

LUCAS A. XAVIER (PROF. DE FÍSICA)

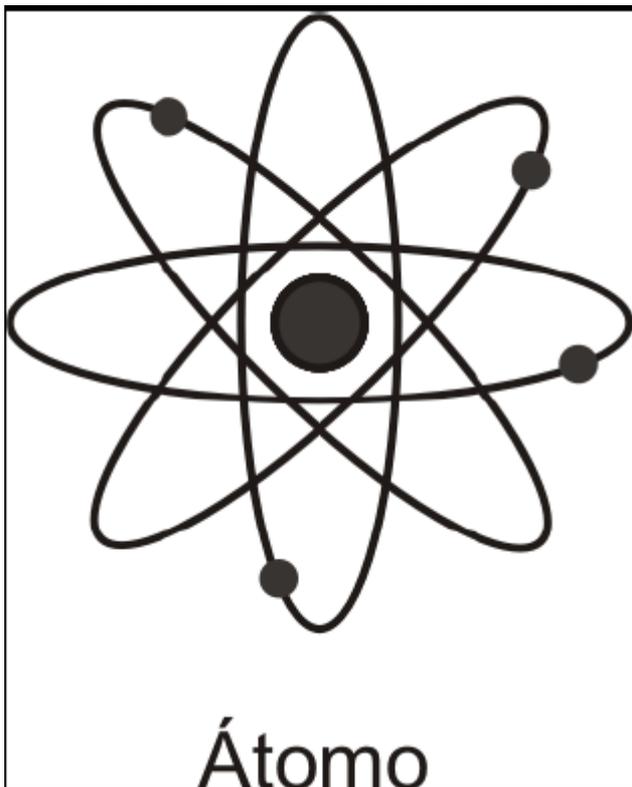
www.wikifisica.com

Correntes e Resistores

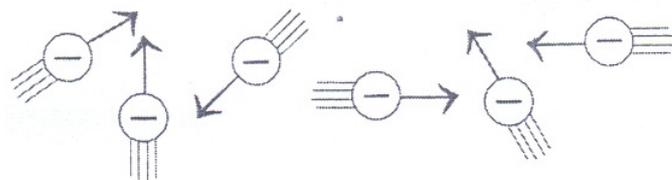
Eletrodinâmica

A **Eletrodinâmica** é a parte do eletromagnetismo dedicada aos fenômenos elétricos em que as cargas elétricas se movem.

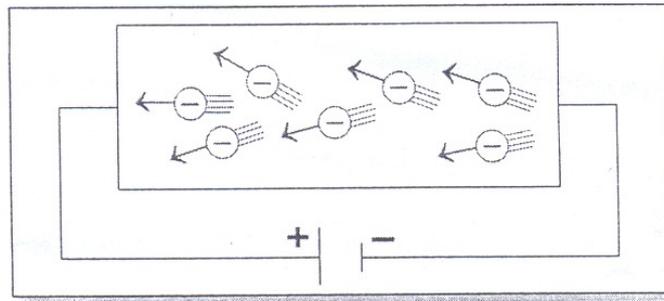
Corrente Elétrica – Resistores- Lei de Ohm



Corrente elétrica: ao ligarmos um fio a uma fonte de energia, aparece uma força de origem elétrica, devido à existência de um campo elétrico produzido pela fonte de energia. Essa força age sobre cada um dos elétrons livres e dos íons da rede cristalina. Como os íons possuem grande massa e interagem entre si, praticamente não se movem, enquanto que os elétrons livres, ao serem acelerados por essa mesma força, acabam produzindo um movimento ordenado chamado de corrente elétrica.



Movimento desordenado em consequência da agitação térmica.



Diferença de potencial.

Verificamos que, ao submetermos o condutor a uma diferença de potencial (d.d.p.), os portadores de carga adquirem um movimento num sentido preferencial. A esse movimento damos o nome de **Corrente Elétrica**.

Efeitos da corrente elétrica

A) **Efeito Joule:** Ao ligarmos um fio metálico a uma fonte de energia externa aparece em seu interior um campo elétrico. A ação desse campo sobre os elétrons livres se dá através da força elétrica, acelerando-os e aumentando sua energia cinética de translação, que é transferida aos íons da rede cristalina por meio de choques. Esses choques aumentam a energia cinética de vibração da rede, o que é percebido como aumento da temperatura.

Aplicação: ferro elétrico, chuveiro, secador de cabelo, etc.

B) **Efeito luminoso:** gerar luz.

Aplicação: Lâmpada fria (fluorescente): Lâmpada na qual a luz é produzida pela aplicação de uma voltagem alta entre os terminais de um tubo (de vidro) que retém gás a baixa pressão (argônio, vapor de mercúrio, etc.). Em geral, os gases são maus condutores, mas a uma voltagem suficientemente alta, as moléculas são ionizadas (carregadas) e a corrente pode ser transportada pelos íons. A luz é produzida por colisões entre os íons; tais colisões, da mesma forma, também provocam ionizações ulteriores, as quais ajudam a manter a corrente invariável. Lâmpadas frias são usadas em letreiros e placas luminosas, e a coloração da luz varia de acordo com o gás empregado.

C) **Efeito magnético:** gerar campo magnético. Sempre ocorre.

Aplicação: motores elétricos, transformadores, etc.

D) **Efeito fisiológico:** choque (contração muscular devido à passagem de corrente elétrica), queimaduras de tecido (pele).

- de 0,5 mA a 2 mA → limiar de sensibilidade;
- de 2 mA a 10 mA → dor, contrações musculares;
- de 20 mA a 100 mA → parada respiratória;
- de 100 mA a 3 A → pode ser fatal (fibrilação ventricular).

Aplicação: desfibrilador

E) **Efeito químico:** produzir reações químicas (soluções eletrolíticas: cromação (talheres), galvanização, etc.).

Arma: choque nos criminosos

Os órgãos de Segurança Pública e Guarda Municipal tem autorização para utilizar armas de choque para fazer a segurança das pessoas nas comunidades. A arma não letal vai auxiliar em situações em que tiros não podem ser disparados (áreas de grande concentração de pessoas).

Raios X da Arma Elétrica:

.Baterias: a energia é fornecida por oito pilhas recarregáveis pequenas, de 1,5 volt cada, que ficam localizadas no cabo da pistola, como um pente de munição.

.Registro Digital: dentro da arma existe um sistema de identificação do atirador, que grava o dia e horário de cada disparo, inclusive, o tempo em que o choque foi dado e quantas vezes o gatilho foi acionado.

.Cartucho: o cartucho que se encaixa na arma possui dentro dele os dardos, os fios e a cápsula de ar.

.Circuitos: as pilhas recarregáveis, depois de ligadas à arma, armazenam 50.000 volts em capacitores conectados aos circuitos.

.Carretéis: os dois fios de cobre que conduzem a eletricidade ficam enrolados, como carretéis, no interior do cartucho, ligados aos dardos.

.Cápsulas de Ar Comprimido: quando o gatilho é pressionado, um cartucho de ar comprimido é aberto dentro da arma. A expansão do gás cria pressão atrás dos dardos, lançando-os através do ar e arrastando os fios conectados.

.Mira Laser: localizada na parte inferior da arma, um sistema de mira manda um feixe de laser que auxilia o policial na hora do disparo.

.Dardos: dois dardos que funcionam como eletrodos são disparados e, como arpões, penetram e agarram na pele da vítima, conduzindo o choque elétrico.

.Confetes: no primeiro disparo, a arma libera dúzias de etiquetas de identificação coloridas do tamanho de confetes, como se fossem o DNA da arma. Essas informações podem ser usadas para investigações de abusos.

.Distância: o alcance dos dardos depende do tamanho dos fios em que estão conectados. O modelo usado pela Polícia Militar possui dois tipos de cartuchos com alcances diferentes: 4,5 metros e 10 metros.

.Corrente pelo Corpo: os movimentos do corpo são estimulados por impulsos elétricos enviados pelo cérebro. Quando os dardos atingem a vítima, a corrente elétrica passa por entre os dois pontos e impede os impulsos do cérebro de chegar àquela região.

.Tempo de Mobilização: a vítima fica atordoada durante oito segundos, tempo em que o policial deve algemá-lo.

Nota! Por que a arma não mata?

A arma de choque possui uma tensão muito grande, 50 mil volts. Mas *tensão* não mata só causa dor. O que mata é a corrente elétrica, que passa pelo corpo no momento do choque. Quando a corrente é baixa (a arma é de apenas 0,04 amperes), causa contrações musculares e arritmia. Para matar, seria uma corrente de valor mais elevado.

Quantos Volts tem:

.Pilhas: 1,5 V;

.Bateria de carro: 12 V;

.Eletrodomésticos: 127 V;

.Chuveiro: 220 V;

.Motores industriais (trifásicos): 380 V, 440 V;

.Fios de distribuição de energia: 13.800 V;

.Redes de transmissão: 138.000 V;

.Hidrelétrica de Itaipu: 440.000 V.

Efeitos da Corrente Elétrica o Corpo Humano

Todas as funções normais do corpo humano envolvem *correntes elétricas*. Estas são essenciais para o correto funcionamento do organismo. Já as correntes provenientes de *fontes externas*, quando fluem através dos diversos órgãos vitais do corpo humano, podem causar *danos biológicos ou, ainda, a morte*.

As partes do corpo humano cujo funcionamento é mais sensível às correntes elétricas externas são: o cérebro, os músculos do tórax, os centros nervosos que controlam a respiração e os músculos do coração.

Os efeitos biológicos no corpo humano dependem da intensidade da corrente externa (60 Hz, 1 s) aplicada. Para correntes

.até 0,5 mA: nenhum efeito importante;

.de 0,5 mA a 2 mA: limiar de sensibilidade;

.de 2 mA a 10 mA: dor, contrações musculares;

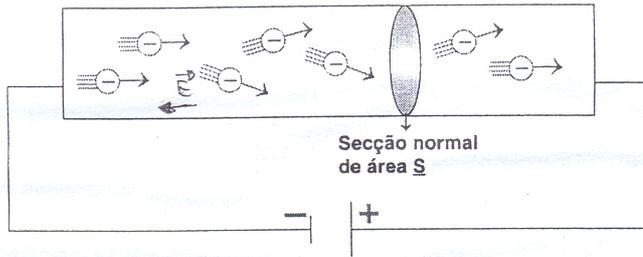
.de 10 mA a 20 mA: aumento dos efeitos musculares;

.de 20 mA a 100 mA: parada respiratória;

.de 100 mA a 3 A: fibrilação ventricular que pode ser fatal, a menos que a ressuscitação aconteça imediatamente;

.acima de 3 A: parada cardíaca, o coração pode voltar a funcionar se o choque elétrico for muito breve; queimaduras muito sérias.

Sentido convencional e intensidade da corrente elétrica:



O sentido convencional é o sentido movimento dos **portadores de carga positiva**.
Intensidade da corrente elétrica (i): É o módulo da carga total $|Q|$ que atravessa uma secção normal do condutor durante um intervalo de tempo Δt .

$$i_m = \frac{|Q|}{\Delta t}$$

A expressão acima representa a intensidade média da corrente elétrica no intervalo Δt .

Unidade:

No S.I. $\rightarrow [i] = (\text{Coulomb/segundo}) = \text{ampère (A)}$

$1\text{A} = 1\text{C/s}$

Submúltiplos usuais:

- Miliampère: $\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$
- Microampère: $\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

OBS.: Condutor \rightarrow oferece mobilidade as cargas elétricas.

1. **Condutores líquidos:** Em soluções eletrolíticas, há movimentos de portadores (íons: cátions e ânions) em ambos os sentidos. Logo:

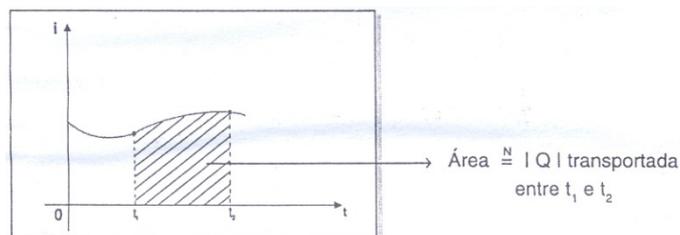
$$|Q| = |Q_+| + |Q_-|$$

$$i_m = \frac{|Q|}{\Delta t}$$

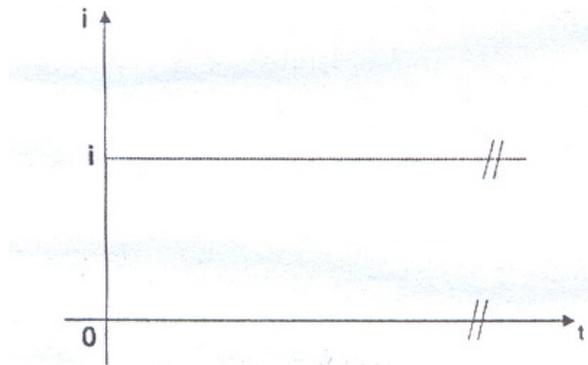
2. **Em condutores gasosos:** Nos gases nobres e misturas a condução é feita por elétrons e íons (cátions e ânions).

3. **Condutores sólidos:** Nos metais a condução é feita por elétrons.

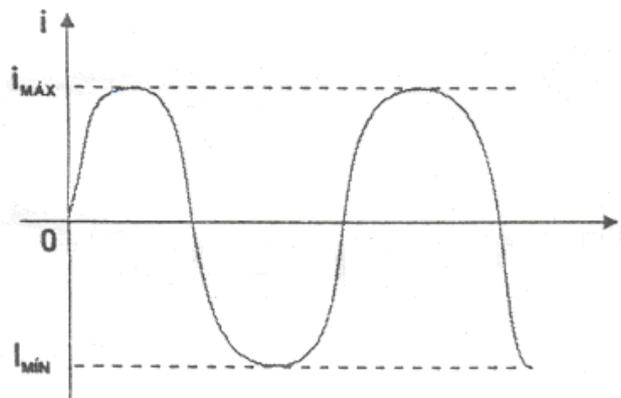
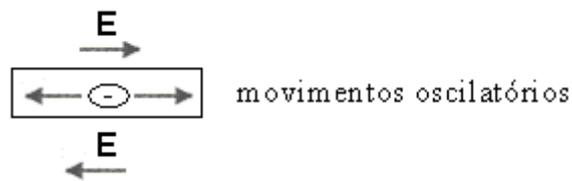
Gráficos de $i \times t$



a) **Corrente contínua:** é caracterizada pelo fato de o sentido do campo elétrico que a produz permanecer invariável. Conseqüentemente as cargas constituintes da corrente se deslocam sempre no mesmo sentido. É fornecida por pilhas e baterias.



b) **Corrente Alternada:** é caracterizada pelo fato de o sentido do campo elétrico que a produz se inverter periodicamente. Conseqüentemente, as cargas da corrente apresentam movimentos oscilatórios no condutor. Esse tipo de corrente é fornecido pela rede elétrica.

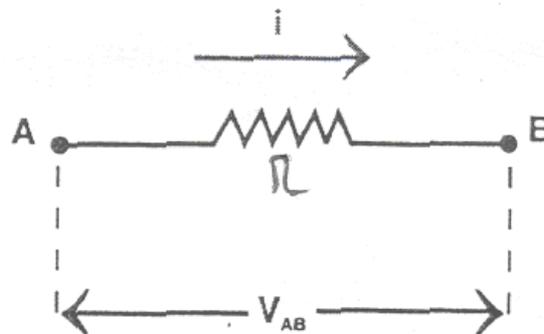


Resistores. Lei de Ohm

Resistores são dispositivos presentes nos circuitos elétricos cuja propriedade é a total conversão de energia elétrica em energia térmica. (Efeito Joule)



1) Primeira Lei de Ohm



Nos chamados condutores Ôhmicos, mantida constante a temperatura e variando a tensão (V) da fonte, Ohm mediu a intensidade de corrente elétrica (i) no circuito e observou uma igualdade na razão entre V e i, verifica-se a seguinte relação:

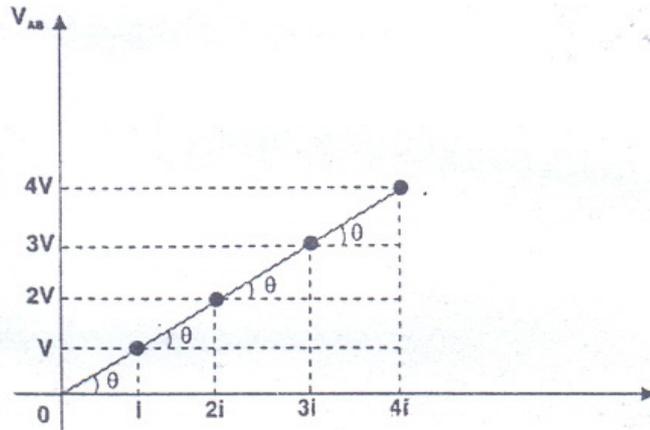
$$\frac{V_1}{i_1} = \frac{V_2}{i_2} = \frac{V_3}{i_3}$$

$$\frac{V_{AB}}{i} = R$$

R → Resistência elétrica: É a medida da dificuldade que as cargas elétricas encontram ao atravessar um condutor.

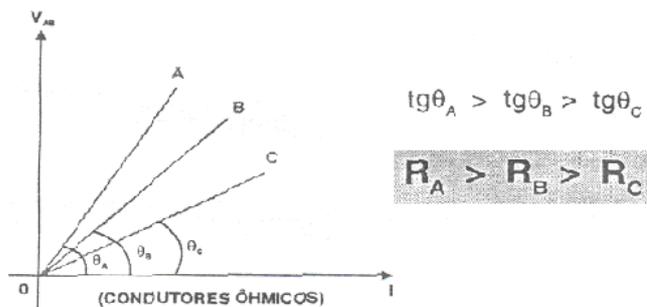
$$[R] = \frac{[V]}{[i]} = \frac{\text{volt}}{\text{ampère}} = \text{OHM } (\Omega)$$

Logo, para os resistores Ôhmicos:



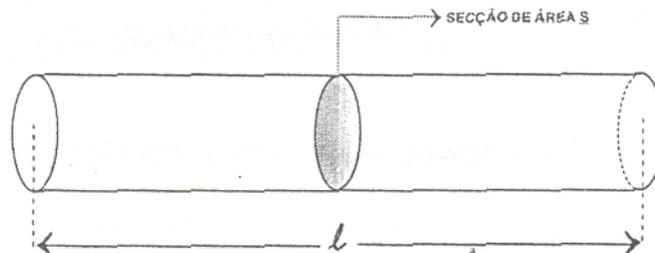
$$\frac{V}{i} = \frac{2v}{2i} = \frac{3v}{3i} = \frac{4v}{4i} = R = \text{tg } \theta \text{ (inclinação da reta)}$$

Exemplo:



2) Segunda Lei de Ohm.

Verifica-se que a resistência (R) depende do comprimento (L), da área do condutor (S) e do tipo de material que constitui o fio (ρ).

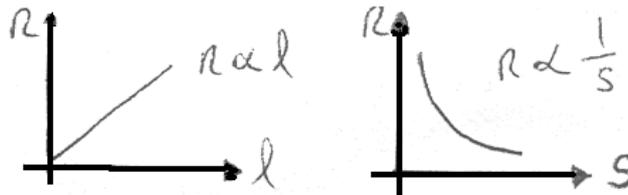


$$R \Rightarrow \begin{cases} \text{Diret. Prop. a } \underline{l} \\ \text{Inv. Prop. a } \underline{S} \end{cases}$$

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

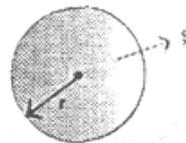
Nota:

- i) Quanto **maior** o valor de L, **maior** será a resistência.
- ii) Quanto **maior** o valor de S, **menor** será a resistência.



Fio cilíndrico: $S = \pi r^2$

$$R = \frac{\rho l}{\pi r^2}$$



$\rho \rightarrow$ Resistividade (depende do material que constitui o condutor e da temperatura).

No S.I.:

$$[\rho] = \frac{[R] \cdot [S]}{[l]} = \frac{\Omega \cdot m^2}{m} = \Omega \cdot m$$

Unidade prática:

$$[\rho] = \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

Nota: $1 mm^2 = 10^{-6} m^2$

Dependência da Resistividade com a temperatura

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$\begin{cases} \alpha \rightarrow \text{Coeficiente de temperatura. } (^{\circ}C^{-1}) \\ \rho_0 \rightarrow \text{Resistividade na temperatura } \theta_0. \\ \rho \rightarrow \text{Resistividade na temperatura } \theta. \end{cases}$$

Usando a Segunda Lei de Ohm e desprezando os efeitos de dilatação, obtemos:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

Condutividade (c): A condutividade elétrica de um condutor de eletricidade é definida pelo inverso da sua resistividade elétrica (ρ):

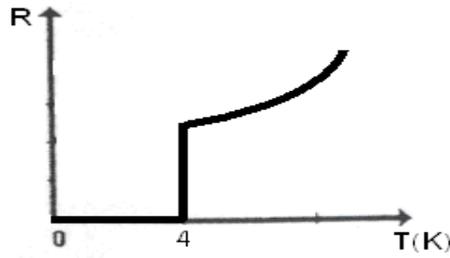
$$c = 1 / \rho$$

$c \rightarrow$ (SI) $1 / \Omega \cdot m = S / m$, onde S é Siemens.

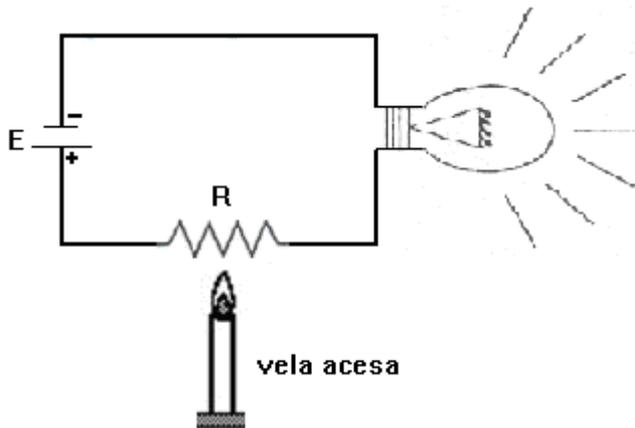
Exemplos de condutores: metais, grafite, soluções eletrolíticas, etc.

Exemplo de supercondutor: pastilha de cerâmica ($R = 0$, $\rho = 0$, $c = \infty$)

Ex.: Supercondutividade do mercúrio (4 K)



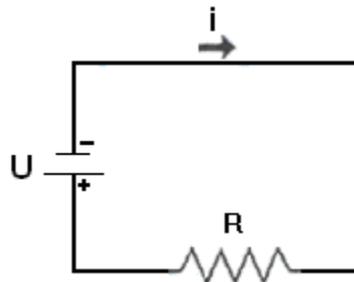
Exemplos de isolantes: vidro, plásticos, porcelana, madeira, verniz, etc.



O brilho da lâmpada irá diminuir, porque a resistência aumenta com a temperatura.

Potência elétrica (P)

Um dispositivo elétrico, submetido a d.d.p (U) e percorrido por uma corrente elétrica (i), dissipa uma potência (P) dado por:



$$I = Q / \Delta t, \rightarrow Q = i \cdot \Delta t, \text{ como } T = Q \cdot U \text{ então } T = i \cdot \Delta t \cdot U$$

$$\text{A potência tem como equação: } P = T / \Delta t \rightarrow P = i \cdot \Delta t \cdot U / \Delta t$$

$$\boxed{P = U \cdot i}$$

Com esta equação mais a primeira lei de Ohm ($U = R \cdot i$), obtemos

$$\boxed{P = U^2 / R}$$

$$\boxed{P = R \cdot i^2}$$

Unidade de potência: (P) = ampère . volt = Watt, P → (SI) W

Energia elétrica (E_{el})

A energia elétrica consumida por um aparelho, num certo intervalo de tempo Δt , é dado pelo trabalho das forças elétricas:

$$P = T / \Delta t = E_{el} / \Delta t \rightarrow$$

$$E_{el} = P \cdot \Delta t$$

$$\text{unidades: } \left\{ \begin{array}{l} P \text{ _ KW} \\ E_{el} \text{ _ KWh} \\ \Delta t \text{ _ h} \end{array} \right. \text{ ou (SI) } \left\{ \begin{array}{l} P \text{ _ W} \\ E_{el} \text{ _ J} \\ \Delta t \text{ _ s} \end{array} \right.$$

Obs.: 1 kWh = 1 kW.1h = 1000 W.3600s = 3,6 x 10⁶ J. O **kWh** é uma unidade de **energia** e **não** de potência!

Questões:

1) (ITA) Certa resistência de fio, utilizada para aquecimento, normalmente dissipa uma potência de 100W quando funciona a uma temperatura de 100°C. Sendo de $2 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ o coeficiente da dilatação térmica do fio, conclui-se que a potência instantânea dissipada pela resistência, quando operando a uma temperatura inicial de 20°C, é:
a)32W b)84W c)100W d)116W e)132W

2) (UFRS) Quando uma diferença de potencial é aplicada aos extremos de um fio metálico, de forma cilíndrica, uma corrente elétrica “i” percorre esse fio. A mesma diferença de potencial é aplicada aos extremos de outro fio, do mesmo material, com o mesmo comprimento, mas com o dobro do diâmetro. Supondo os dois fios a mesma temperatura, qual será a corrente elétrica no segundo fio?
a)i b)2i c)i/2 d)4i e)i/4

3) Para economizar dinheiro com sua conta de luz, você deve aprender a calcular o consumo de energia elétrica de sua casa, que é fornecido, em sua conta, na unidade de kWh (Quilowatt-hora). Considere que seus aparelhos domésticos são os indicados na tabela abaixo, juntamente com sua respectiva potência e uma estimativa de seu tempo de uso. Considerando que o preço de 1 kWh é de R\$ 0,50, seu gasto com a conta, após um mês (30dias), será de:

| Aparelho | Potência (W) | Tempo de uso |
|----------------|--------------|--------------------|
| Chuveiro | 2000 | 20 minutos por dia |
| Ferro elétrico | 4000 | 4,5 horas por mês |
| Geladeira | 200 | 24 horas por dia |

a) R\$72,00; b) R\$60,80; c) R\$50,00; d) R\$91,00; e)R\$354,30

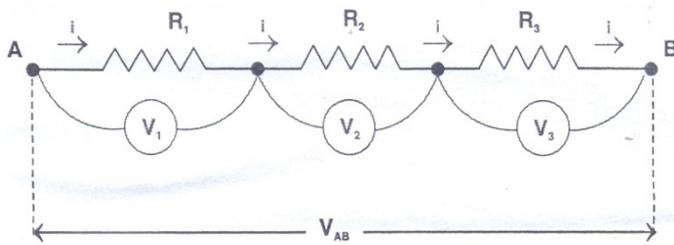
Associação de Resistores:

Associar resistores é uma prática muito comum quando se trabalha com circuitos elétricos, sejam eles simples ou complexos. A necessidade de se obter um valor de resistência diferente do fornecido por um único resistor, ou mesmo a necessidade de se obter uma corrente elétrica maior ou menor em um circuito são as causas mais comuns que nos levam a esse tipo de associação.

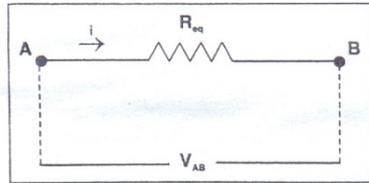
Associação em série: Produz uma (Req), **maior** que os resistores individuais da associação.

Objetivo:

- Distribuir tensões (d.d.p)
- Aumentar a resistência no circuito.



Resistor equivalente: (R_{eq})



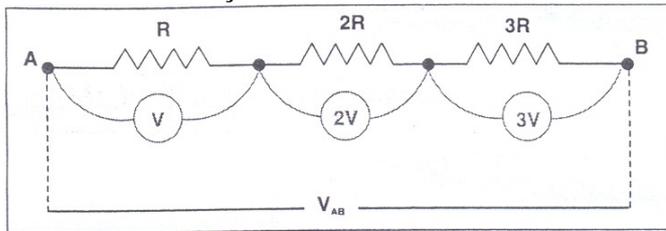
$$\left\{ \begin{array}{l} V_{AB} = R_{eq} \cdot i \\ V_1 = R_1 \cdot i \\ V_2 = R_2 \cdot i \\ V_3 = R_3 \cdot i \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} V_{AB} &= V_1 + V_2 + V_3 \\ R_{eq} \cdot i &= R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i \end{aligned}$$

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

Aplicação: Lâmpadas de árvore de natal, fusíveis, etc.

Nota: Na associação em série, V e R são diretamente proporcionais.



$$V_{AB} = V + 2V + 3V = 6V$$

Resumo:

→ A intensidade da corrente que percorre o resistor equivalente é igual à intensidade da corrente que percorre cada resistor associado. Então maior resistência dissipada maior potência ($P=R \cdot i^2$).

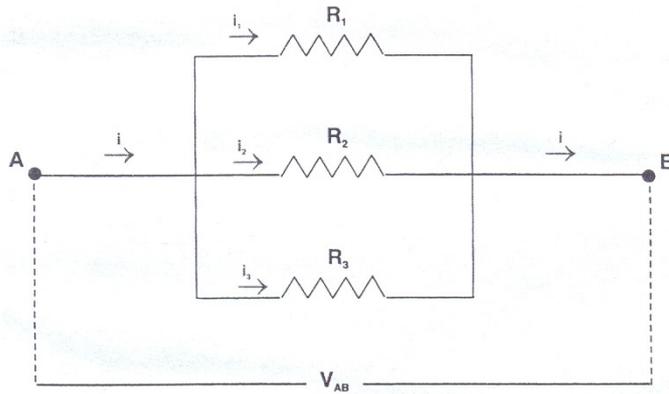
→ A resistência do resistor equivalente é igual à soma das resistências associadas. Se um resistor da série no circuito queimar, os demais param de funcionar.

→ A tensão total é a soma das tensões parciais.

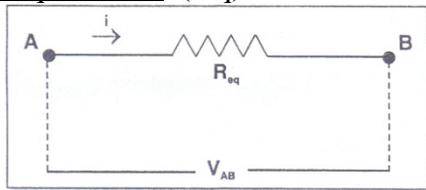
Associação em paralelo: Produz uma R_{eq} **menor** que os resistores individuais da associação.

Objetivo:

- Reduzir as resistências do circuito;
- Distribuir correntes.



Resistor equivalente: (R_{eq})



$$\left\{ \begin{array}{l} V_{AB} = R_{eq} \cdot i \\ V_1 = R_1 \cdot i_1 \\ V_2 = R_2 \cdot i_2 \\ V_3 = R_3 \cdot i_3 \end{array} \right.$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

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

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

Aplicação: Em residências.

Resumo:

- A diferença de potencial entre os terminais do resistor equivalente é igual à diferença de potencial entre os terminais de cada um dos resistores associados.
- O inverso da resistência equivalente é a soma dos inversos das resistências associadas.
- A intensidade da corrente total é a soma das intensidades das correntes parciais.
- Nas residências, a ligação é feita em paralelo, a d.d.p. da fonte é constante, então, maior resistência dissipada menor potência ($P=V^2/R$).

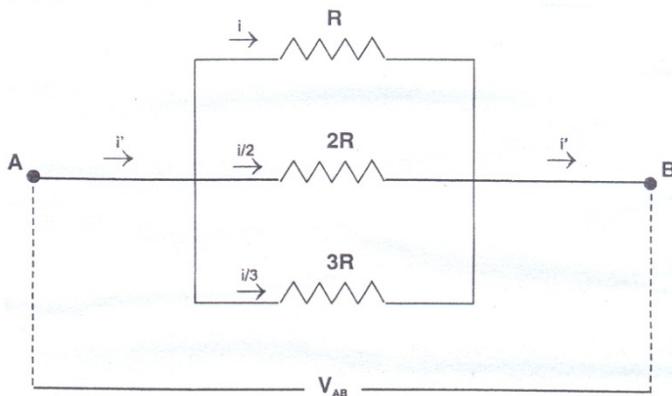
Para dois resistores diferentes:

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

Para N resistores iguais:

$$R_{eq} = \frac{R}{N}$$

Nota: Na associação em paralelo, i e R são inversamente proporcionais;



Importante!

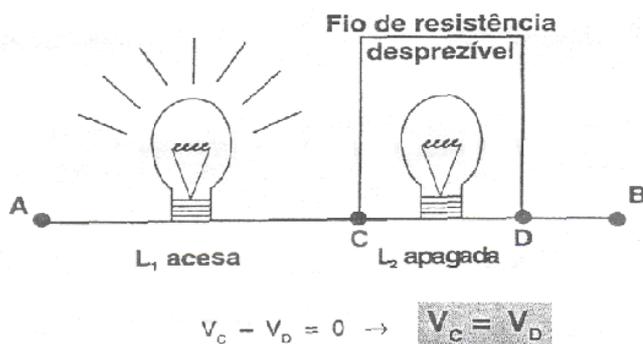
É aconselhável determinar a intensidade de corrente em cada resistor. Depois aplica $P=R \cdot i^2$, deve-se calcular a potência em todos os resistores, e somente após isso se faz a comparação para saber qual deles dissipa mais potência.

Atenção!

Apesar de as ligações numa mesma residência serem independentes, o brilho das lâmpadas é menor ao ligarmos aparelhos de alta potência porque a resistência elétrica dos fios de ligação consome parte da tensão do circuito. Ou seja, à medida que a corrente elétrica no circuito aumenta, a tensão nos aparelhos diminui, o que explica a diminuição do brilho das lâmpadas.

Observação: em uma associação em série de lâmpada, brilha mais a lâmpada de menor potência nominal. Em paralelo, brilha mais a de maior potência nominal.

Curto-Circuito: dizemos que a lâmpada L_2 é colocada em curto-circuito quando ligamos os seus terminais C e D por meio de um fio de resistência desprezível. Nesse caso toda a corrente passará pelo curto-circuito já que ele não oferece resistência à passagem da corrente, como mostra a figura.



Associação mista de resistores

É aquela que contém simultaneamente aparelhos em série e paralelo.

IMPORTANTE

Como determinamos o tipo de fio e de fusível que devem ser utilizados numa instalação elétrica?



A corrente máxima no circuito: $i = P/U$. Basta somar a potência dos aparelhos elétricos e dividir pela tensão eficaz ($U_{\text{eficaz}} = U_{\text{pico}}/\sqrt{2}$), geralmente 110 V (no caso do chuveiro, a chave é independente, e a tensão eficaz é 220 V). para aumentar a segurança do circuito da instalação, acrescentam-se ao valor dessa corrente 25% do resultado obtido. Com esse valor final, recorre-se à tabela dada e escolhem-se o fio e o fusível adequados. O fusível deve fundir quando nele se estabelecer uma corrente menor que a máxima que o fio suporta. Ao fundir, ele abre o circuito e protege a instalação elétrica, a residência e as pessoas.

| Área da secção transversal do fio em mm ² | Corrente máxima que o fio suporta em Amperies |
|--|---|
| 1,5 | 15,5 |
| 2,5 | 21,0 |
| 4,0 | 28,0 |
| 6,0 | 36,0 |
| 10,0 | 50,0 |
| 16,0 | 68,0 |
| 25,0 | 89,0 |
| 35,0 | 111,0 |
| 50,0 | 134,0 |

Leitura:

1. O que fazer com as lâmpadas fluorescentes?

Dentre os diversos tipos de lâmpadas existentes, uma das mais eficientes em termos de durabilidade e economia são as fluorescentes. Existem diversos tipos delas, porém, todas obedecem ao mesmo princípio de funcionamento: o da excitação e desexcitação de átomos de uma mistura gasosa e a utilização de substância fosforescente na parede do tubo capaz de converter a radiação produzida em luz visível. Porém, se este material for descartado inadequadamente, libera o gás de mercúrio contido em seu interior, prejudicial à saúde e ao meio ambiente.

Milhões de unidades de lâmpadas de mercúrio são anualmente descartadas, no Brasil, com carga poluidora de mercúrio. Ao final de sua vida útil as lâmpadas contendo mercúrio são, na maioria das vezes, destinadas aos depósitos de lixo contaminando o solo e, mais tarde, os cursos d'água.

A presença do mercúrio nas águas representa um grande problema, pois ele se acumula nos organismos vivos. Assim, os animais acabam apresentando uma concentração mais elevada de mercúrio, o que é perigoso para eles e para os que deles se alimentam, originando sérios problemas de saúde pública e podendo intoxicar comunidades inteiras. A ingestão de mercúrio é particularmente prejudicial aos fetos e às crianças expostas durante períodos de rápido crescimento do cérebro, e causa danos neurológicos e de desenvolvimento.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), lâmpadas que contêm mercúrio, após o uso, são classificadas como resíduos perigosos Classe 1. O primeiro passo para o descarte dessas lâmpadas é providenciar um armazenamento adequado. Dentre os destinos que a lâmpada pode ter, um dos mais recomendados é a reciclagem. Algumas empresas especializadas no tratamento de resíduos perigosos realizam este trabalho.

2. Explique por que uma lâmpada incandescente não pode ser ligada a uma tensão elétrica ($U = E_{el}/Q$) alta do que a tensão nominal indicada no seu bulbo.

Resolução: as lâmpadas incandescentes possuem um filamento metálico (de tungstênio), o qual permite um aquecimento até temperaturas muito altas ($2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) sem atingir o ponto de fusão. É conhecido que os metais começam a irradiar luz quando a temperatura ultrapassa $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente. A porcentagem de energia térmica convertida em energia luminosa cresce com a quarta potência da temperatura absoluta; por isso, é necessário atingir as temperaturas mais altas possíveis, para aumentar o rendimento das lâmpadas incandescentes, que é ainda baixo (somente 5% de energia elétrica é convertida em luminosa). A energia restante está praticamente perdida, porque é transformada em energia térmica e deve (depois de obtida a temperatura normal de funcionamento do filamento) ser transportada para o meio ambiente sob forma de calor. Aqui entra o fato de que, suportando tensões acima de sua tensão nominal (que mantém no filamento temperatura adequada), o filamento funde-se, pois sua área útil é inadequada para ceder o excesso de energia térmica produzida para o meio ambiente; a temperatura do filamento vai subindo e atinge a temperatura de fusão.