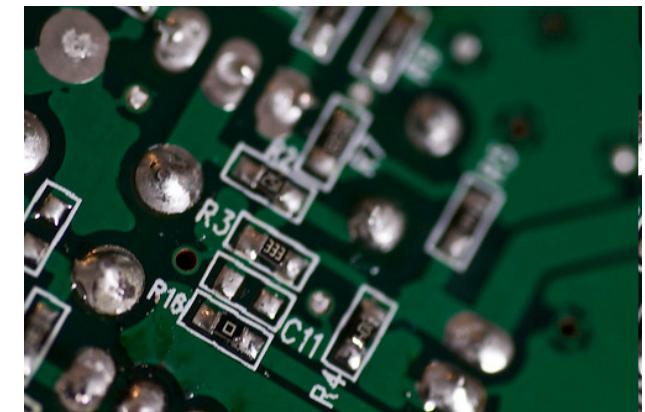
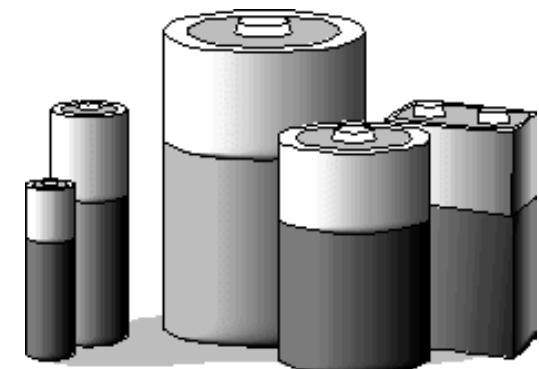
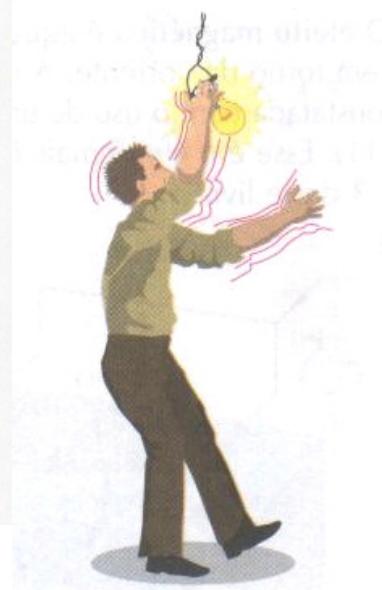
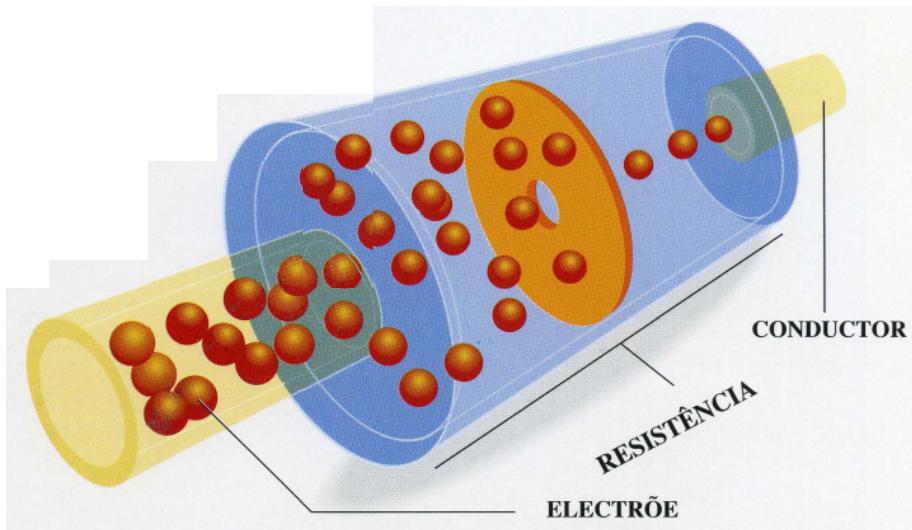


Electricidade

Capítulo 2.1. Grandezas Eléctricas

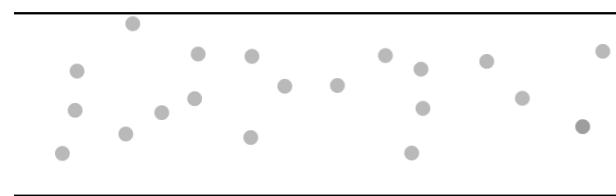
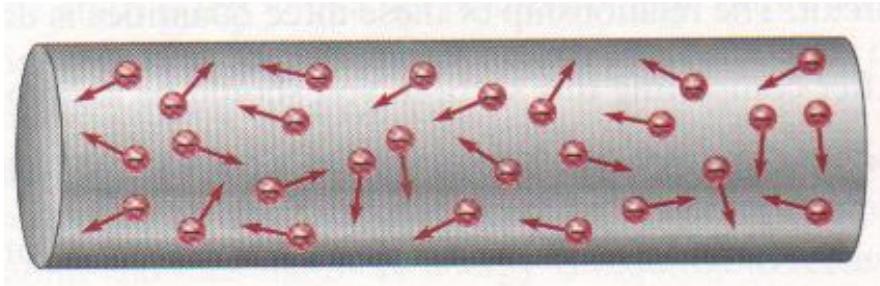


Pedro Guimarães . 2010. psg@isep.ipp.pt

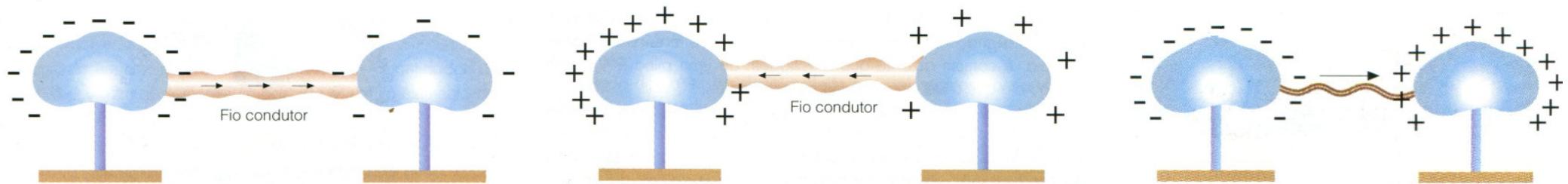
▪ Diferença de potencial

– Condutor em equilíbrio electrostático

- Todos os pontos do condutor metálico tem o mesmo potencial eléctrico
- Electrões livres estão em movimento desordenado com velocidades em todas as direcções



- Neste momento é fácil compreender que para termos uma **corrente eléctrica** através de um condutor é necessário que exista uma **diferença de potencial** entre as extremidades desse condutor

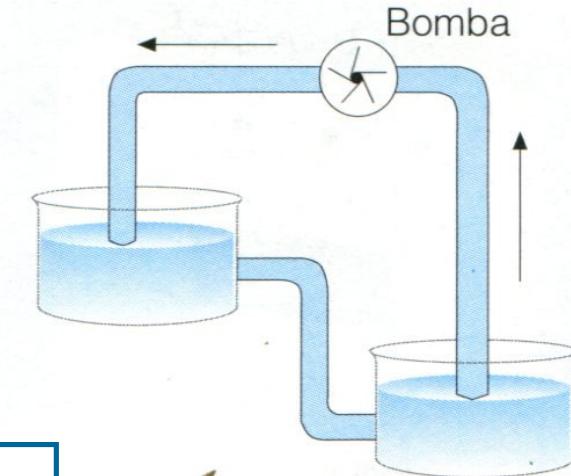


- Mas, para que a **corrente** seja **permanente** e **não temporária**, é necessário manter essa diferença de potencial, o que se consegue com um **gerador**

■ Diferença de potencial

— Bomba Hidráulica

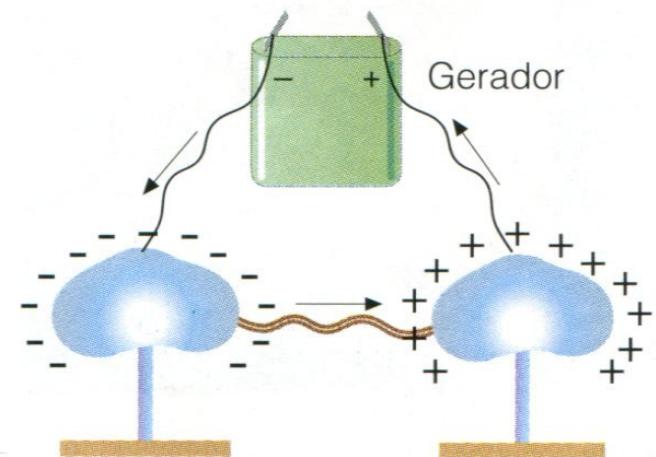
- Uma **bomba hidráulica**, não cria água, consegue tornar permanente uma corrente de água, **elevando-a** do reservatório a **nível mais baixo** para o que se encontra a **nível mais alto**, mantendo a **diferença de nível**.



Uma bomba de água não cria água, apenas a põe em movimento.

— Gerador

- O **gerador** não cria electrões, apenas estabelece e **mantém a diferença de potencial** entre os seus pólos, fazendo com que haja uma corrente eléctrica **permanente**.

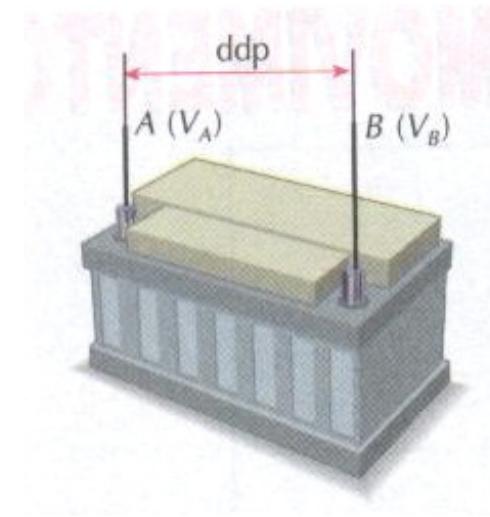


Um gerador não cria electrões, apenas os põe em movimento.

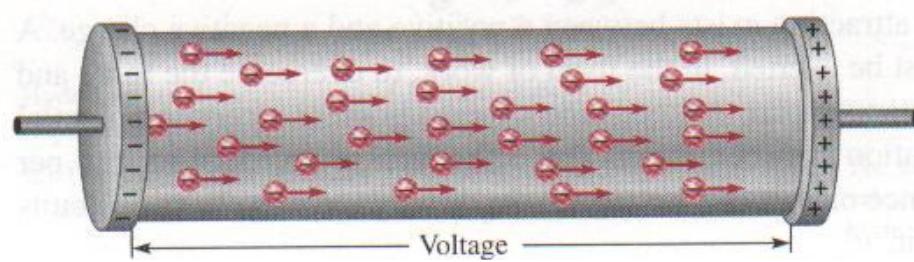
■ Corrente Eléctrica

— Gerador eléctrico

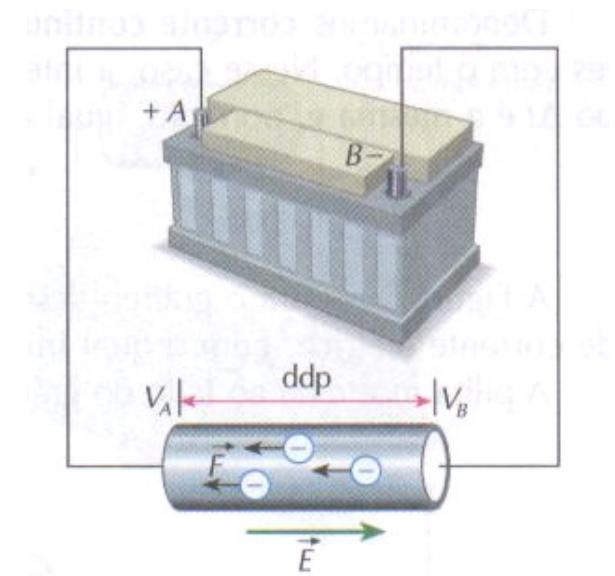
- Pólo positivo é o de maior potencial (V_A)
- Pólo negativo é o de menor potencial (V_B)



- Ligando o condutor a um gerador eléctrico
 - Os electrões alteram o seu comportamento

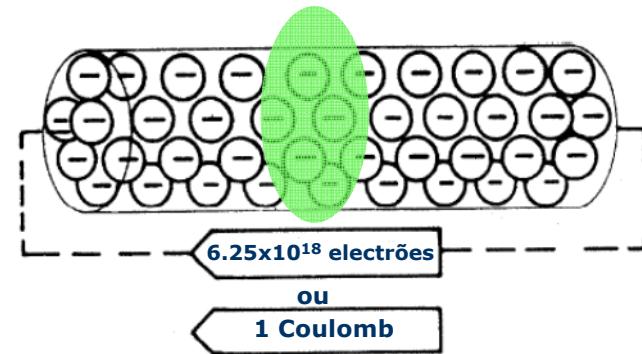
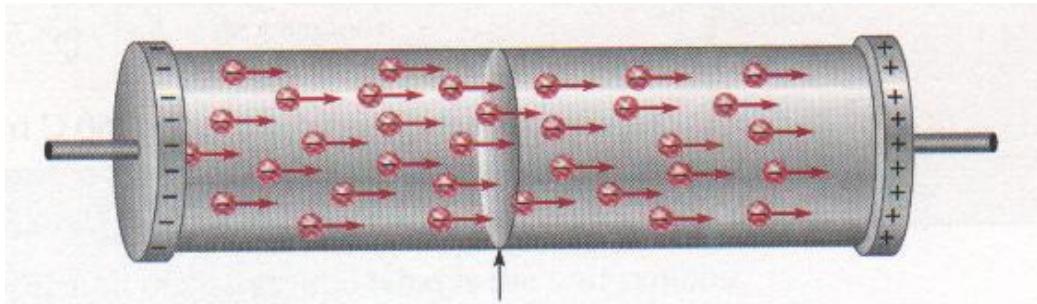


Este movimento ordenado constitui a **corrente eléctrica**

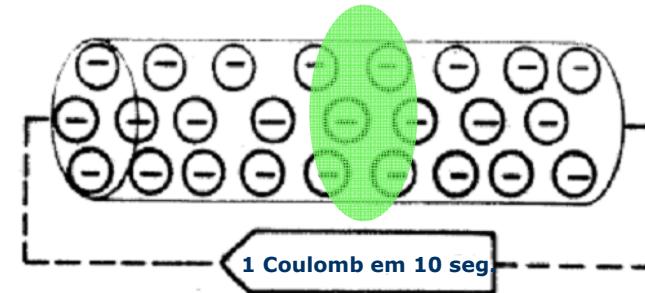
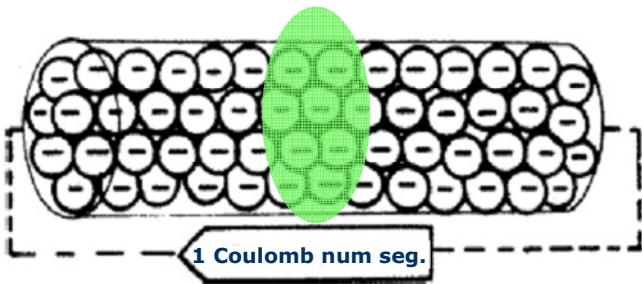


■ Intensidade de Corrente Eléctrica

- Quando **atravessarem** por uma **secção transversal** $6,25 \times 10^{18}$ **de electrões** por um condutor, dir-se-á que está a circular uma corrente eléctrica de **1 Coulomb**.



- O **Coulomb** não é, porém, uma unidade muito prática, pois podemos constatar uma carga eléctrica com uma intensidade de **1 Coulomb**, percorrendo um condutor **num segundo** ou a mesma intensidade percorrendo outro condutor em **10 segundos**:

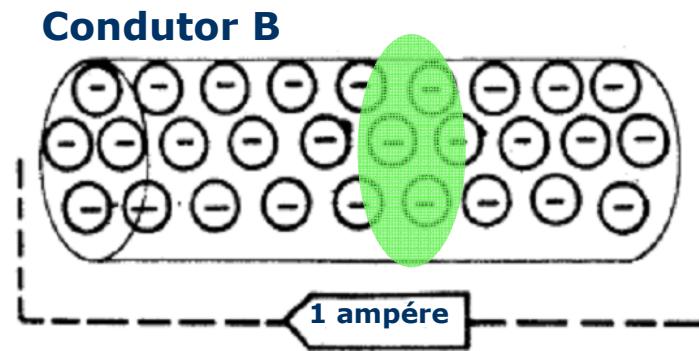
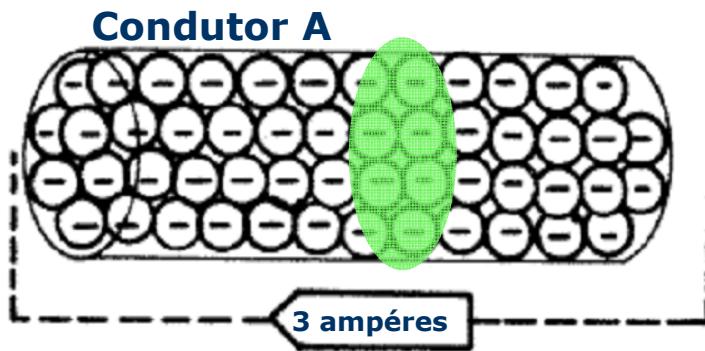


- Então, para se poder realmente **medir** e **comparar** a corrente eléctrica, houve a necessidade de se medir a **intensidade da corrente** em relação ao tempo.

■ Intensidade de Corrente Eléctrica

- Portanto, criou-se uma **unidade** prática, o **Ampére**, que é representado pela letra (A) e equivale a 1 Coulomb por segundo.
- Vamos fazer agora uma comparação?
- No **condutor A**, a intensidade da **corrente** é muito maior que no **condutor B**.

$$[1A] \Leftrightarrow [1\text{Coulomb} / \text{seg.}]$$



- Calculando o **número de electrões** que circulam pelos condutores, teremos:
 - No **condutor A**: $3 \times 6,25 \times 10^{18} = 18\,750\,000\,000\,000\,000$ electrões por segundo.
 - No **condutor B**: $1 \times 6,25 \times 10^{18} = 6\,250\,000\,000\,000\,000$ electrões por segundo.

■ Intensidade de Corrente Eléctrica

Corrente eléctrica

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

- ΔQ – Quantidade de carga eléctrica
- Δt – Intervalo de tempo

- Unidade de medida
- Ampere (A)



- Representada pela letra I

- Unidades do SI : Ampere (A)

Múltiplos:

- $1\text{mA} = 10^{-3}\text{ A} = 0,001\text{ A}$

- $1\text{ }\mu\text{A} = 10^{-6}\text{ A} = 0,000\ 001\text{ A}$

PREFIXO MÉTRICO	SÍMBOLO	POTÊNCIA DE 10
fento	f	10^{-15}
pico	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
micro	μ	10^{-6}
mili	m	10^{-3}

— Carga de uma bateria —

- A partir do ampère, como $\Delta Q = I \cdot \Delta t$ define-se a unidade de carga eléctrica :
- Coulomb (C) pois $1\text{C} = 1\text{A} \times 1\text{s}$



P1. Numa bateria aparece a indicação 800mAh. Que grandeza física está a ser representada com esta indicação?
Qual seu valor em unidade SI?

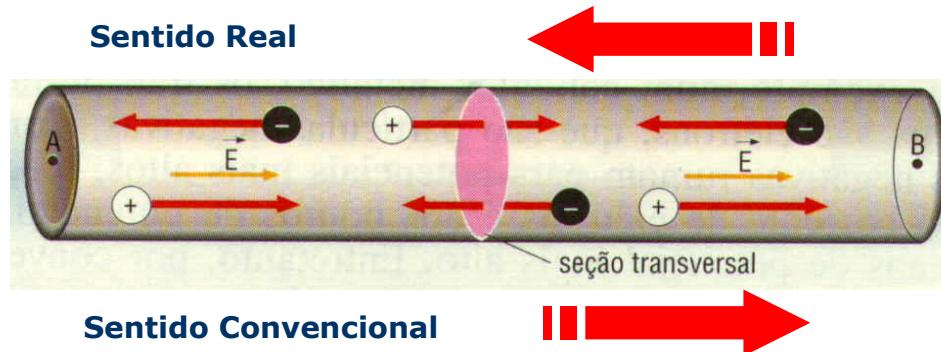
R : Esta indicação refere-se à carga máxima da bateria, no SI medimos carga em coulombs.
Portanto: $800\text{ mA.h} = 800(10^{-3})(\text{C/s})(3600\text{s}) = 800 \times 3,6\text{ C} = 2.880\text{C}$

Sentido da corrente eléctrica

Sentido Real da corrente

- Nos condutores metálicos, a corrente eléctrica é formada apenas por **cargas negativas** (electrões) que se **deslocam** do potencial **menor** para o **maior** (**Sentido real da corrente**).

$$V_A > V_B$$

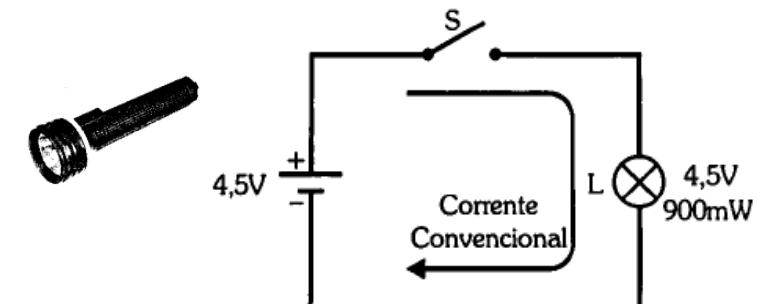


Sentido Convencional da corrente

- Convencionou-se** que a corrente eléctrica num condutor metálico é a corrente das cargas positivas, indo, do potencial **maior** para o **menor**
- Num **círcuito**, indica-se a **corrente convencional** através de uma **seta**, no sentido do **potencial maior** para o **menor**.

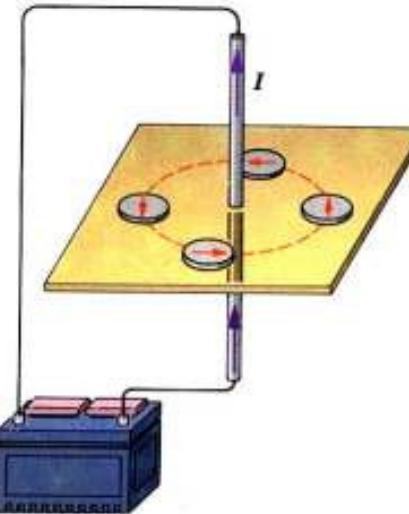
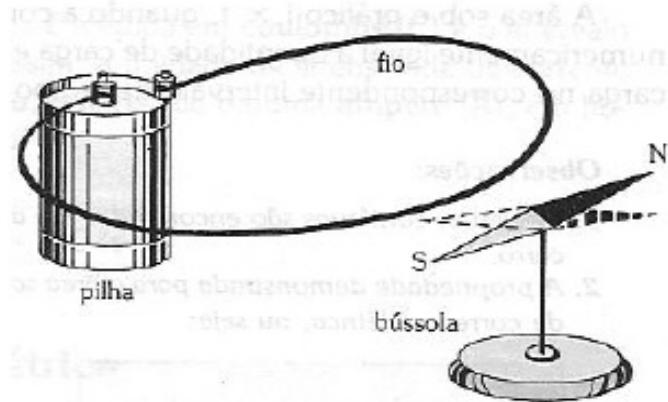
Exemplo: lanterna

- corrente sai do pólo positivo da bateria (maior potencial)
- retorna ao seu pólo negativo (menor potencial).

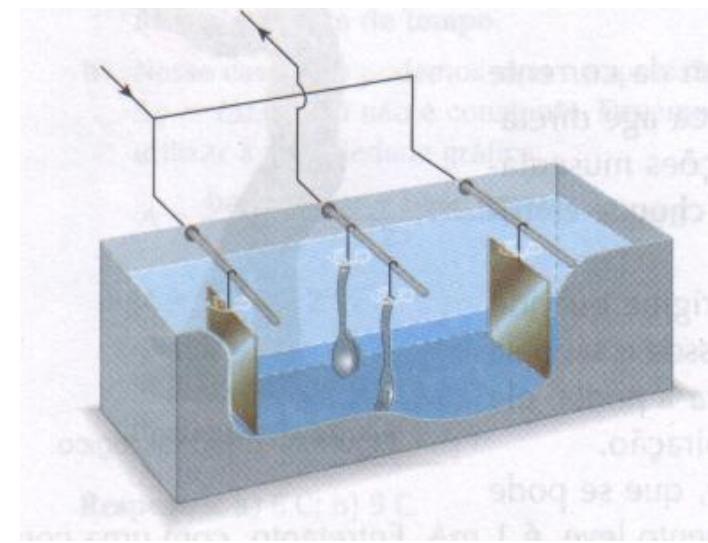
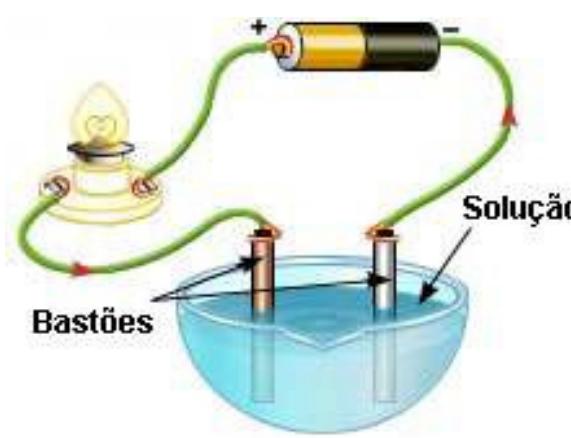
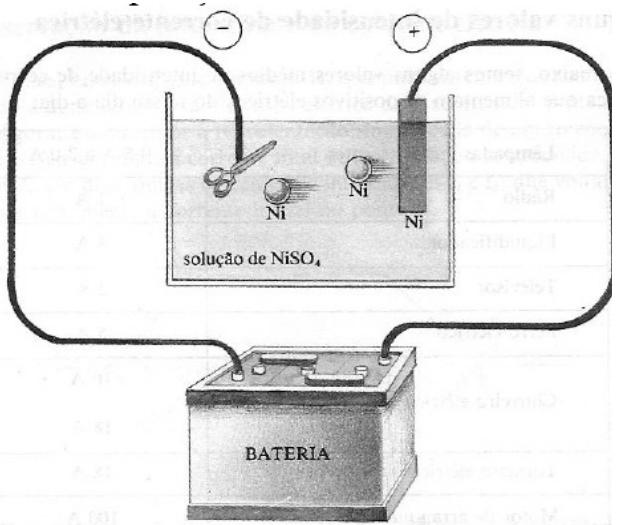


Efeitos da corrente eléctrica

Magnético

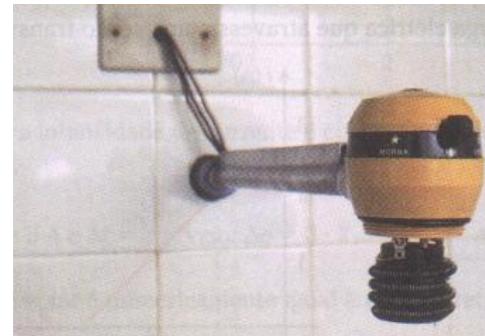
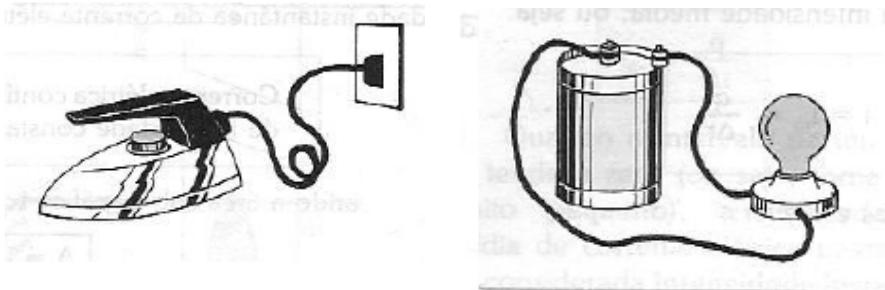


Químico

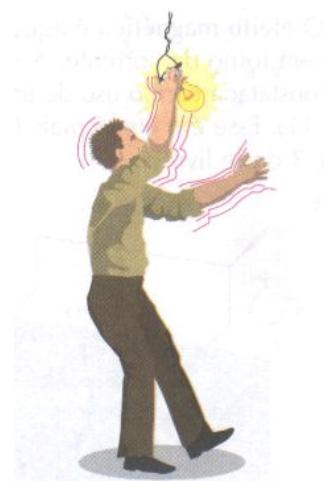


Efeitos da corrente eléctrica

Térmico



Fisiológico

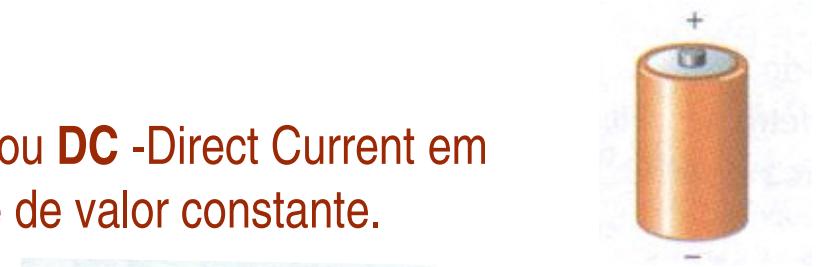


■ Corrente Eléctrica

— Corrente contínua

- A corrente contínua (Abrevia-se corrente contínua por **CC**, ou **DC** -Direct Current em inglês) é, por definição, uma corrente com um só sentido e de valor constante.

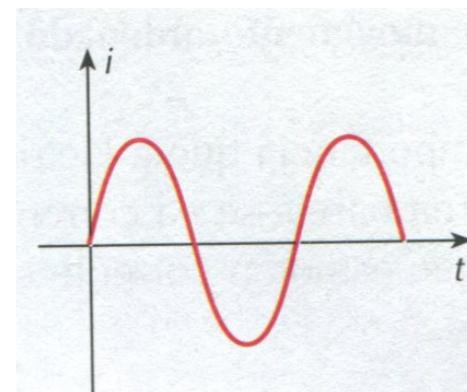
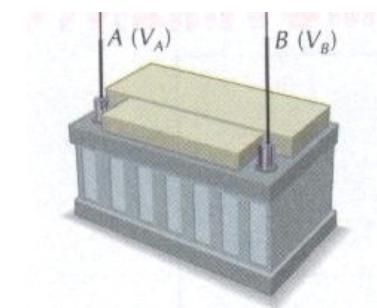
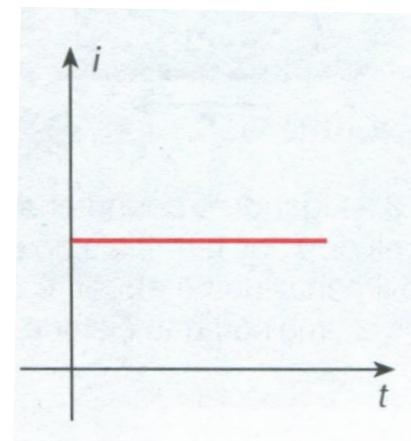
- As **pilhas e baterias** têm em comum a característica de fornecerem **corrente contínua** ao circuito ou seja a corrente circula **sempre o mesmo sentido**.



— Corrente alternada

- A **rede eléctrica** fornece às resistências e indústrias a **corrente alternada**.

- Abrevia-se **CA** ou **AC** -Alternate Current em inglês.
 - A corrente no circuito circula **ora num sentido, ora no outro**.



■ Exercícios

1. Defina corrente eléctrica.
2. O que faz com que electrões em movimento caótico num fio condutor passem a se movimentar de maneira ordenada?
3. Defina a unidade ampère (A).
4. Qual o efeito fisiológico da corrente eléctrica no corpo humano? Há alguma aplicação médica desse efeito ?
5. É confiável fazer a leitura de uma bússola com a finalidade de orientação quando estamos próximos de aparelhos eléctricos? Explique.
6. Por um fio condutor passam 30C de carga em 2 minutos. Que intensidade de corrente eléctrica média isso representa?
- 7 Qual a quantidade de electrões forma uma carga de 40 C?
8. Para uma bateria ter uma carga de 0,012 C qual deve ser a quantidade de electrões transferidos para a bateria?
9. Durante 23s passou por uma secção transversal de um fio 0,2 C de carga. Qual é a intensidade de corrente eléctrica que percorreu o fio?
10. Durante 1h e 7min a variação de carga que percorreu um fio foi de 102 C. Calcule a corrente eléctrica no fio durante este tempo?
11. Qual o intervalo de tempo necessário para que passem 2 C de carga por uma secção de um fio. A corrente no fio é de $20\mu\text{A}$

■ Exercícios

12. Qual a intensidade de corrente eléctrica de um fio condutor, sabendo que durante 12 s a variação da carga através da sua secção transversal é linear e igual a 3600 C ?
13. Pela secção transversal de um fio condutor passou uma corrente de 2 mA durante 45 s. Quantos electrões atravessaram essa secção nesse intervalo de tempo ?
14. Durante a carga de uma bateria consome-se uma quantidade de electricidade igual a 360 kC. Supondo que a carga se fez a uma intensidade de corrente constante de 10 A, quanto tempo demorou a bateria a carregar ?
15. A carga total que uma bateria pode fornecer, é geralmente especificada em ampere-hora (Ah). Um ampere-hora é igual à quantidade de carga que corresponde ao fluxo de corrente de 1 ampere durante 1 hora ($1\text{Ah} = 1\text{A} \cdot 1\text{h}$). Calcule em coulomb (C), a carga de 1Ah
4. 3600 C
16. As cargas e os tempos de duração das baterias de 6,0 V para um certo tipo de telefones móveis são dados na tabela a seguir
- a) Qual a quantidade de carga (em coulomb) fornecida pela bateria de 0,80 Ah ?
- b) Calcule a intensidade média da corrente eléctrica fornecida pela bateria de 0,80 Ah.

Carga (Ah)	Tempo (min)
0,30	40
0,38	50
0,55	70
0,80	110
1,10	150

5.a) 2880 C b) 0,436 A

■ Exercícios

17 Uma bateria de um telemóvel tem a capacidade de 800 mAh. Se em modo de espera ela descarrega numa semana, qual a corrente consumida pelo telemóvel neste período de tempo?

18. Um acumulador de 72×10^4 C, Calcule:

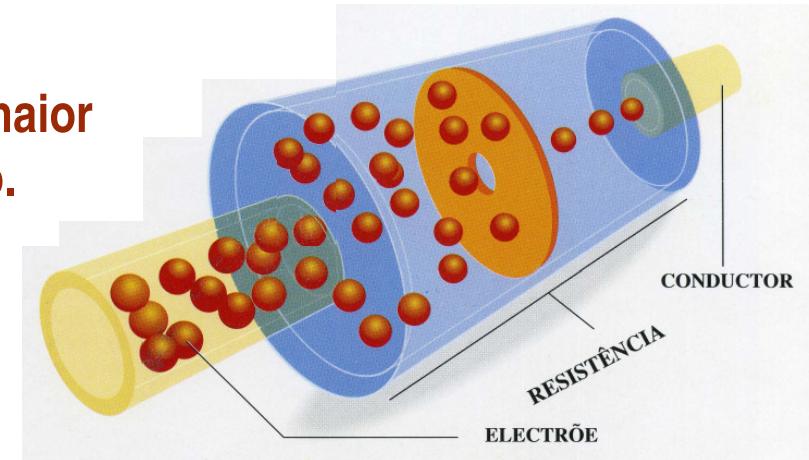
- a-) A sua capacidade de Ah
- b-) O tempo de descarga para uma corrente de $i=50$ A.
- c-) O valor da corrente para um tempo de descarga de 10 h.

19. Um microondas ferve um copo de leite em 1min. e para isso utiliza uma corrente de 6,81 A, qual é a quantidade de carga eléctrica que foi utilizada e qual a quantidade de electrões que atravessou o fio do equipamento?

▪ Resistência de um condutor

— Definição —

- É uma **característica** de qualquer condutor pois **quantifica** a maior ou menor dificuldade com que a **corrente flui** através do **corpo**.
- Esta oposição à condução da corrente eléctrica é provocada, principalmente, pela **dificuldade dos electrões livres** se movimentarem pela estrutura atómica dos materiais.



— Resistência eléctrica —

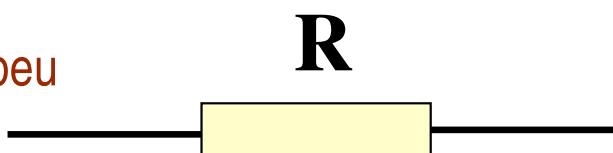
- Representada pela letra R
- **Unidades do SI** : Ohm (Ω)
- Múltiplos:
 - $1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega = 1\,000\Omega$
 - $1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega = 100\,000\Omega$

- Símbolo de representação num circuito eléctrico



ou

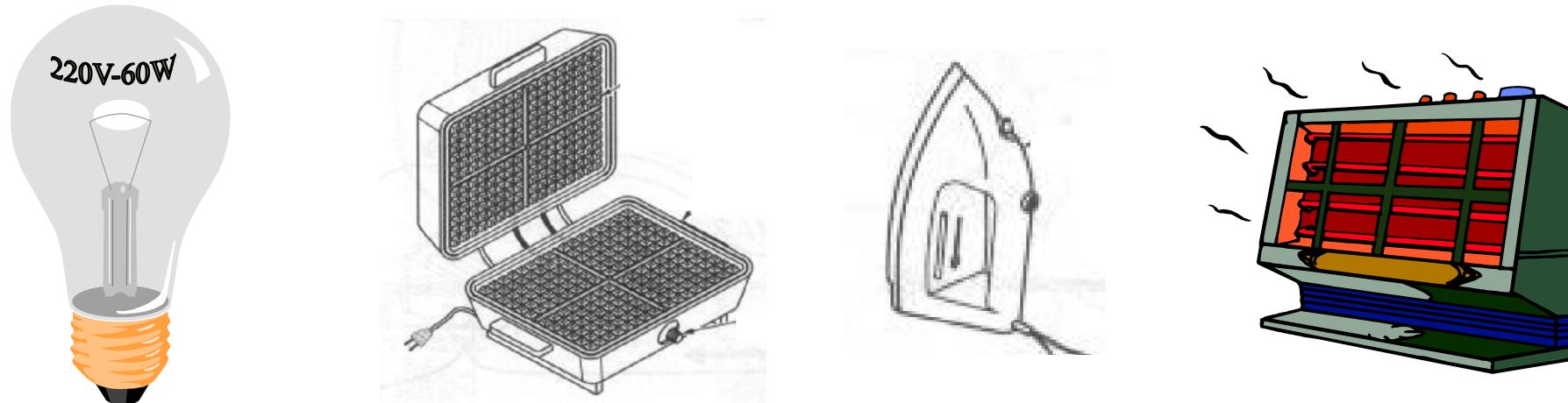
- Europeu



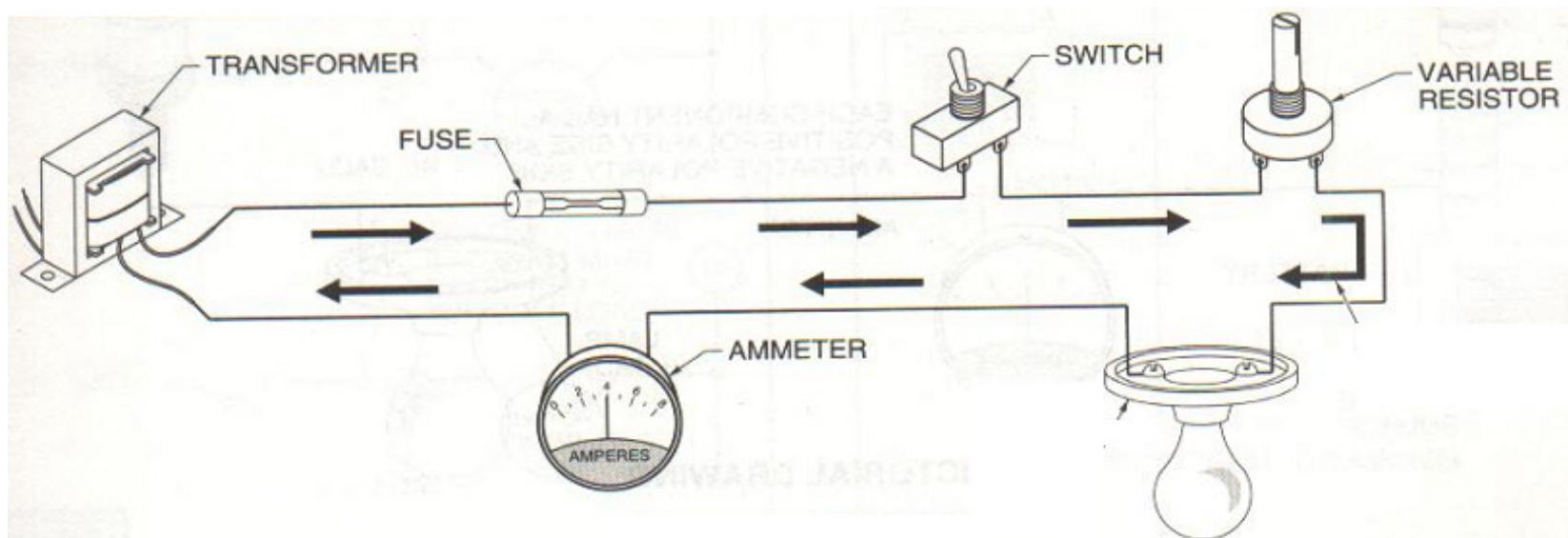
PREFIXO MÉTRICO	SÍMBOLO	POTÊNCIA DE 10
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}

▪ Resistência - função

▪ Conversão de energia eléctrica em energia térmica



▪ Limita a corrente eléctrica num circuito



■ Classificação de Resistências - Tipos

— Resistências fixas Lineares

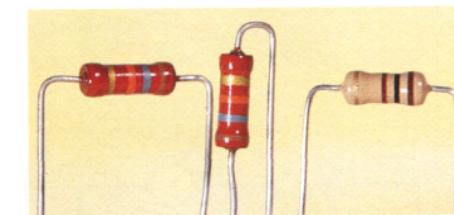
■ Bobinadas

- Têm o seu **valor inscrito** no próprio **corpo**



■ Não Bobinadas

- Têm **pintado** no seu **corpo** anéis de cor que indicam o **valor** da resistência



— Resistências Variáveis

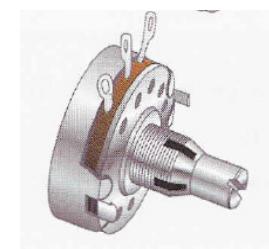
■ Potenciómetros

- Utilizados para **utilização constante**



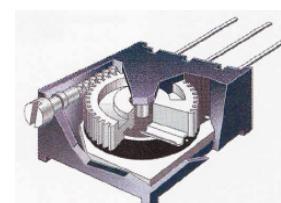
■ Reóstatos

- Utilizados para operar com **correntes altas** (controlo de motores eléctricos)



■ Resistências de ajuste (*Trimmers*)

- Utilizado para **pequenos ajustes** ou afinações



■ Classificação de Resistências - Tipos

— Resistências Não Lineares

■ Termístores (PTC e NTC)

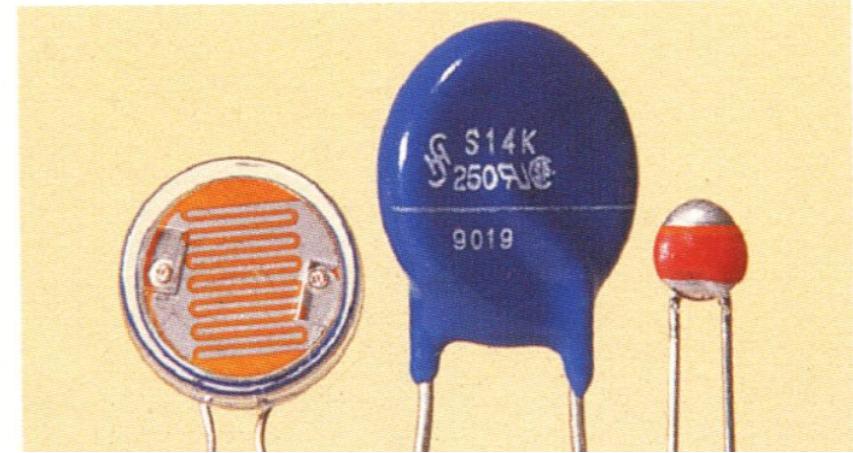
- Resistência varia em função da temperatura

■ Varístores (VDR)

- Resistência varia com a variação de tensão

■ Fotorresistências (LDR)

- Resistência varia em função da luz incidente

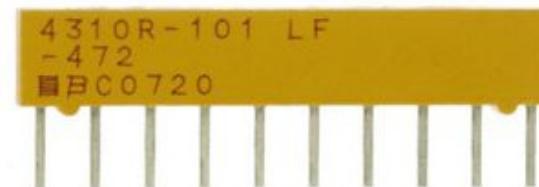
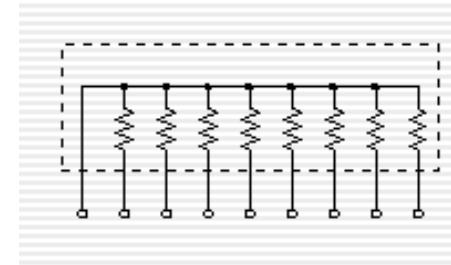
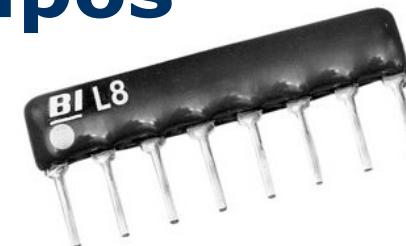
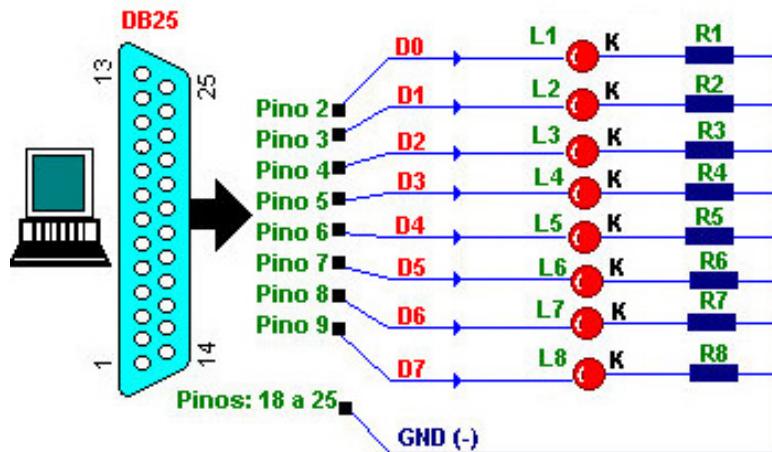


LDR (à esquerda); VDR (ao centro); NTC (à direita)

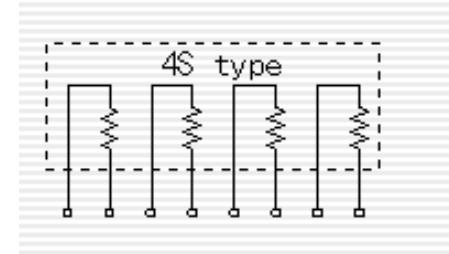
■ Classificação de Resistências - Tipos

– Array de resistências

- Também designado de rede de resistências em linha (SIL)
 - É constituído por várias resistências do mesmo valor, tudo no mesmo invólucro.
- Um dos lados de cada resistência está ligado a um lado comum de todas as outras resistências.

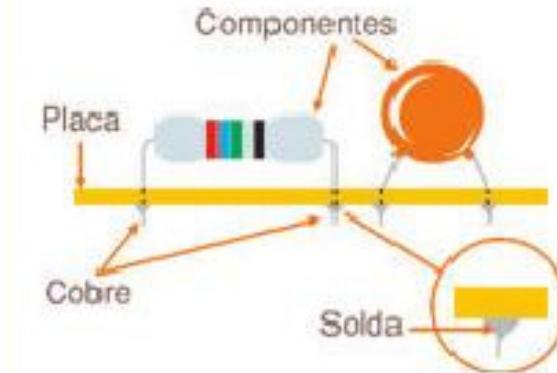


- Algumas redes de resistência têm "4S" impresso no topo da rede.
 - O 4S indica que o invólucro contém 4 resistências independentes dentro.

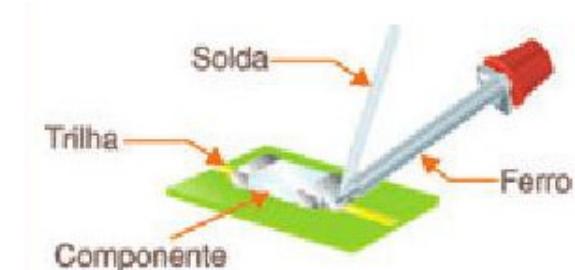
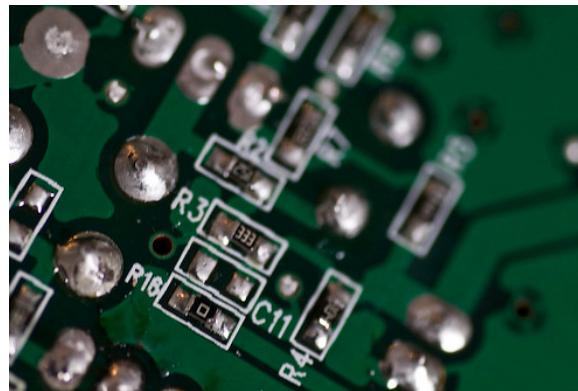
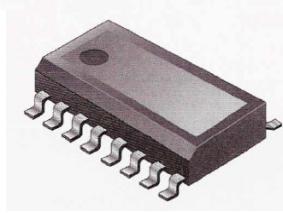
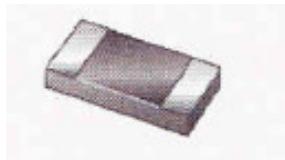


Classificação de Resistências - Montagem

Inserção



SMD Componentes de montagem em superfície



■ Classificação de Resistências - Materiais

— Aglomerado de carbono

- Mistura de pó de carbono, baquelite e um aglomerante.
- Moldadas por um tubo de baquelite



— Filmes de carbono

- Película de carbono depositada sobre uma vareta de cerâmica



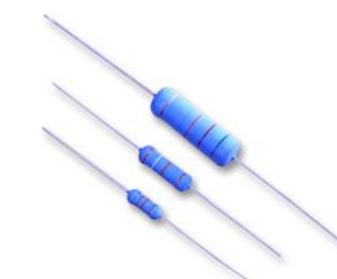
— Filme metálico

- Película metálica depositada sobre uma vareta de cerâmica



— Óxido de metálico

- Película de óxido metálico depositada sobre uma vareta de cerâmica



— Bobinadas

- Fio de material resistivo enrolado sobre um suporte cerâmico cilíndrico



■ Símbolos Gráficos

— Normas de simbologia para componentes electrónicos —

- IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

- IEEE 315 -Graphic Symbols for Electrical and Electronics Diagrams



- IEC- International Electrotechnical Commission

- IEC 60617 - Graphical Symbols for Diagrams



- ISO- International Organization for Standardization

- ISO 14617 - Graphical Symbols for Diagrams



- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

- NBR8767 – Símbolos Gráficos para Diagramas Lógicos.

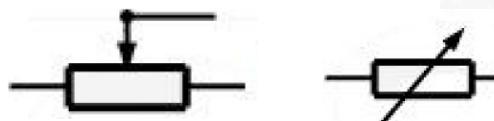


▪ Resistências - Símbolos Gráficos

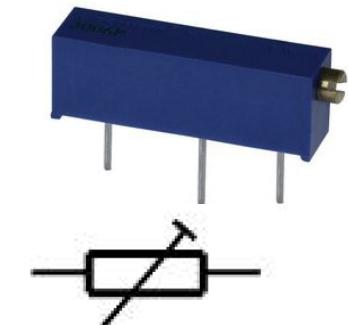
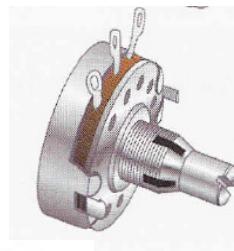
Resistência



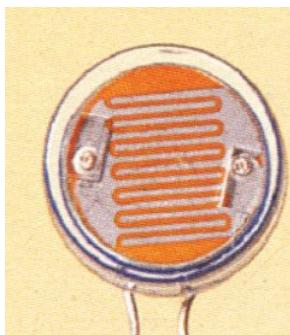
Resistências variáveis ou
Potenciómetro



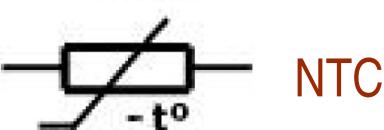
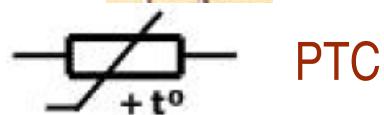
Resistências de ajuste
(Trimmers)



LDR



Termístores (PTC e NTC)



Varístores (VDR)

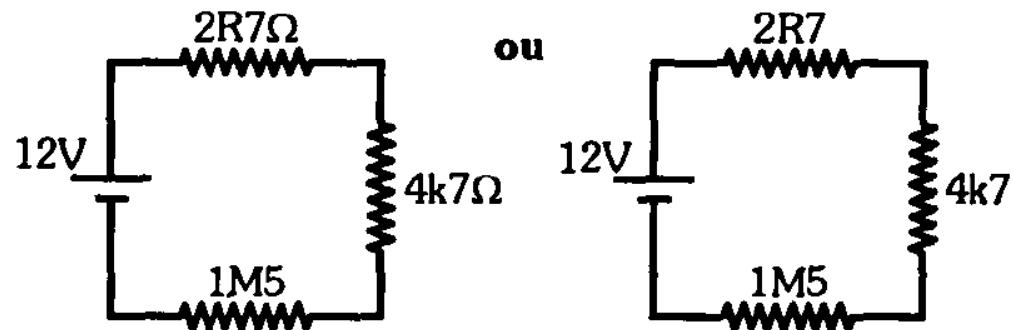


▪ Resistências - Símbolos Gráficos

- Num esquema eléctrico, ao **identificar** o valor de uma **resistência**, é comum **substituir** a vírgula pela **letra R** ou por um **prefixo métrico**.
- Na prática, isso é feito para evitar que uma **falha de impressão na vírgula** ou uma **mancha resultem na leitura errada** do valor da resistência

- Exemplos

- $2,7\Omega$ ou $2R7\ \Omega$ ou $2R7$
- $4,7k\Omega$ ou $4k7\ \Omega$ ou $4k7$
- $1,5M\Omega$ ou $1M5\ \Omega$ ou $1M5$



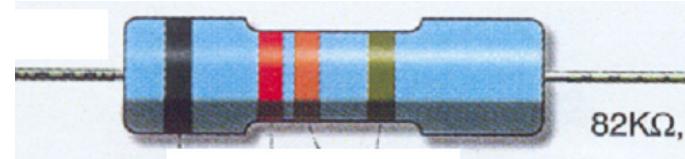
- De acordo com as recomendações do SI (Sistema Internacional), ao escrevermos números devemos utilizar **uma vírgula (,) e não um ponto (.) ou outra qualquer grafia para separar a parte inteira da parte decimal**.
- Desta forma ao escrevermos números de muitos dígitos estes devem ser **agrupados de três em três, a partir da vírgula**, tanto para a **parte inteira** como para a **decimal**.

- Exemplo $4,7\text{ M}\Omega = 4.700.000\ \Omega$

■ Características principais

— Resistência nominal R_N

- Valor **marcado** na resistência.
- **Não coincide** com o seu valor **real**.
- Exprime-se em ohm e seus múltiplos.
- Comercialmente, podem ser encontradas resistências de diversos valores, dependendo da classe de tolerância á qual pertencem.



— Tolerância

- A **tolerância** indica-nos o **intervalo de valores** à volta do valor nominal que a resistência pode tomar ou seja o **afastamento máximo** permitido entre o **valor real** e o **valor nominal**
- Exprime-se em **percentagem** do valor nominal
- As **tolerâncias** também são **normalizadas** e estão associadas às **séries**

- **Valores mais comuns**

- E3 - 50% de tolerância
- E6- 20% de tolerância
- E12- 10% de tolerância
- E24- 5% de tolerância

- **Resistências de precisão**

- E48- 2% de tolerância
- E96- 1% de tolerância
- E192- 0.5, 0.25, 0.1% de tolerância

■ Características principais

— Tolerância

Exemplo: $1,8 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

logo o seu valor real estará compreendido entre:

$$1800 - 0,05 \times 1800 = 1710 \quad \Omega$$

$$1800 + 0,05 \times 1800 = 1890 \quad \Omega$$

Exercícios Propostos

20. Uma resistência possui a seguinte especificação $22 \text{ k}\Omega \pm 10\%$. Determine a faixa de valores reais $R_m \leq R \leq R_M$ prevista pelo fabricante para essa resistência.

— Valores comerciais de resistências

- O IEC (Comité Electrotécnico Internacional), a EIA (Electronic Industries Alliance) e outras organizações de normalização definiram os valores standard com que são fabricadas as resistências.
- Estes valores estão agrupados em conjuntos designados por Séries.
 - Série **E3**, Série **E6**, Série **E12**, Série **E24**, Série **E48**, Série **E96**, Série **E192**.

▪ Resistências – Valores comerciais

– Série E6 – 20% de tolerância

E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

– Série E12 – 10% de tolerância

E12	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

– Série E24 – 5% de tolerância

E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

– Série E48 – 2% de tolerância

E48	1.00	1.05	1.10	1.15	1.21	1.27	1.33	1.40	1.47	1.54	1.62	1.69
	1.78	1.87	1.96	2.05	2.15	2.26	2.37	2.49	2.61	2.74	2.87	3.01
	3.16	3.32	3.48	3.65	3.83	4.02	4.22	4.42	4.64	4.87	5.11	5.36
	5.62	5.90	6.19	6.49	6.81	7.15	7.50	7.87	8.25	8.66	9.09	9.53

▪ Resistências – Valores comerciais

– Série E96 – 1% de tolerância

E96	1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.13	1.15	1.18	1.21	1.24	1.27	1.30
	1.33	1.37	1.40	1.43	1.47	1.50	1.54	1.58	1.62	1.65	1.69	1.74
	1.78	1.82	1.87	1.91	1.96	2.00	2.05	2.10	2.15	2.21	2.26	2.32
	2.37	2.43	2.49	2.55	2.61	2.67	2.74	2.80	2.87	2.94	3.01	3.09
	3.16	3.24	3.32	3.40	3.48	3.57	3.65	3.74	3.83	3.92	4.02	4.12
	4.22	4.32	4.42	4.53	4.64	4.75	4.87	4.99	5.11	5.23	5.36	5.49
	5.62	5.76	5.90	6.04	6.19	6.34	6.49	6.65	6.81	6.98	7.15	7.32
	7.50	7.68	7.87	8.06	8.25	8.45	8.66	8.87	9.09	9.31	9.53	9.76

– Série E96 – 0,5%, 0,25 e 0,1% de tolerância

E192	1.00	1.01	1.02	1.04	1.05	1.06	1.07	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15	1.17	1.18	1.20
	1.21	1.23	1.24	1.26	1.27	1.29	1.30	1.32	1.33	1.35	1.37	1.38	1.40	1.42	1.43	1.45
	1.47	1.49	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.65	1.67	1.69	1.72	1.74	1.76
	1.78	1.80	1.82	1.84	1.87	1.89	1.91	1.93	1.96	1.98	2.00	2.03	2.05	2.08	2.10	2.13
	2.15	2.18	2.21	2.23	2.26	2.29	2.32	2.34	2.37	2.40	2.43	2.46	2.49	2.52	2.55	2.58
	2.61	2.64	2.67	2.71	2.74	2.77	2.80	2.84	2.87	2.91	2.94	2.98	3.01	3.05	3.09	3.12
	3.16	3.20	3.24	3.28	3.32	3.36	3.40	3.44	3.48	3.52	3.57	3.61	3.65	3.70	3.74	3.79
	3.83	3.88	3.92	3.97	4.02	4.07	4.12	4.17	4.22	4.27	4.32	4.37	4.42	4.48	4.53	4.59
	4.64	4.70	4.75	4.81	4.87	4.93	4.99	5.05	5.11	5.17	5.23	5.30	5.36	5.42	5.49	5.56
	5.62	5.69	5.76	5.83	5.90	5.97	6.04	6.12	6.19	6.26	6.34	6.42	6.49	6.57	6.65	6.73
	6.81	6.90	6.98	7.06	7.15	7.23	7.32	7.41	7.50	7.59	7.68	7.77	7.87	7.96	8.06	8.16
	8.25	8.35	8.45	8.56	8.66	8.76	8.87	8.98	9.09	9.19	9.31	9.42	9.53	9.65	9.76	9.88

■ Valores normalizados

- Os **valores** que se encontram na série **multiplicados** por uma **potência de 10** ($10, 10^1, 10^2, 10^3$ etc...) dão-nos os **valores possíveis** que se podem **encontrar** para as resistências

Por exemplo: $2,2 \times 10^0 = 2,2\Omega$

$2,2 \times 10^3 = 2k2\Omega$

$2,2 \times 10^1 = 22,0\Omega$

$2,2 \times 10^4 = 22\text{ k}\Omega$

$2,2 \times 10^2 = 220\Omega$

$2,2 \times 10^5 = 220\text{ k}\Omega$

Exercícios Propostos

21. No projecto de um amplificador, foram calculados os valores de quatro resistências de polarização de um transístor

$$R_{B1} = 5230\Omega \quad R_{B2} = 1073\Omega \quad R_C = 328\Omega \quad R_E = 102\Omega$$

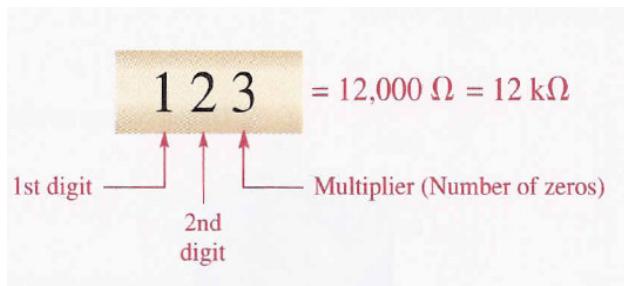
Escolha as resistências comerciais mais próximas, com tolerâncias de 1%, 5% e 10 %, que podem ser utilizadas na montagem deste amplificador.

■ Códigos de marcação

— Numérico

- Se o código possuir **um ou dois dígitos**, ou valor inferior à unidade, a leitura é directa.
 - Exemplo: $0,1 = 0,1\Omega$; $22 = 22\Omega$;
- Se possuir valor superior à unidade e apresentar **três ou quatro dígitos**; com o último dígito igual a zero a leitura também é directa,
 - Exemplo: $470 = 470\Omega$
- Se possuir valor superior à unidade e apresentar **três ou quatro dígitos**; com o **último dígito diferente de zero**, este dígito indica a **quantidade de “0”** a juntar aos dígitos anteriores.
 - Exemplo: $682=6800\Omega=6,8k\Omega$; $473=47000\Omega=47k\Omega$.

Exemplo



■ Códigos de marcação

— Código alfanumérico —

- O código é constituído por **3 ou 4 caracteres**:

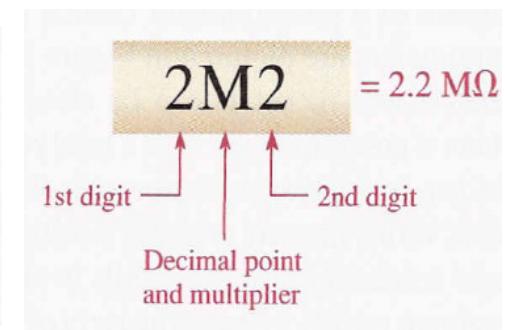
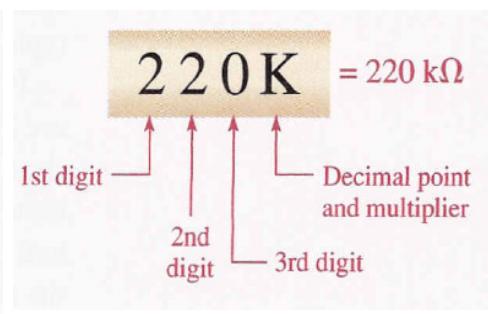
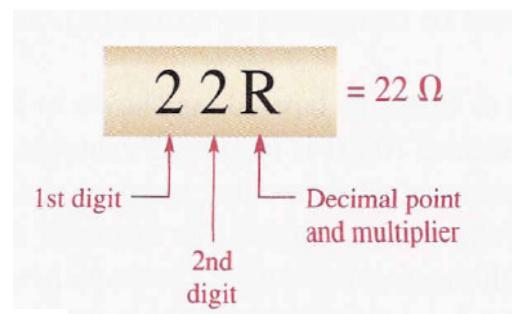
- uma letra
- 2 a 4 algarismos.

- As **letras** substituem a **vírgula** decimal.

- Os caracteres “R”, “K” e “M” substituem o separador decimal num número composto por dois ou três dígitos.

LETRA	Multiplicador equivalente
R	1
K	10^3
M	10^6
G	10^9
T	10^{12}

Exemplos



Exercícios Propostos

22. Indique o valor de cada uma das resistências com o seguinte código alfanumérico

- a) 470 b) 5R6 c) 68K d) 10M e) 3M3 f) 1R0 g) 1R5 h) R10 i) R59
j) 15M k) 47M5 l) 100R m) 1K0 n) 5K9

■ Códigos de marcação

— Código alfanumérico

- Quando numa resistência aparecer **2 letras** a **última** indica a **tolerância** ou o **coeficiente de temperatura**.

Tolerância	B	C	D	F	G	J	K	M
	$\pm 0.10\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

Coeficiente de temperatura [ppm/ $^{\circ}\text{C}$]	Y	D	C	Z	G	X
	15	25	50	100	150	250



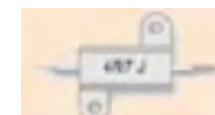
$0.47 \Omega \pm 20\%$



$1.5 \text{ M}\Omega \pm 5\%$



$100 \Omega \pm 10\%$



$4.7 \Omega \pm 5\%$



$27 \text{ K}\Omega \pm 10\%$



$330 \Omega \pm 2\%$

■ Códigos de marcação

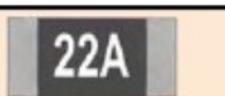
— Valores normalizados para resistências SMD

■ Resistências com tolerância de 1 %:

- A letra relativa ao multiplicador vem depois do código.

Códigos EIA-96, tolerância 1%															
Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor
01	100	13	133	25	178	37	237	49	316	61	422	73	562	85	750
02	102	14	137	26	182	38	243	50	324	62	432	74	576	86	768
03	105	15	140	27	187	39	249	51	332	63	442	75	590	87	787
04	107	16	143	28	191	40	255	52	340	64	453	76	604	88	806
05	110	17	147	29	196	41	261	53	348	65	464	77	619	89	825
06	113	18	150	30	200	42	267	54	357	66	475	78	634	90	845
07	115	19	154	31	205	43	274	55	365	67	487	79	649	91	866
08	118	20	158	32	210	44	280	56	374	68	499	80	665	92	887
09	121	21	162	33	215	45	287	57	383	69	511	81	681	93	909
10	124	22	165	34	221	46	294	58	392	70	523	82	698	94	931
11	127	23	169	35	226	47	301	59	402	71	536	83	715	95	953
12	130	24	174	36	232	48	309	60	412	72	549	84	732	96	976

Multiplicador	
Y ou R	10^{-2}
X ou S	10^{-1}
A	10^0
C	10^2
D	10^3
B	10^1
E	10^4
F	10^5

 22A	22 → 165	1 %	165 Ω ± 1 %
 43E	43 → 274	1 %	2,74 MΩ ± 1 %
 68C	68 → 499	1 %	49,9 KΩ ± 1 %

■ Códigos de marcação - SMD

- Resistências com tolerâncias de 2 %, 5 % e 10 %:
 - A letra relativa ao multiplicador antecede o código.

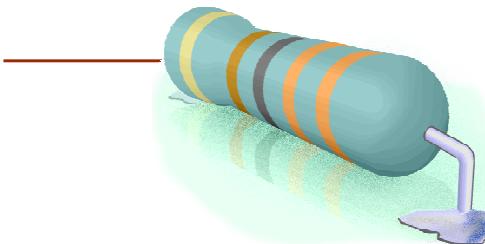
Tolerância									
2 %				5 %				10 %	
Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor	Cód.	Valor
01	100	13	330	25	100	37	330	49	100
02	110	14	360	26	110	38	360	50	120
03	120	15	390	27	120	39	390	51	150
04	130	16	430	28	130	40	430	52	180
05	150	17	470	29	150	41	470	53	220
06	160	18	510	30	160	42	510	54	270
07	180	19	560	31	180	43	560	55	330
08	200	20	620	32	200	44	620	56	390
09	220	21	680	33	220	45	680	57	470
10	240	22	750	34	240	46	750	58	560
11	270	23	820	35	270	47	820	59	680
12	300	24	910	36	300	48	910	60	820

Multiplicador	
Y ou R	10^{-2}
X ou S	10^{-1}
A	10^0
C	10^2
D	10^3
B	10^1
E	10^4
F	10^5

A55	55 → 330	10 %	330 $\Omega \pm 10\%$
C31	31 → 180	5 %	18 K $\Omega \pm 5\%$
D18	18 → 510	2 %	510 K $\Omega \pm 2\%$

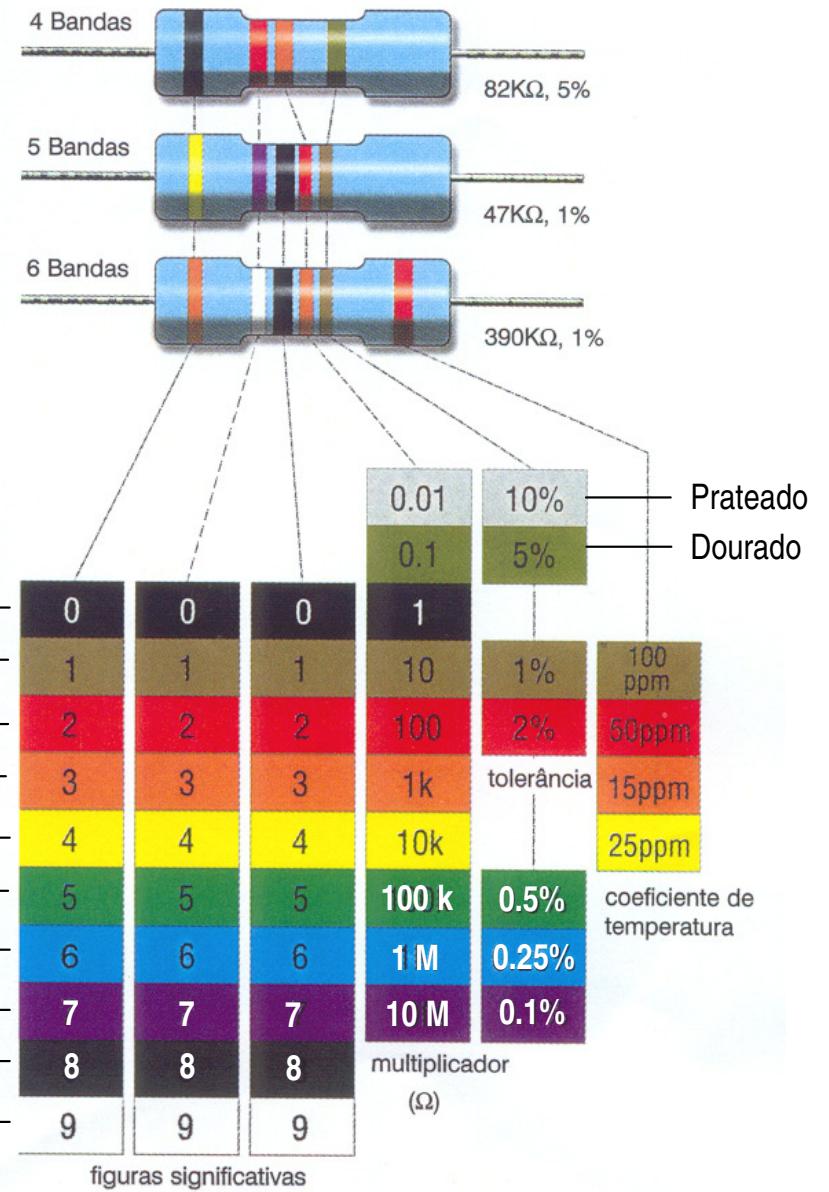
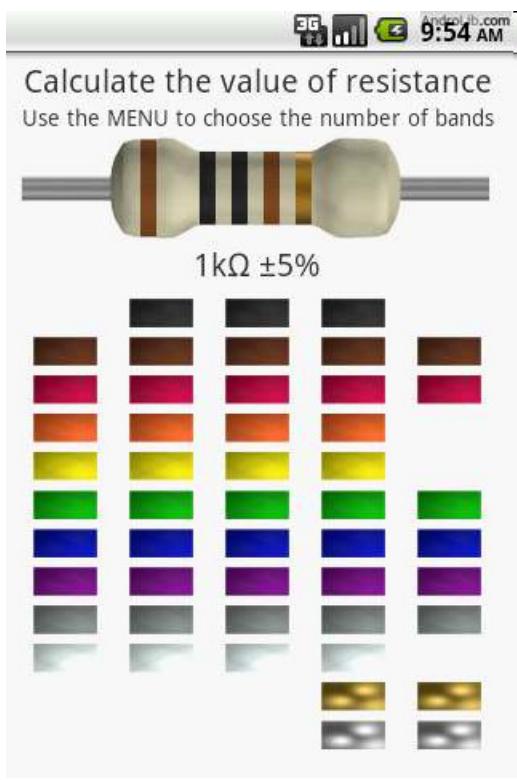
■ Código de marcação

— Código de cores



Android

ElectroDroid



■ Código de marcação

– Código de cores (4 cores)

- As faixas devem ser lidas sempre da extremidade para o centro, segundo o seguinte critério:

- 1^a faixa ou dígito (mais próxima da extremidade):

- indica o primeiro algarismo do valor da resistência;

- 2^a faixa ou dígito :

- indica o segundo algarismo do valor da resistência.

- 3^a faixa ou dígito :

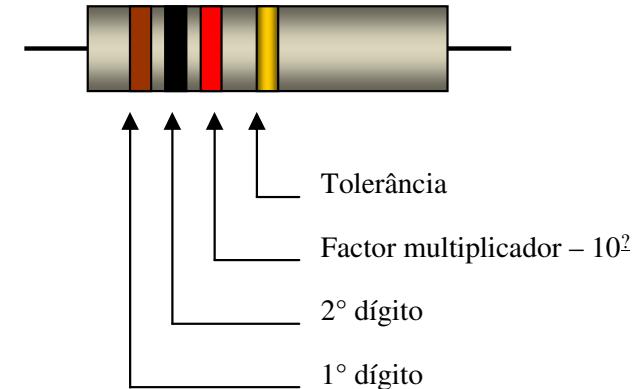
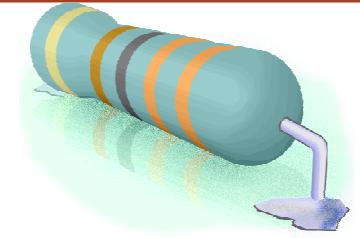
- indica o número de zeros que devem ser acrescentados aos dois algarismos anteriores

- 4^a faixa ou dígito : indica a precisão ou tolerância do valor da resistência.

- Se essa 4^afaixa for prateada, a precisão é de 10%;

- Se for dourada, a precisão é de 5%.

- A inexistência da 4^afaixa pressupõe uma tolerância de 20% no valor da resistência, para mais ou para menos.



■ Exemplos



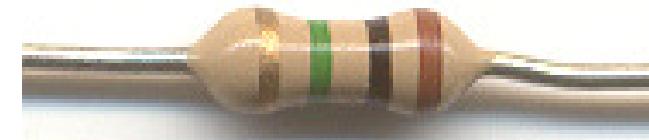
$1\text{ k}\Omega$ (950 to 1050 Ω)



$390\ \Omega$ (370.5 to 409.5 Ω)



$22\text{ k}\Omega$ (20.9 to 23.1 $\text{k}\Omega$)

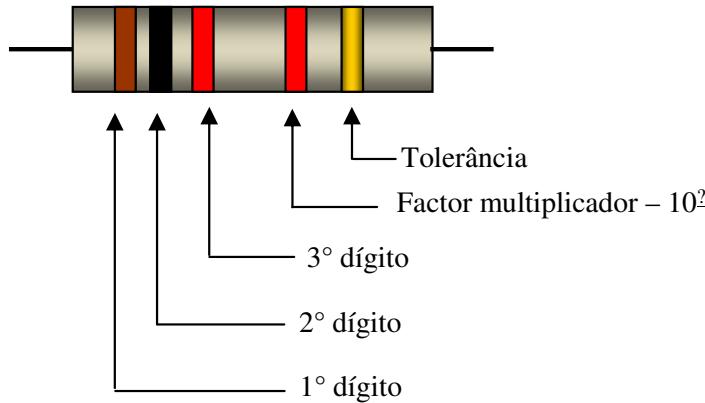


$1\text{ M}\Omega$ (950 $\text{k}\Omega$ to 1.05 $\text{M}\Omega$)

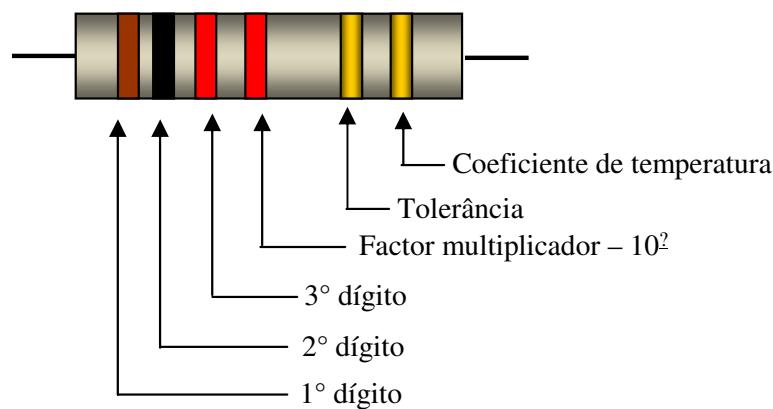
■ Código de marcação

- Se as resistências possuírem 5 ou 6 cores (resistências de precisão), a 1^a, 2^a e 3^a cor correspondem a algarismos significativos, a 4^a ao multiplicador e a 5^a à tolerância. A 6^a não interessa para o valor nominal, indica o coeficiente de temperatura.

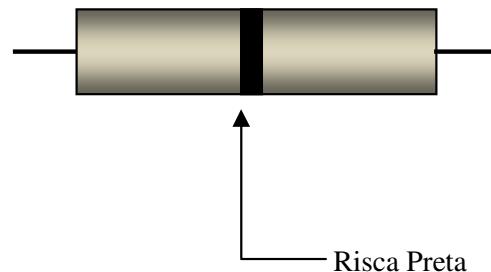
— 5 Cores —



— 6 Cores —



— Resistência Zero ohm —



- Tem **zero ohms** de resistência.
- Utilizado para ligar dois pontos numa placa de circuito impresso.
- A resistência possuí uma única **faixa preta** em torno dela.

■ Exemplos

	$27 \times 10^2 \pm 5\% , 2.7 \text{ K}\Omega$
	$15 \times 10^4 \pm 2\% , 150 \text{ K}\Omega$
	$237 \times 10^0 \pm 1\% , 237 \Omega$
	$174 \times 10^2 \pm 0.5\% , 17.4 \text{ K}\Omega$
	$562 \times 10^3 \pm 0.25\% , 562 \text{ K}\Omega , \text{CT} - 100 \text{ ppm } ^\circ \text{C}^{-1}$

■ Código de marcação

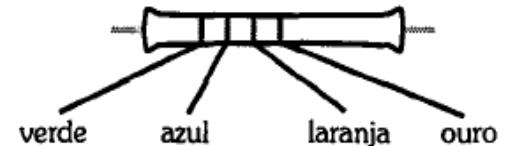
Exercícios Propostos

23. Descreva as cores dos anéis das seguintes resistências

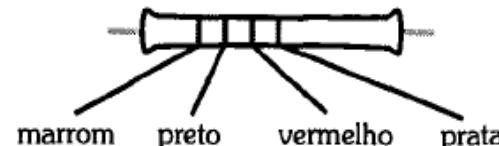
- a) $3,3 \text{ k}\Omega \pm 5\%$. b) $470 \Omega \pm 10\%$. c) $86,6 \text{ k}\Omega \pm 1\%$. d) $5,11\Omega \pm 2\%$.

24. Determine o valor nominal e a tolerância das seguintes resistências:

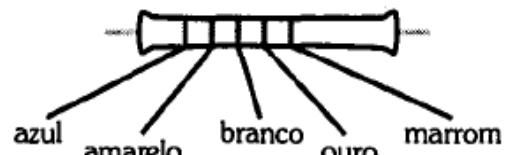
a)



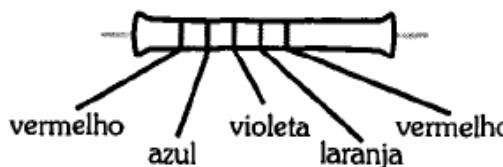
b)



c)



d)



vermelho-vermelho-preto
ouro



amarelo - violeta - marron
ouro



marron - preto - vermelho
ouro



amarelo - violeta - laranja
ouro



marron - preto - amarelo
ouro



marron - preto - laranja
ouro

▪ Resistência de um condutor

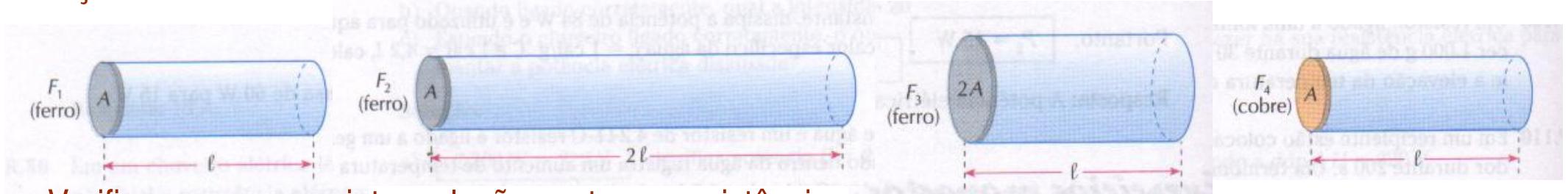


De que depende a resistência de um corpo ?

- A resistência de um corpo depende:
 - das suas dimensões e geometria;
 - material;
 - temperatura.

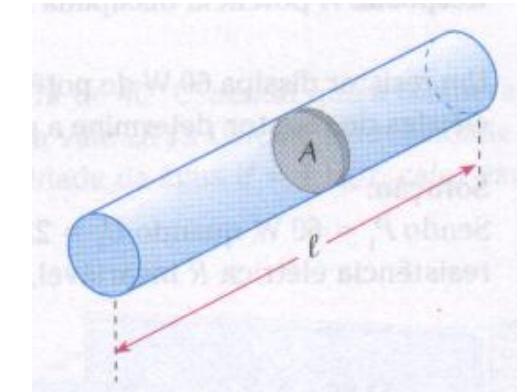
— Dimensão e geometria

- Sejam 3 condutores à mesma temperatura mas com 2 valores diferentes para material, comprimento e secção:



- Verificam-se as seguintes relações entre as resistências:

Material	F_1 Ferro	F_2 Ferro	F_3 Ferro	F_4 Cobre
Comprimento	l	$2l$	l	l
Área da secção recta	A	A	$2A$	A
Resistência	R	$2R$	$R/2$	$R' \neq R$



▪ Resistência de um condutor

- **Conclusão:** a resistência de um condutor a temperatura constante é
 - Directamente proporcional ao seu comprimento(l)
 - Inversamente proporcional à sua área de secção transversal(A)
 - Depende do material que o constitui

Resistência eléctrica

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

- ρ – Resistividade ($\Omega \cdot m$)
- l – Comprimento (m)
- S - Secção (m^2)



– Resistividade

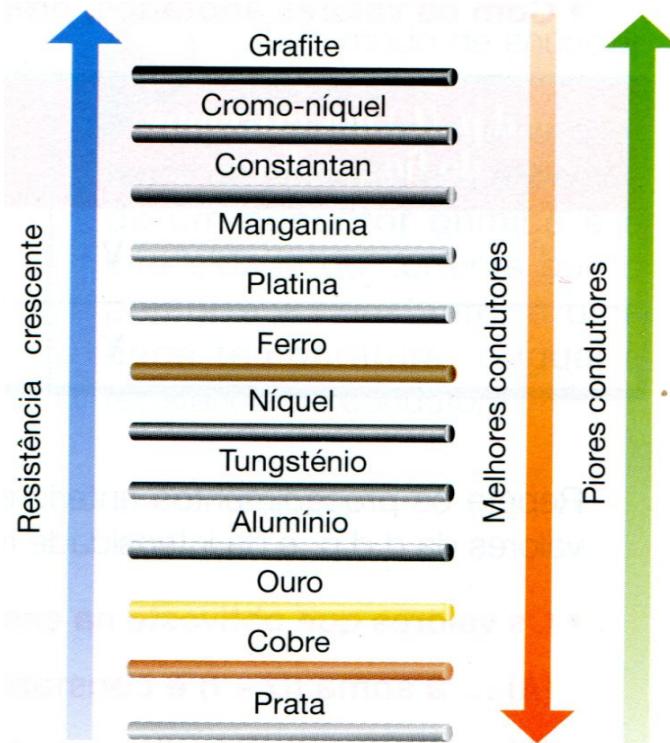
- Resistência de um fio desse material com 1 unidade de comprimento e 1 unidade de secção.

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

$$\text{unidade SI : } u_{\rho} = \frac{\Omega \times m^2}{m} = \Omega \times m$$

- **Outras unidades práticas :** $\Omega \cdot cm$ ou $\Omega mm^2/m$
- **Unidades SI :** Ohm.metro ($\Omega \cdot m$)

▪ Resistência de um condutor



Material	Resistividade ρ a 20°C (em $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)
Carvão	35
Cromo-níquel	1,0
Constantan	0,49
Manganina	0,43
Ferro	0,10
Tungsténio	0,055
Alumínio	0,028
Cobre	0,017
Prata	0,016

Exercícios Propostos

25 Um condutor de alumínio, com 80 metros de comprimento, tem uma secção de 35 mm^2 . Calcule a resistência do condutor.

R : 64 m Ω

26. Para medir o comprimentos de um cabo enterrado, “shuntou-se” uma das extremidades e, com um ohmímetro, mediu-se a resistência entre os dois condutores, na outra extremidade. Sabendo que os condutores são em cobre, a secção de 10 mm^2 e que o ohmímetro indicou 0,51 Ω , calcule a extensão do cabo

R: 150 m

27. Pretende-se construir uma resistência de aquecimento, de 97 Ω , com fio de cromoníquel. Para o efeito, utilizamos 11,2 metros de fio. Calcule a secção e o diâmetro do fio

▪ Resistência com a temperatura

— Variação da resistência com a temperatura

- O **aumento de temperatura** provoca, num material, uma **agitação atómica e molecular mais elevada** que a verificada a temperaturas inferiores.
- Conclui-se, portanto, que o **aumento da temperatura** provoca o **aumento da resistência eléctrica** na generalidade dos materiais.
- Na verdade, há alguns materiais (muito poucos) cuja **resistência diminui** com o **aumento da temperatura (Carvão)**.

— Coeficiente de temperatura

- Define-se coeficiente de temperatura como a “**variação sofrida pela resistência de 1Ω de um determinado material, quando a sua temperatura aumenta de 1°C** ”.

- Representado pela letra grega α (alfa)
- A **unidade do coeficiente de temperatura é o $^{\circ}\text{C}^{-1}$** .

Material	Coeficiente de temperatura ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Prata	0.004
Cobre	0.004
Alumínio	0.004
Ouro	0.004
Constantan	0.00001
Cromoníquel	0.00005
Ferroníquel	0.0009
Maillechort	0.0003
Manganina	0.00002
Carvão	-0.0003

- Repare, na tabela, que o **carvão** apresenta um **coeficiente de temperatura negativo**, o que quer dizer que a resistência deste material diminui com o aumento da temperatura, enquanto que nos restantes a resistência aumenta.

▪ Resistência com a temperatura

- Assim, para construir **resistências de precisão**, devem utilizar-se materiais que tenham um **coeficiente de temperatura baixo**, de modo que a **resistência pouco varie com a temperatura**.
- Por consulta da tabela 2 pode constatar-se que os materiais mais aconselhados para o fabrico destas resistências são o **constantan** e a **manganina**.
- A resistência varia com a temperatura através da relação

$$R_2 = R_1 \cdot [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

- R_2 - Resistência final(ohms), à temperatura final t_2
- R_1 - Resistência inicial (ohms), à temperatura inicial t_1
- t_2 - Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$)
- A partir da expressão anterior, facilmente se deduz uma expressão semelhante para a variação da resistividade com a temperatura:

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

- Note que R_2 e ρ_2 são sempre os valores finais, quer haja um aumento de temperatura quer haja uma diminuição de temperatura, em relação à temperatura ambiente de 20°C .

Material	Coeficiente de temperatura ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Prata	0.004
Cobre	0.004
Alumínio	0.004
Ouro	0.004
Constantan	0.00001
Cromoníquel	0.00005
Ferroníquel	0.0009
Maillechort	0.0003
Manganina	0.00002
Carvão	-0.0003

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(T_2 - T_1)}$$

- t_1 -Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$)
- α - Coeficiente de temperatura ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
- $\Delta t = t_2 - t_1$ -variação de temperatura
- $\Delta R = R_2 - R_1$ -variação de resistência

▪ Resistência com a temperatura

28 Um fio de determinado material tem uma resistência de 10Ω à temperatura de $20^\circ C$. Calcule:

- a) A resistência do fio a $40^\circ C$, se o material for de : 1. Cobre; 2. Alumínio; 3. Manganina; 4. Constantan

29 Um condutor de prata tem 100 metros de comprimento e 4 mm^2 de secção. Calcule:

- a) A resistência a frio ($20^\circ C$)
- b) A temperatura atingida pelo condutor se a sua resistência aumentar para $0,45\Omega$
- c) A resistência do condutor se a temperatura baixar para $5^\circ C$

30. A resistência, em constantan, de um reóstato é de 120Ω (a $20^\circ C$). Sabendo que, sob $100V$, a temperatura aumentou para $50^\circ C$, calcule:

- a) A resistência a quente
- b) O aumento (percentual) da resistência

31. O enrolamento (em cobre) de um motor tem uma resistência de $1,5\Omega$ a $20^\circ C$. Sabendo que, em funcionamento nominal do motor, a sua temperatura atinge os $80^\circ C$, calcule:

- a) A resistividade eléctrica do enrolamento a $80^\circ C$
- b) A resistência eléctrica a $80^\circ C$.

Tabela 3 – Características gerais de materiais condutores

Material	Resistividade (a $20^\circ C$) ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	Coeficiente Temp. $^\circ C^{-1}$
Aço macio	0.1 - 0.2	----
Alumínio	0.028	0.004
Bronze	0.028	0.004
Chumbo	0.21	0.0039
Cobre	0.017	0.004
Duralmínio	0.058	0.002
Estanho	0.12	0.004
Ferro macio	0.1 – 0.15	0.005
Ferro fundido	0.8	----
Latão	0.085	0.001
Ouro	0.024	0.0038
Platina	0.11	0.003
Prata	0.016	0.0036

■ RTD**— Sensores de Temperatura Resistivos (RTD)**

- Características
 - Condutor Metálico
 - Dispositivo Linear
 - Faixa de operação (- 200 ° C e + 850 ° C)
- Metais utilizados
 - Platina e Níquel (Mais utilizados)
 - Cobre (Oxida a temperaturas muito baixas) .

**— Termoresistência PT-100**

- Mais utilizada
 - PT (Platina) e 100Ω (a $0^\circ C$)
- Outros
 - PT -120 ou Ni – 50

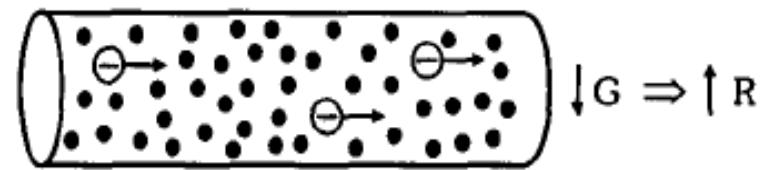
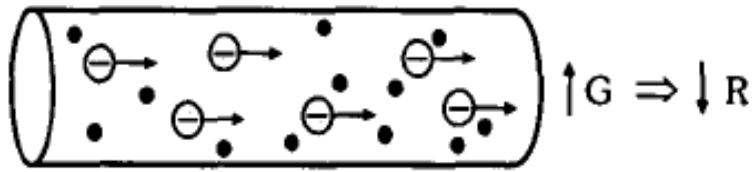
Exercícios Propostos

32. Uma termoresistência PT-100 está a ser usada para medir uma certa temperatura de um processo. A resistência medida através de um multímetro é de $199,5\Omega$. Qual a diferença de temperatura, sabendo que a temperatura ambiente corresponde uma resistência de $109,0 \Omega$?

33. Uma RTD de Prata tem uma resistência de 40Ω a $10^\circ C$. Qual a sua resistência a $80^\circ C$?

■ Condutância

- A **condutância** é outra característica dos materiais e, ao **contrário da resistência**, expressa a **facilidade** com que a **corrente eléctrica** pode **atravessá-los**.



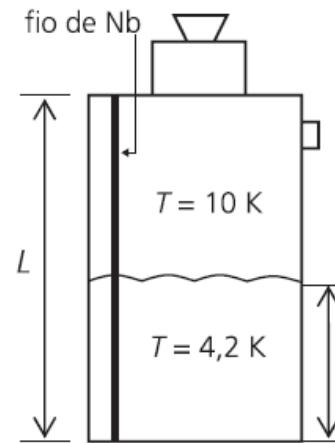
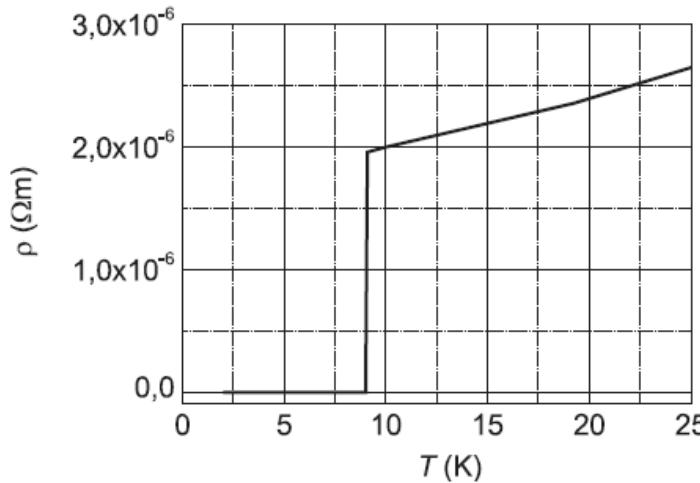
- Assim a expressão das condutância é o inverso da resistência, sendo simbolizada pela **letra G**, cuja unidade de medida é **1/ ohm [Ω^{-1}] ou Siemens [S]**

$$G = \frac{1}{R}$$

Material	Resistividade ρ a 20°C (em $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)	Condutividade γ a 20°C (em S/m)	Coeficiente de Temperatura α (em $^\circ\text{C}^{-1}$)
Prata	0,016	$6,3 \times 10^7$	$3,8 \times 10^{-3}$
Cobre	0,017	$5,9 \times 10^7$	$3,9 \times 10^{-3}$
Alumínio	0,028	$3,6 \times 10^7$	$3,7 \times 10^{-3}$
Magnésio	0,046	$2,2 \times 10^7$	$4,0 \times 10^{-3}$
Tungsténio	0,055	$1,8 \times 10^7$	$4,5 \times 10^{-3}$
Zinco	0,063	$1,6 \times 10^7$	$3,7 \times 10^{-3}$
Latão	0,08	$1,3 \times 10^7$	$1,5 \times 10^{-3}$
Ferro	0,10	$1,0 \times 10^7$	$5,0 \times 10^{-3}$
Chumbo	0,22	$4,5 \times 10^6$	$4,3 \times 10^{-3}$
Mercúrio	0,96	$1,1 \times 10^6$	$0,9 \times 10^{-3}$
Cromo-níquel	1,0	$1,0 \times 10^6$	$0,4 \times 10^{-3}$
Manganina	0,43	$2,3 \times 10^6$	$0,01 \times 10^{-3}$
Constatan	0,49	$2,0 \times 10^6$	$-0,005 \times 10^{-3}$
Carvão	35	28×10^3	$-0,5 \times 10^{-3}$
Água do mar	3×10^5	3	---
Germânio	45×10^6	$2,3 \times 10^{-2}$	-48×10^{-3}
Água do rio	$10^7 \dots 10^8$	$10^{-2} \dots 10^{-1}$	---
Água destilada	$(1 \dots 4) \times 10^{10}$	$(0,2 \dots 1) \times 10^{-4}$	---
Silício	$6,4 \times 10^{10}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$-7,5 \times 10^{-3}$
Enxofre	10^{11}	10^{-5}	---
Âmbar	5×10^{17}	2×10^{-12}	---
Vidro	$10^{16} \dots 10^{20}$	$10^{-10} \dots 10^{-14}$	---

■ Exercícios

34. O gráfico abaixo mostra a resistividade eléctrica de um fio de nióbio (Nb) em função da temperatura. No gráfico, pode-se observar que a resistividade apresenta uma queda brusca em $T = 9,0\text{ K}$, tornando-se nula abaixo dessa temperatura. Esse comportamento é característico de um material supercondutor



Um fio de Nb de comprimento total $L = 1,5\text{ m}$ e secção transversal de área $A = 0,050\text{ mm}^2$ esticado verticalmente do topo até ao fundo de um tanque de hélio líquido, a fim de ser usado como sensor de nível, conforme ilustrado na figura abaixo. Sabendo-se que o hélio líquido se encontra a $4,2\text{ K}$ e que a temperatura da parte não imersa do fio fica em torno de 10 K , pode-se determinar a altura h do nível de hélio líquido através da medida da resistência do fio.

- Calcule a resistência do fio quando toda a sua extensão está 10 K , isto é quando o tanque está vazio.
- Qual é a altura h do nível de hélio líquido no interior do tanque numa situação que a resistência do fio de Nb vale $36\text{ }\Omega$?