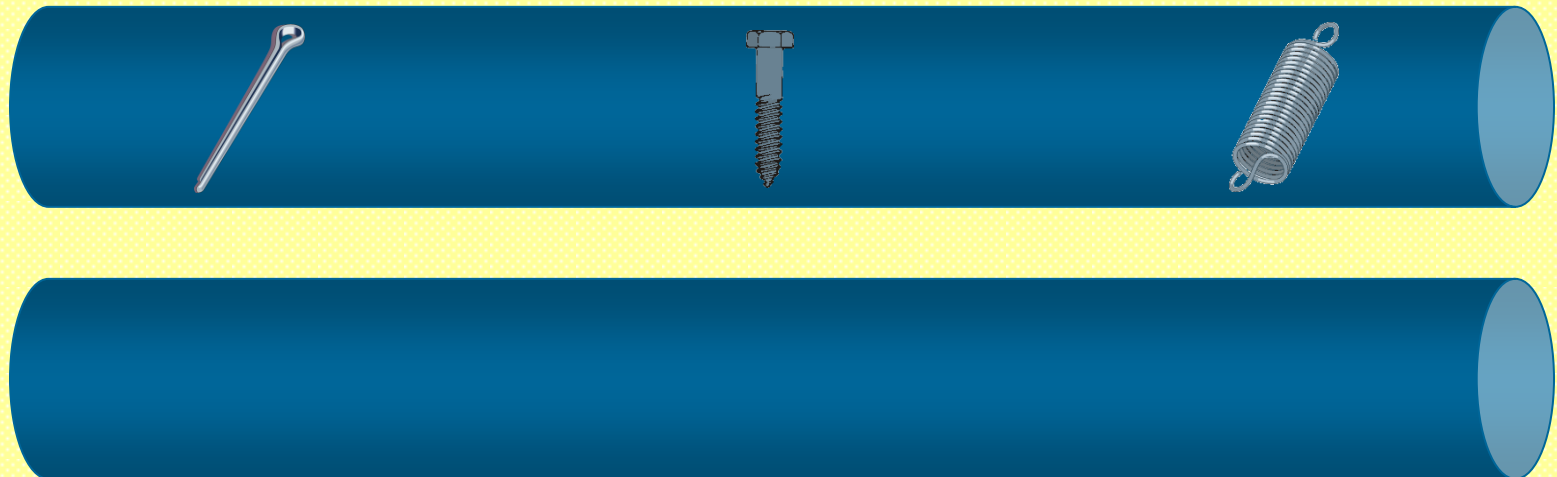
**OBSERVE O  
BRILHO DA  
LÂMPADA DO  
CONDUTOR FINO**

**QUANTO MAIOR A SEÇÃO DO  
CONDUTOR MAIOR A  
INTENSIDADE DE CORRENTE  
ELÉTRICA CIRCULANDO POR ELE.**



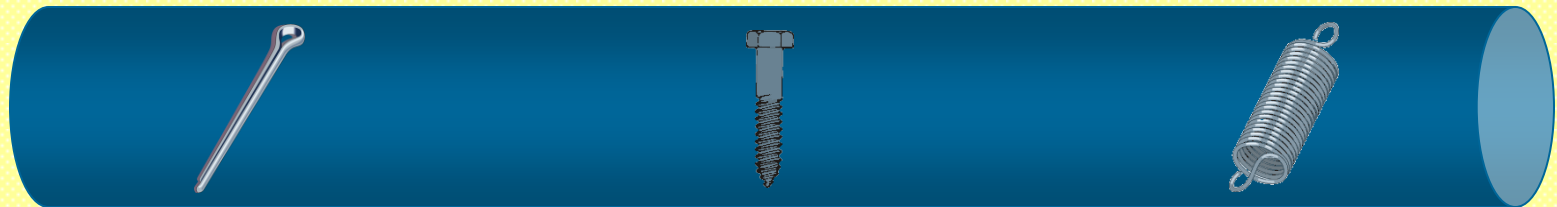
**VAMOS PEGAR MAIS DOIS  
CANOS DE ÁGUA.**

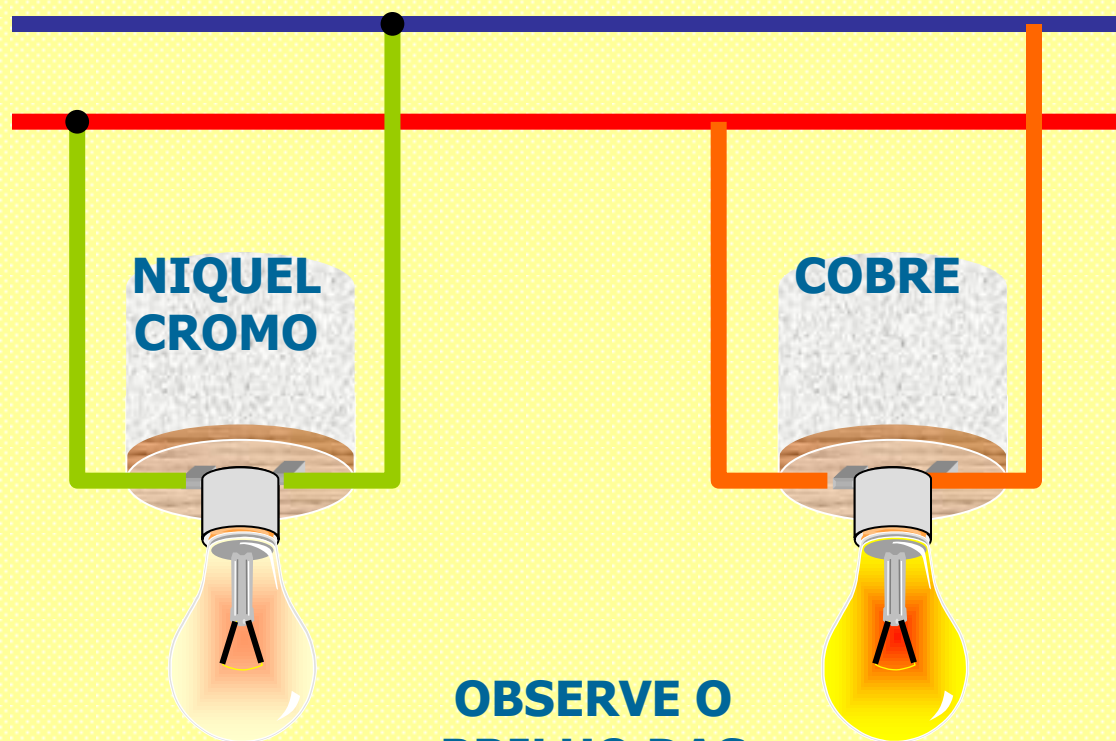
**EM UM DELES COLOCAREMOS  
ALGUNS OBJETOS**





**EM QUAL DELES  
A ÁGUA PASSA  
COM  
MAIOR FACILIDADE ?**





**OBSERVE O  
BRILHO DAS  
DUAS LÂMPADAS**

**ALGUNS MATERIAIS OFERECEM  
MAIOR OU MENOR RESISTÊNCIA À  
PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA.**



**COBRE**



**NIQUEL CROMO**

**A ESTAS RESISTÊNCIAS DAMOS O NOME DE  
Resistência Específica OU Resistividade ,  
REPRESENTADA PELA LETRA GREGA  $\rho$ .**

## Conclusão

Maior o **comprimento** do condutor – maior a **resistência**

Maior a **seção** do condutor – menor a **resistência**

A **resistência** depende do **material**

As observações realizadas permitem escrever a seguinte relação:

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

**Onde:**

**R** - Resistência elétrica do condutor (  $\Omega$  );

**$\rho$**  - Resistividade do condutor (  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  );

**l** - Comprimento do condutor ( m ) e

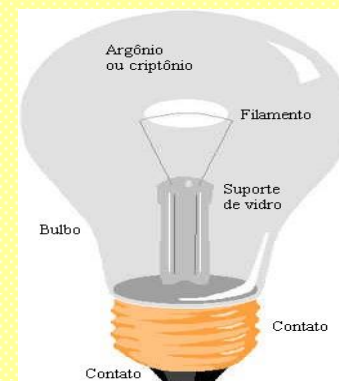
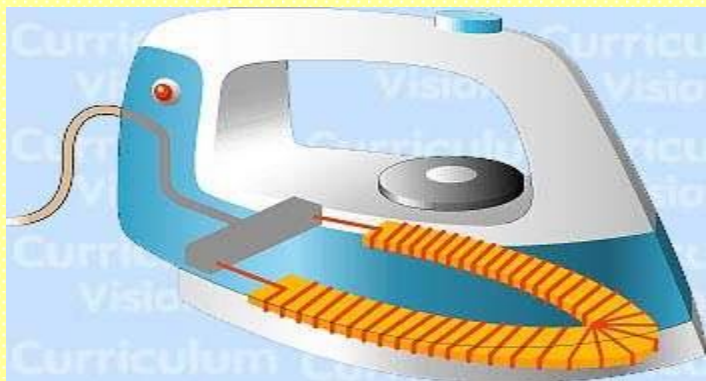
**A** - Seção do condutor (  $\text{mm}^2$  ).

# Resistividade dos materiais

MATERIAL	$\rho$	MATERIAL	$\rho$
Alumínio	0,0292	Manganina	0,48
Bronze	0,067	Mercúrio	0,96
Carbono	50,00	Níquel	0,087
Chumbo	0,22	Ouro	0,024
Cobre	0,0162	Prata	0,0158
Constantan	0,000005	Platina	0,106
Estanho	0,115	Tungstênio	0,055
Ferro	0,096	Zinco	0,056
Latão	0,067		

# *RESISTORES*

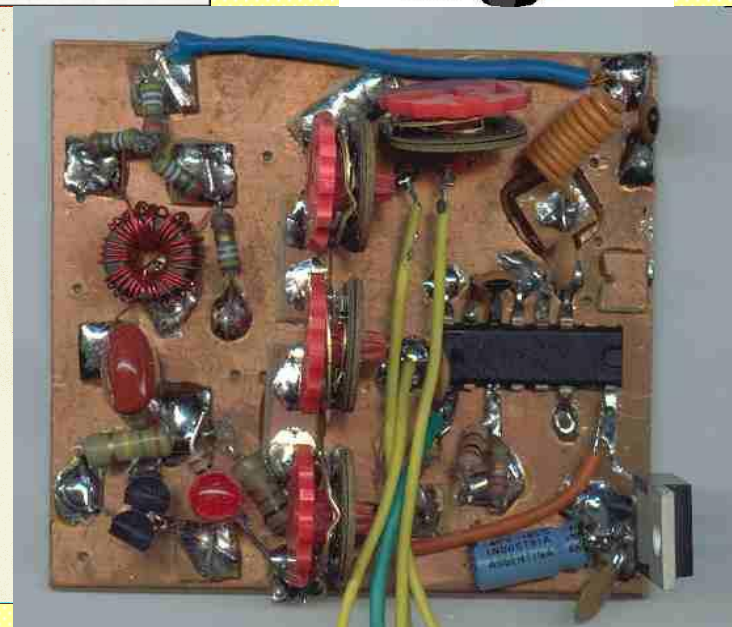
# Resistores, para que servem?



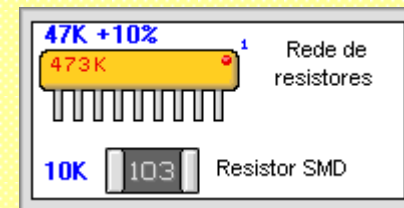
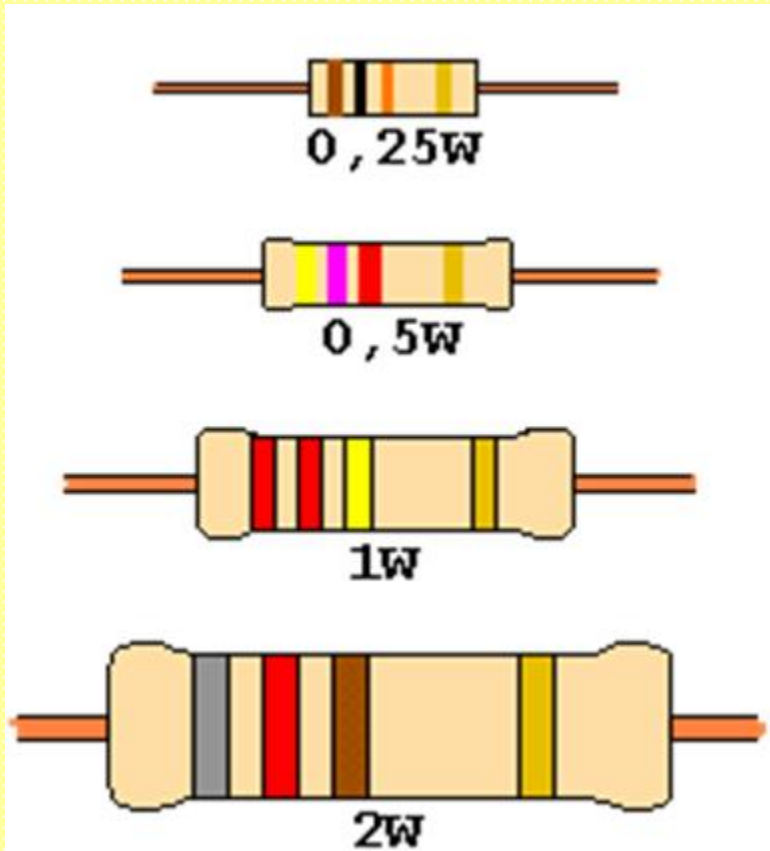
Filme de Carbono (CR)				
Filme Metálico (SFR)				
Filme Metálico (SFR 16S)				
Filme Metálico (SFR 25H)				
Filme Metálico (NFR) Metal Glazed (VR)				
Filme Metálico (PR) (potência)				
Filme Metálico (MR) (precisão)				

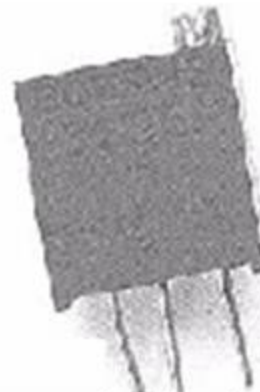
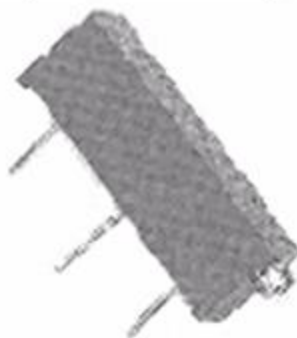
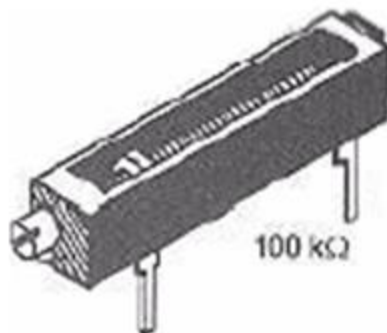
1º dígito	2º dígito	3º dígito	Multiplicador (Ω)	Tolerância (%)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0,01 0,1 1 10 100 1 k 10 k 100 k 1 M 10 M	5 1 2



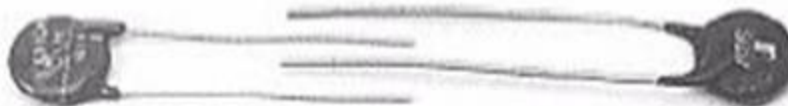


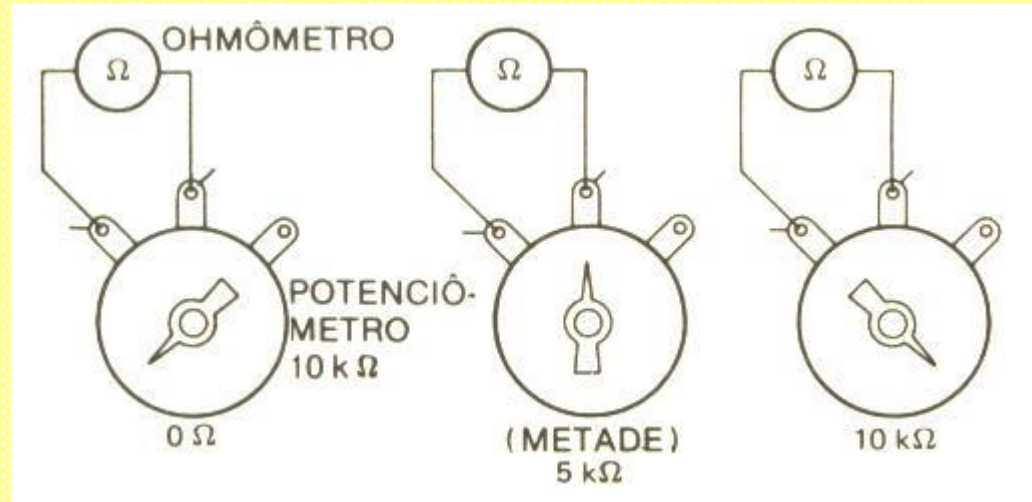


**a – Potenciômetros multivoltas** - Tem o corpo compridinho e um eixo tipo sem-fim. Girando este eixo, ele varia a resistência bem devagar. É usado em circuitos onde o ajuste da resistência deve ser bem preciso. Veja abaixo:

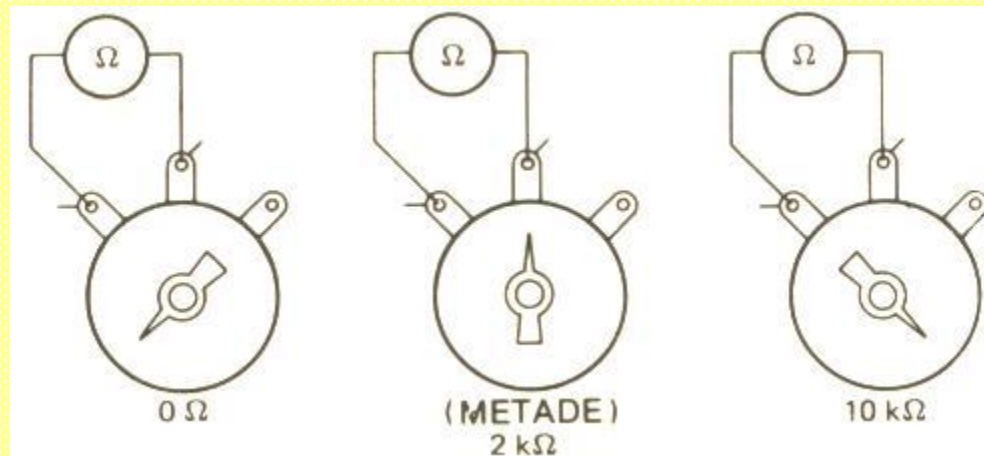


**b - Varistor** – É um resistor especial que diminui a sua resistência quando a tensão nos seus terminais aumenta. É usado na entrada de força de alguns aparelhos, protegendo-os de um aumento de tensão da rede elétrica. Quando a tensão nos terminais ultrapassa o limite do componente, ele entra em curto, queima o fusível e desliga o aparelho.



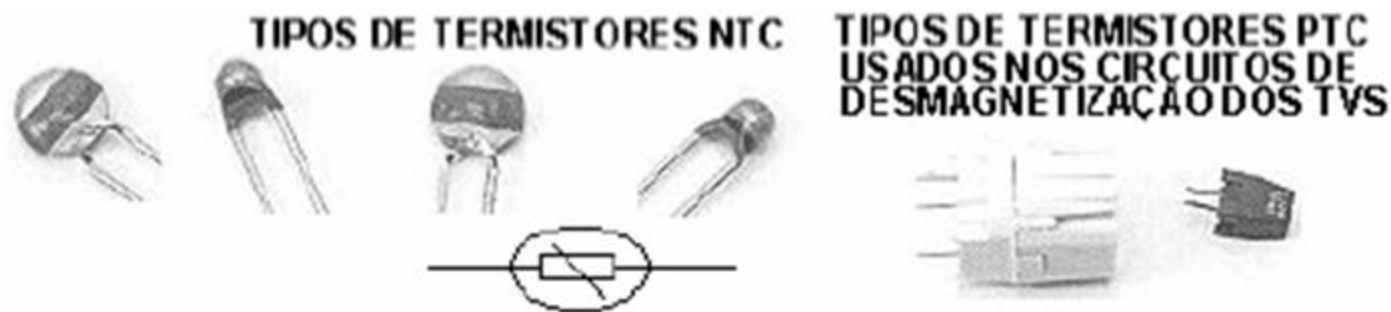


## Potenciômetro Linear



## Potenciômetro Não-Linear

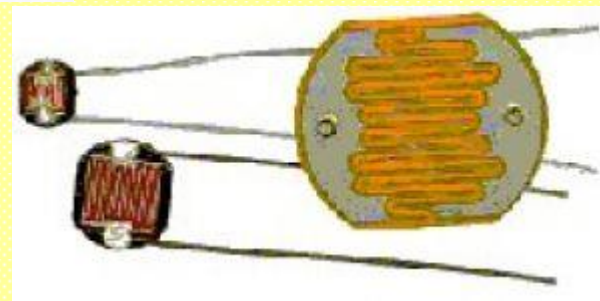
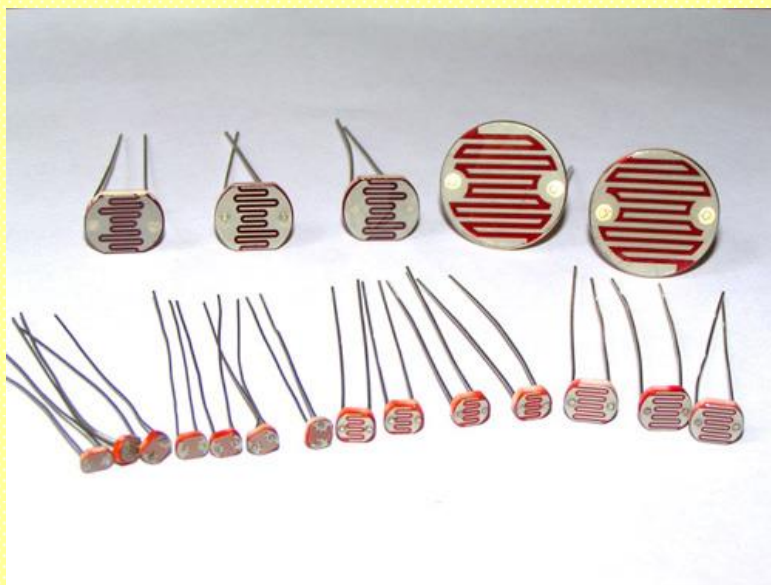
**c - Termistor** – Este tipo de resistor varia a resistência com a temperatura. Existem os termistores positivos (PTC) que aumentam a resistência quando esquentam e os negativos (NTC) que diminuem a resistência quando esquentam. É usado em circuitos que requerem estabilidade mesmo quando a temperatura de operação aumenta.



**d - Barra de resistores** - São vários resistores interligados dentro de uma única peça, tendo um terminal comum para todos. É usado em circuitos que requerem economia de espaço. Também pode ser chamado de resistor package (pacote de resistores).

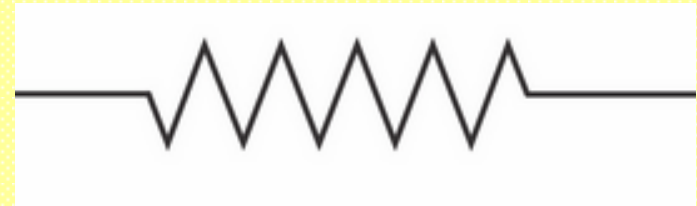


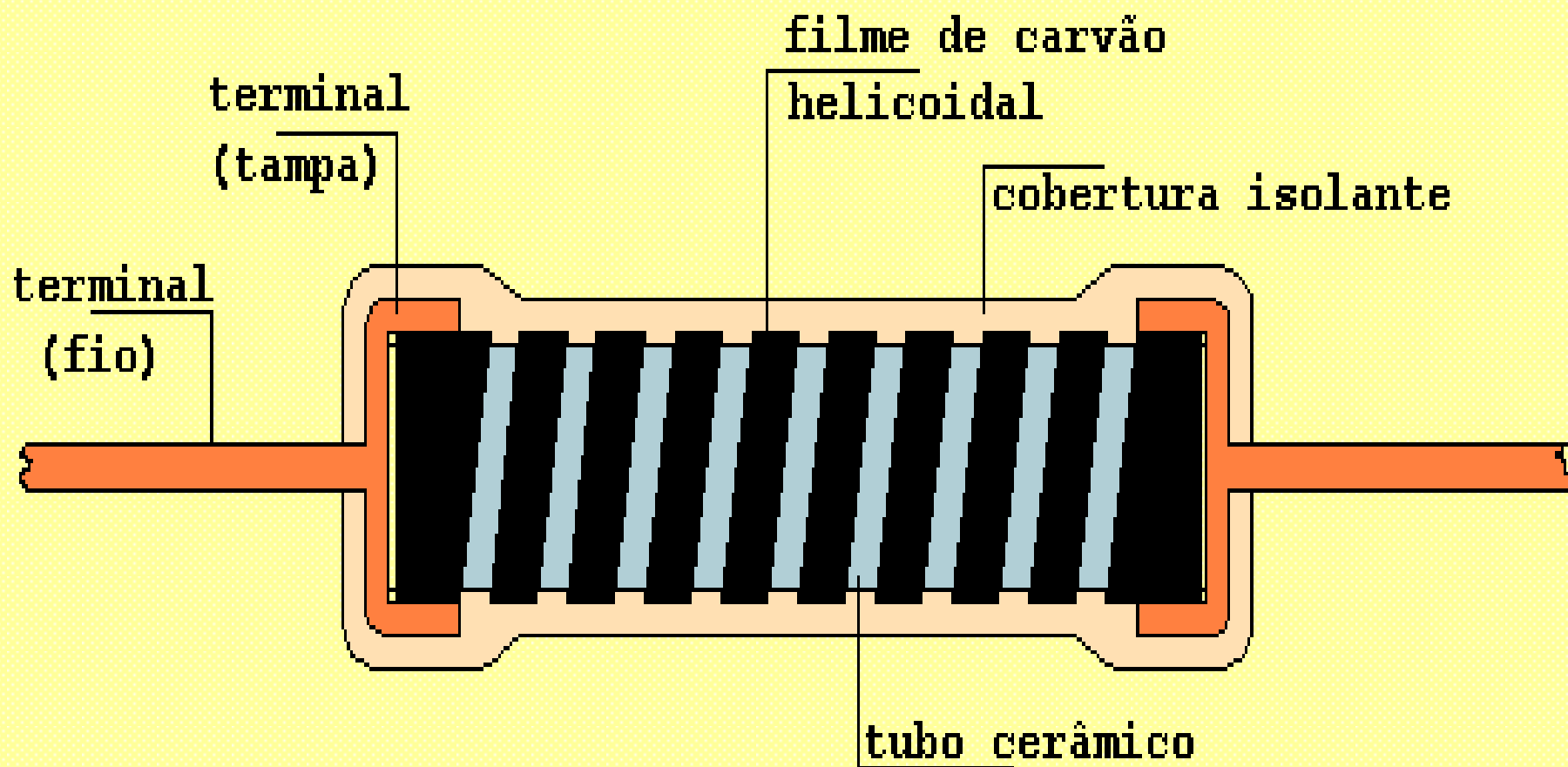
**e - Fotorresistores** - Também chamados de **LDR**, variam a resistência de acordo com a luz incidente sobre ele. Quanto mais claro, menor é a sua resistência. São usados em circuitos sensíveis a iluminação ambiente.

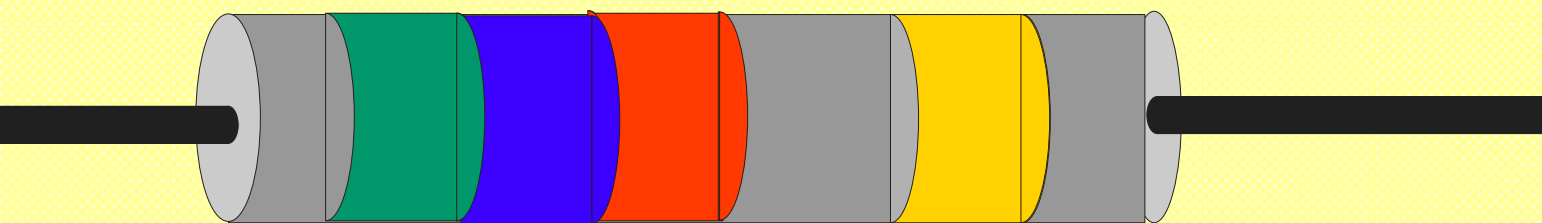




# Representação de Resistores







**Tolerância**

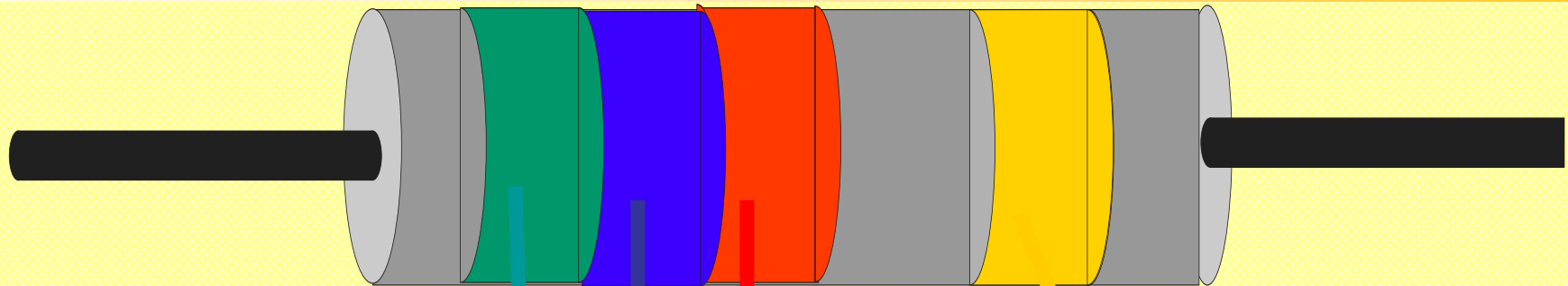
**Multiplicador**

**Algarismo significativo**

**Algarismo significativo**



Cor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	Multiplicador	<u>Tolerância</u>	Coef. de Temperatura
<u>Preto</u>	0	0	0	$\times 10^0$		
<u>Marrom</u>	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
<u>Vermelho</u>	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
<u>Laranja</u>	3	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
<u>Amarelo</u>	4	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
<u>Verde</u>	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)	
<u>Azul</u>	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)	
<u>Violeta</u>	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)	
<u>Cinza</u>	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)	
<u>Branco</u>	9	9	9			
<u>Ouro</u>					$\pm 5\%$ (J)	
<u>Prata</u>					$\pm 10\%$ (K)	
Sem cor					$\pm 20\%$ (M)	

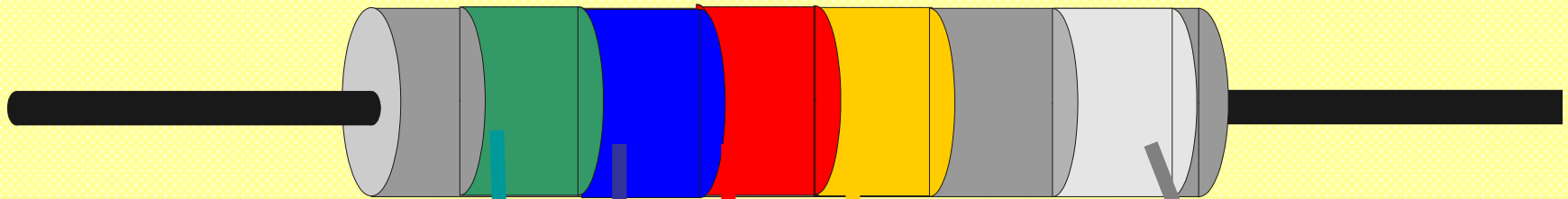


5 6 0 0  $\Omega$   $\pm 5\%$

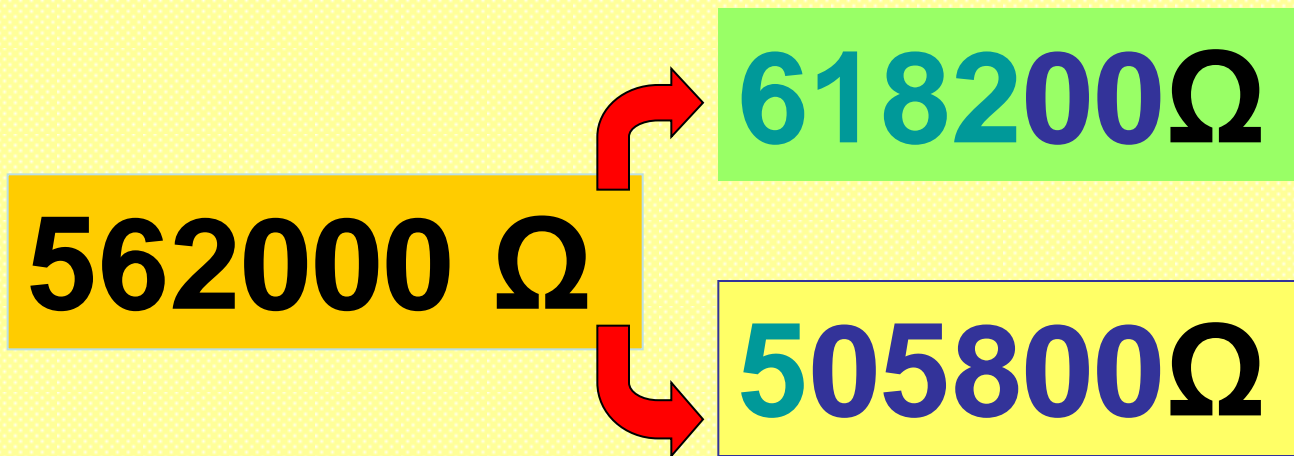
5600  $\Omega$   $\pm 5\%$

5880  $\Omega$

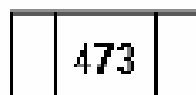
5320  $\Omega$



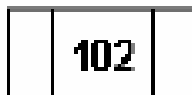
**5 6 2 0 0 0  $\Omega$   $\pm$  10%**



**c – Resistores SMD** – A leitura é indicada no corpo através de um número. O terceiro algarismo é o número de zeros a ser acrescentado aos primeiros. Observe:



RESISTOR DE  
47.000 OHMS  
OU 47 K



RESISTOR DE  
1.000 OHMS  
OU 1K



JUMPER (FIO)



## Exercício 07

*Indique o valor dos resistores abaixo:*



MARROM PRETO OURO

\_\_\_\_\_



VERMELHO VERMELHO PRATA

\_\_\_\_\_



Vermelho Vermelho Marrom Marrom

\_\_\_\_\_

**d - Valores padronizados de resistores de grafite** - São os valores encontrados no mercado: 1 – 1,1 – 1,2 – 1,3 – 1,5 – 1,8 – 2 – 2,2 – 2,4 – 2,7 – 3 – 3,3 – 3,9 – 4,3 – 4,7 – 5,1 – 5,6 – 6,2 – 6,8 – 7,5 – 8,2 – 9,1 e os múltiplos e sub múltiplos de 10 de cada valor destes até 10 M.

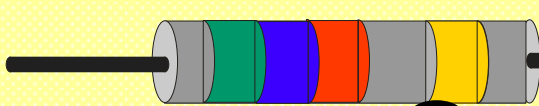
# ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

## ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

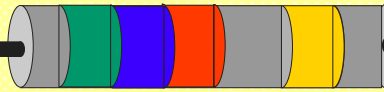
$R_1$

$R_2$

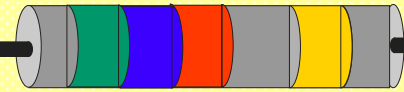
$R_3$



5600  $\Omega$



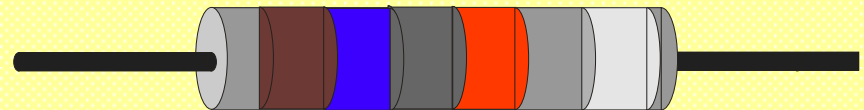
5600  $\Omega$



5600  $\Omega$

## RESISTOR EQUIVALENTE

$R_{eq}$

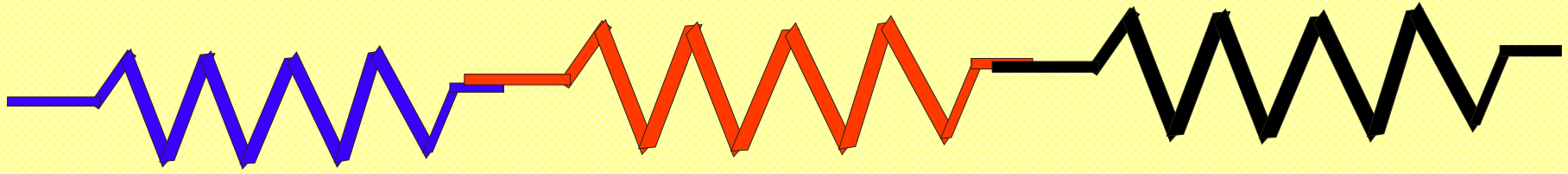


16.800  $\Omega$

$R_1$

$R_2$

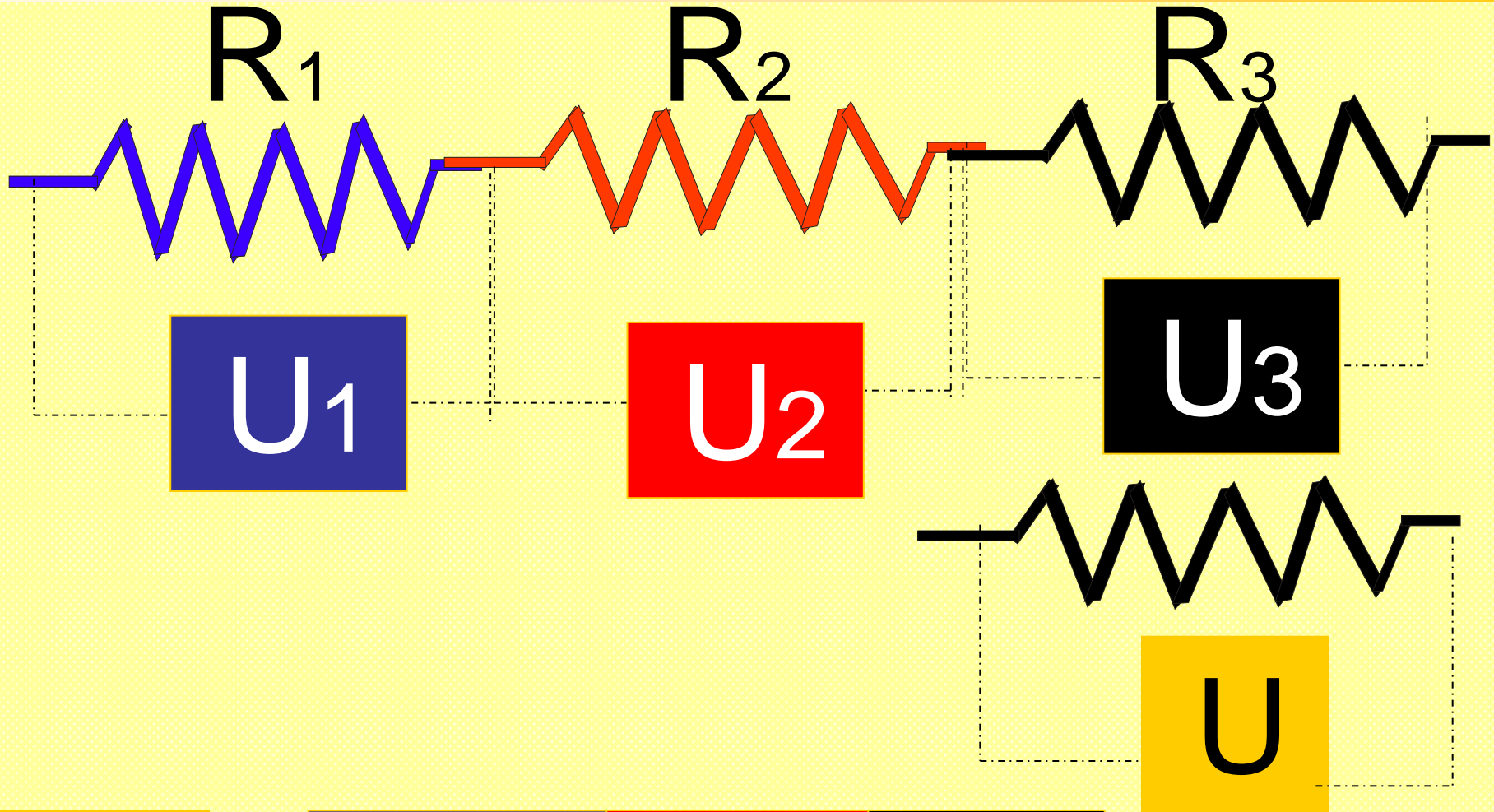
$R_3$



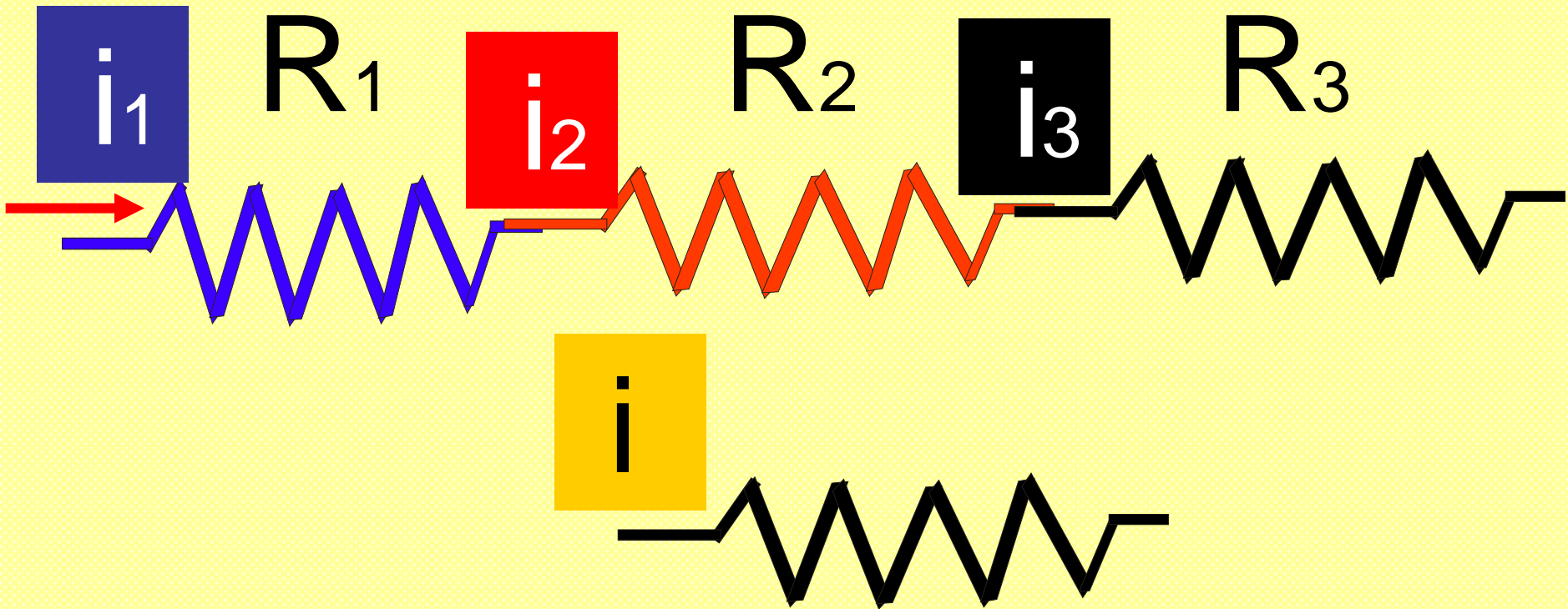
$R_{eq}$



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



$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

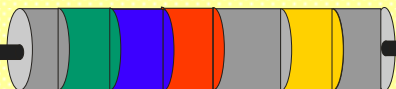


$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

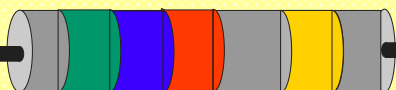


# ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

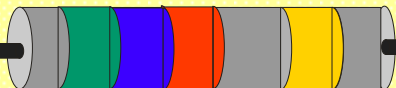
$$R_1 = 5600 \, \Omega$$



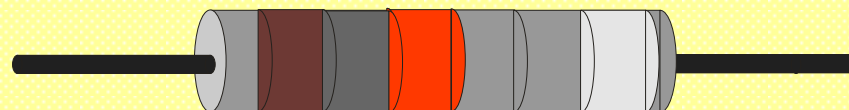
$$R_2 = 5600 \, \Omega$$



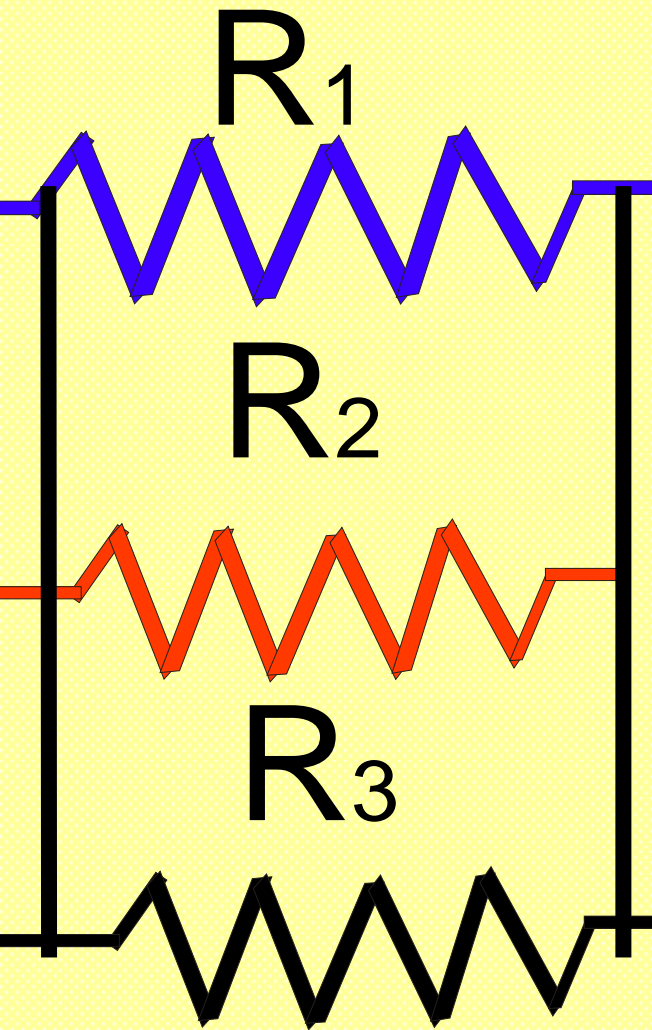
$$R_3 = 5600 \, \Omega$$



RESISTOR  
EQUIVALENTE



$$R_{eq} \approx 1866,66 \, \Omega$$



$R_{eq}$



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

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

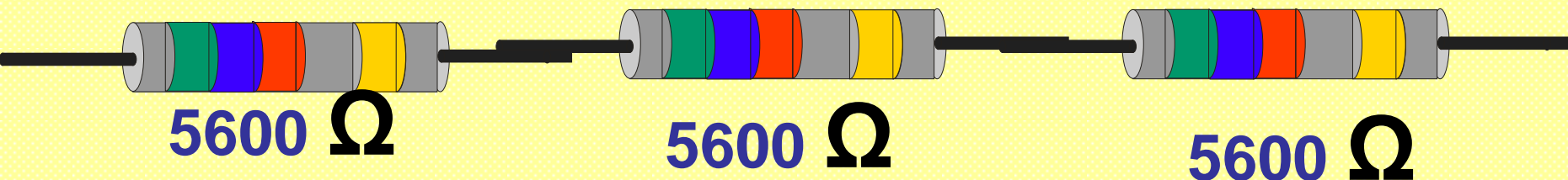
$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

# FACILITANDO O CÁLCULO

$R_1$

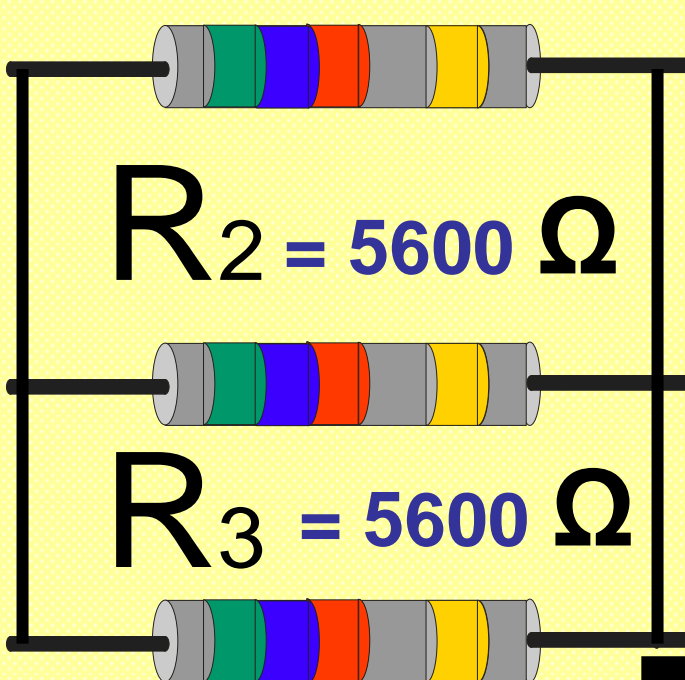
$R_2$

$R_3$



$$R_{eq} = n \cdot R_n$$

$$R_1 = 5600 \, \Omega$$

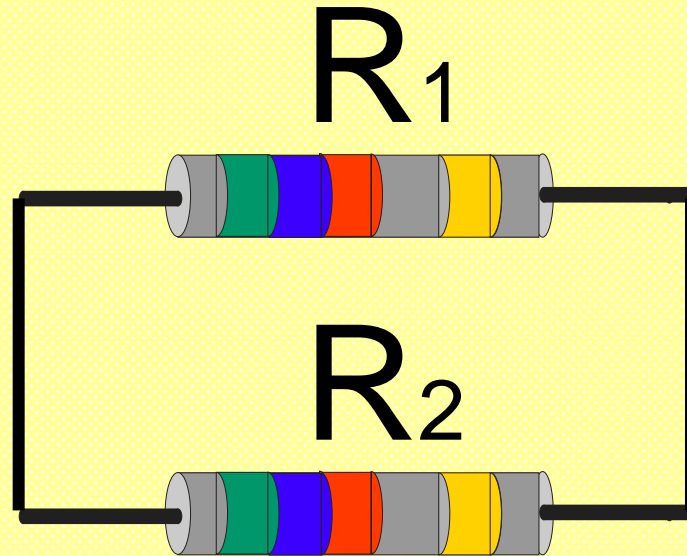


$$R_2 = 5600 \, \Omega$$

$$R_3 = 5600 \, \Omega$$

$$R_{eq} = \frac{R_n}{n}$$

$$R_{eq} = \frac{5600}{3} = 1866,66 \, \Omega$$



$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

# • ELETROSTÁTICA - EXERCÍCIOS

- **Exemplo1:** sejam duas esferas metálicas idênticas, com  $Q_1=32 \text{ C}$  e  $Q_2 = - 2 \text{ C}$ . Caso sejam colocadas em contato físico e depois separadas, qual a carga final de cada uma?
- **Exemplo2:** Ao aproximar-se uma carga fortemente negativa de  $Q_1(\text{final})$  do exemplo 1, pelo seu lado esquerdo e após alguns segundos aterrar o lado oposto, o corpo ficará com carga resultante negativa ou positiva?

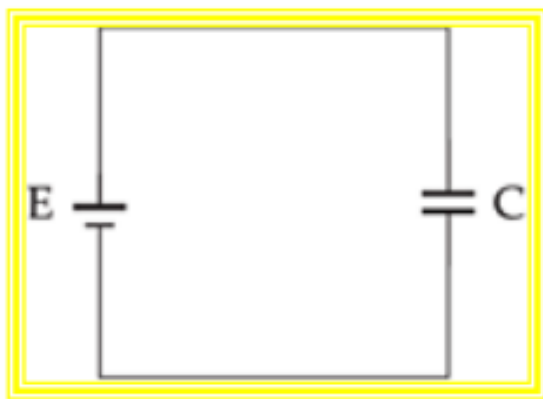
# EXERCÍCIOS – POTENCIAL ELÉTRICO

- 1) Qual o valor do potencial elétrico gerado por uma carga puntiforme  $Q = 6\mu\text{C}$ , situada no vácuo, num ponto A a 20 cm da mesma ?
- 2) Duas cargas puntiformes  $Q_1 = 4\ \mu\text{C}$  e  $Q_2 = -8\mu\text{C}$  estão separadas por uma distância  $d = 50\text{ cm}$ . Determinar: (a) o potencial elétrico resultante num ponto A, situado na reta que une as cargas e a 20 cm de  $Q_1$ ; (b) o valor da energia potencial elétrica das cargas.



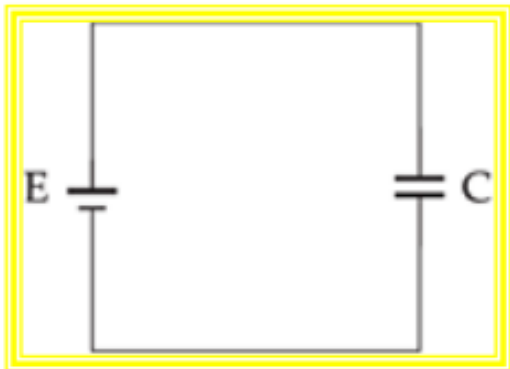
# • CAPACITORES – EXERCÍCIOS

- Um capacitor plano é conectado a uma pilha de força eletromotriz constante, como mostra a figura, adquirindo carga elétrica  $Q$ . Mantendo-o conectado à pilha, afastam-se as placas até que a distância entre as mesmas seja o triplo da inicial. Ao término do processo, sua carga elétrica será:



# CAPACITORES – EXERCÍCIOS

- Um capacitor plano é conectado a uma pilha de força eletromotriz constante, como mostra a figura, adquirindo carga elétrica  $Q$ . Mantendo-o conectado à pilha, afastam-se as placas até que a distância entre as mesmas seja o triplo da inicial. Ao término do processo, sua carga elétrica será:



*Resolução :*

$$C_0 = \frac{\epsilon \cdot A}{d_0} \text{ e } C = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \text{ onde } d = 3d_0 \Rightarrow C_0 = 3C$$

A ddp nos terminais do capacitor não mudou.

$$U_0 = U \Rightarrow \frac{Q_0}{C_0} = \frac{Q}{C} \Rightarrow \frac{Q_0}{3C} = \frac{Q}{C} \Rightarrow Q = \frac{Q_0}{3}$$

# • CAPACITORES – EXERCÍCIOS

Dois capacitores de capacidades eletrostáticas  $C_1 = 2\mu\text{F}$  e  $C_2 = 6\mu\text{F}$  estão associados em série e ligados a uma fonte que fornece uma ddp constante de 20 V. Determinar:

- a capacidade eletrostática do capacitor equivalente;
- a carga elétrica de cada capacitor;
- a ddp nas armaduras de cada capacitor.

# • CAPACITORES – EXERCÍCIOS

- Dois capacitores de capacidades eletrostáticas  $C_1 = 2\mu\text{F}$  e  $C_2 = 6\mu\text{F}$  estão associados em série e ligados a uma fonte que fornece uma ddp constante de 20 V. Determinar:
  - a capacidade eletrostática do capacitor equivalente;
  - a carga elétrica de cada capacitor;
  - a ddp nas armaduras de cada capacitor.

a) Calculo da capacidade equivalente:

$$C_s = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 6}{2 + 6} = 1,5\mu\text{F}$$

c) Como  $U = \frac{Q}{C}$ , temos:  $U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{30\mu\text{C}}{2\mu\text{F}} \rightarrow U_1 = 15\text{V}$  e

$$U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{30\mu\text{C}}{6\mu\text{F}} \rightarrow U_2 = 5\text{V}$$

b) A carga do capacitor equivalente é igual à carga de cada capacitor:  $Q_1 = Q_2 = Q$

$$Q = C_s \cdot U \rightarrow Q = 1,5\mu\text{F} \cdot 20\text{V} \Rightarrow Q = 30\mu\text{C}$$