

5 - Num circuito elétrico onde a tensão é de 110 volts e a resistência de 22 ohms, a intensidade é de:

- ☒ a) 5 ampères
☐ b) 50 ampères
☐ c) 2.420 ampères
☐ d) 0,5 ampère

6 - Se num circuito elétrico, onde a resistência permanece constante aumentamos a tensão, a intensidade da corrente:

- ☐ a) não mudará
☐ b) diminuirá
☒ c) aumentará

7 - Num circuito elétrico onde a resistência é de 6 ohms e a corrente de 3 ampères, a tensão (pressão elétrica) será de:

- ☒ a) 18 volts
☐ b) 2 volts
☐ c) 1 volt
☐ d) 0,5 volt

8 - A resistência total de três resistores de 24 ohms cada um ligados em série será de:

- ☐ a) 8 ohms
☐ b) 24 ohms
☒ c) 72 ohms
☐ d) 0,8 ohm

9 - A Lei de Ohm indica:

- ☒ a) a relação definida que existe entre as unidades elétricas fundamentais
☐ b) que as unidades elétricas são iguais entre si
☒ c) que não existe nenhuma relação definida entre as unidades elétricas

10 - A resistência total de dois resistores de 100 ohms cada um ligados em paralelo será de:

- ☐ a) 200 ohms
☐ b) 100 ohms
☒ c) 50 ohms
☐ d) 1.000 ohms

OCCIDENTAL SCHOOLS

ESCOLA DEDICADA EXCLUSIVAMENTE AO ENSINO ESPECIALIZADO DE ELETRÔNICA -
 RÁDIO - TELEVISÃO E SUAS RAMIFICAÇÕES

ESTABELECEIDA EM 1947



C. Walsh, Diretor

RUA CAPITÃO SALOMÃO 59 - C.E.P. 01034 - SÃO PAULO - S.P. - BRASIL

LIÇÃO E-12 UNIDADES ELÉTRICAS

Antes de nos aprofundarmos no estudo da eletricidade, é necessário conhecer e ter um conceito claro das diversas unidades que são utilizadas para expressar sua intensidade, a Resistência que os meios condutores apresentam à sua passagem e a Diferença de Potencial necessária para produzir o fluxo da

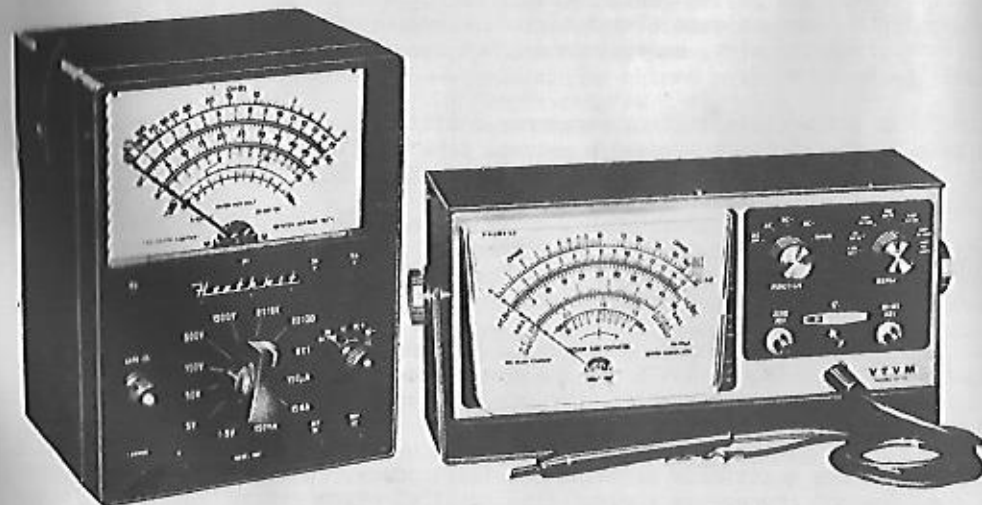


FIGURA 1

APARELHOS DE MEDIÇÃO PARA DETERMINAR A GRANDEZA DAS DIVERSAS UNIDADES ELÉTRICAS

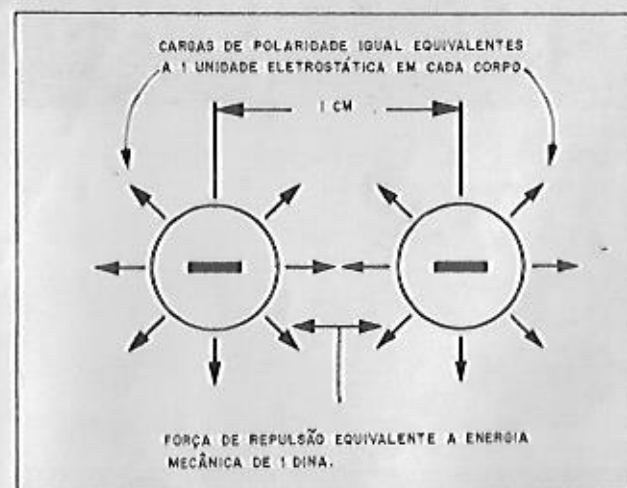


FIGURA 2

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA UNIDADE ELETROSTÁTICA

tricas que constituem *eletricidade em repouso* (armazenada).

A unidade eletrostática é definida como a quantidade de eletricidade de mesmo sinal (da mesma polaridade) que devem ter dois corpos, para que colocados a uma distância de 1 centímetro produzam entre eles a repulsão de 1 dina. (DINA é a unidade de força no sistema centímetro-grama-segundo. Dina é a força mecânica que imprime à massa de um grama uma aceleração constante de 1 centímetro por segundo ao quadrado).

Na figura 2 ilustramos graficamente a definição da unidade eletrostática. As linhas que partem dos dois corpos carregados com eletricidade negativa, equivalente a uma unidade eletrostática, representam a repulsão mecânica que é produzida entre eles, em virtude da lei que diz que polos de polaridade igual se repelem.

A unidade eletrostática raramente é utilizada, pois representa uma quantidade de eletricidade sumamente pequena para fins práticos; por esta razão, utilizamos uma unidade maior de eletricidade denominada COULOMB.

COULOMB - O Coulomb foi a primeira unidade prática de eletricidade utilizada, e tem esse nome em homenagem aos trabalhos de física realizados pelo grande cientista francês Charles Coulomb. Esta unidade equivale a 3.000.000.000 unidades eletrostáticas.

Até o momento, temos comparado as unidades de energia elétrica com o movimento ou trabalho mecânico que a eletricidade pode produzir, segundo a definição da unidade eletrostática. Contudo, em lições anteriores mencionamos que a unidade fundamental e menor da eletricidade negativa é o elétron. Portanto, tem que haver uma relação entre o Coulomb e o número de elétrons, pois o Coulomb representa uma quantidade definida de eletricidade. Esta relação é a seguinte: 1 (um) Coulomb representa a quantidade total de eletricidade que mantém ou produz uma diferença de 6.280.000.000.000.000 (6,28 x 10¹⁸) de elétrons. Em outras palavras, o Coulomb é a quantidade total de eletricidade produzida por um deslocamento de 6,28 x 10¹⁸ de elétrons.

corrente elétrica (Fluxo de elétrons).

Estas unidades são de grande importância nos trabalhos práticos de um técnico de eletrônica.

Apesar de que as primeiras unidades elétricas se refiram à eletricidade estática (sem aplicação prática), será necessário estudá-las a fim de que o aluno tenha base para entender as outras unidades utilizadas na prática.

UNIDADE ELETROSTÁTICA

Esta primeira unidade elétrica se aplica unicamente à *eletricidade estática*, isto é, àquelas cargas elétricas

Será necessário fazermos aqui um parêntese para explicar esta potenciação 10¹⁸. Este número 10, elevado à potência 18, evita escrever um número excessivo de zeros.

Exemplos:

$$\begin{aligned} 10^1 &= (10 \times 1) = 10 \\ 10^2 &= (10 \times 10) = 100 \\ 10^3 &= (10 \times 10 \times 10) = 1.000 \\ 10^4 &= (10 \times 10 \times 10 \times 10) = 10.000 \\ \text{etc...} \end{aligned}$$

6,28 x 10¹⁸ é igual a 6 quilhões e 280 quatrilhões, isto é, o expoente indica o número de vezes que temos que multiplicar por si mesmo a base, para obter o valor total. Em 10³ o número 10 é a base e o número 3 é o expoente.

Retornando à nossa comparação da corrente elétrica com a corrente de água no cano, poderíamos dizer que o Coulomb equivale aos litros de água no reservatório, podendo ser gasto a qualquer momento a uma determinada velocidade, conforme ilustra a figura 3.

O Coulomb é, pois, a unidade de eletricidade que representa a *quantidade total de eletricidade disponível*.

Contudo, nos trabalhos práticos com aparelhos eletrônicos, raras vezes nos interessa saber a quantidade total de eletricidade disponível, mas sim sua *intensidade*, isto é, o número de elétrons que passa por segundo pelo circuito. Em outras palavras, usando a analogia anterior, não nos interessa saber exatamente a quantidade disponível de água no reservatório, e sim a *velocidade* de circulação da água pelo cano, e que podemos expressar em litros por segundo.

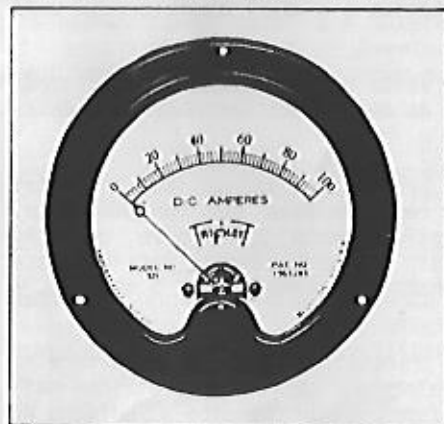


FIGURA 4

O AMPERÍMETRO (INDICADOR DE INTENSIDADE DE CORRENTE)

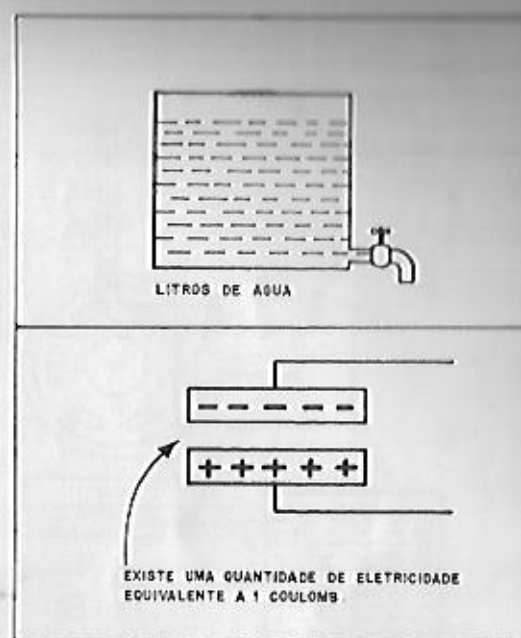


FIGURA 3

O COULOMB INDICA A QUANTIDADE TOTAL DE ELETRICIDADE

Como já dissemos em lição anterior, a eletricidade não permanece estacionária, mas em contínuo movimento (corrente de elétrons). Por esta razão, nos interessa especialmente as unidades de eletricidade que se referem à *eletricidade em ação*, como por exemplo a unidade que expressa o número de elétrons por segundo, que passam por um determinado circuito.

UNIDADES DE INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA

AMPÈRE - O ampère é a unidade uti

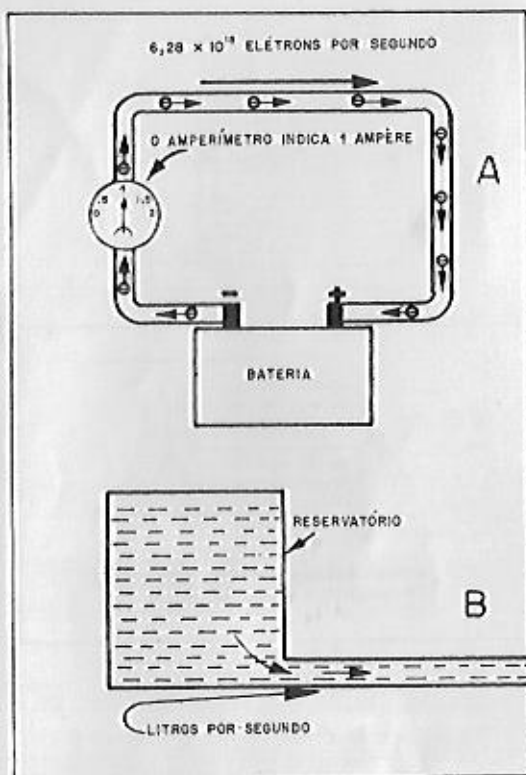


FIGURA 5

UM AMPÈRE É UMA CORRENTE DE ELÉTRONS A UMA VELOCIDADE DE $6,28 \times 10^{18}$ DE ELÉTRONS POR SEGUNDO

tância, porque se referem à eletricidade estática e o que nos interessa mais é a eletricidade dinâmica.

Porém, é de grande importância que se saiba o significado e a definição de Ampère, pois ele é a base para entender as definições das outras unidades elétricas.

Na figura 6 mostramos alguns exemplos práticos da intensidade de eletricidade que os diversos aparelhos elétricos requerem para seu funcionamento. Uma lâmpada incandescente comum consome aproximadamente 0,5 ampère, um receptor de rádio à válvula 0,75 ampère, enquanto que uma lâmpada incandescente maior 1 ampère. Um ferro de passar roupa consome aproximadamente 5 ampères, e um motor de 10 HP 75 ampères.

MILIAMPÈRE - Válvulas eletrônicas, transistores, bem como determina dos circuitos de um receptor requerem, geralmente, correntes elétricas mais baixas que 1 ampère. Por esta razão, utilizamos frequentemente a unidade de intensidade elétrica **MILIAMPÈRE**, isto é, a milésima parte de 1 ampère (0,001 ampère); 1 ampère é igual a 1.000 miliampères.

Exemplo: 0,75 ampère é igual a 750 miliampères ($0,75 \times 1.000 = 750$).

lizada para indicar a intensidade ou a quantidade de eletricidade que flui por segundo, num circuito elétrico. A passagem de $6,28 \times 10^{18}$ de elétrons, num determinado ponto de um circuito em 1 segundo, corresponde a 1 ampère (figura 5A).

Retornando à nossa analogia com a corrente de água através do cano, o ampère equivale ao número de litros de água por segundo que fluem pelo cano e que podem ser indicados por um medidor de água (figura 5B). Neste caso da água, os elétrons poderiam estar representados pelas gotas da água que fluem pelo cano.

Como o ampère se refere aos elétrons em movimento, ele é uma unidade elétrica *dinâmica* (em ação). O ampère representa exatamente o mesmo número de elétrons que o Coulomb; mas o Coulomb não é utilizado como unidade elétrica porque ele não se refere à *eletricidade em ação* (ele não leva em conta o tempo).

Na página anterior mencionamos a unidade eletrostática e o Coulomb para explicar as procedências das outras unidades, e para tornar a explicação mais completa. Contudo, para o nosso estudo, estas unidades não têm muita importância.

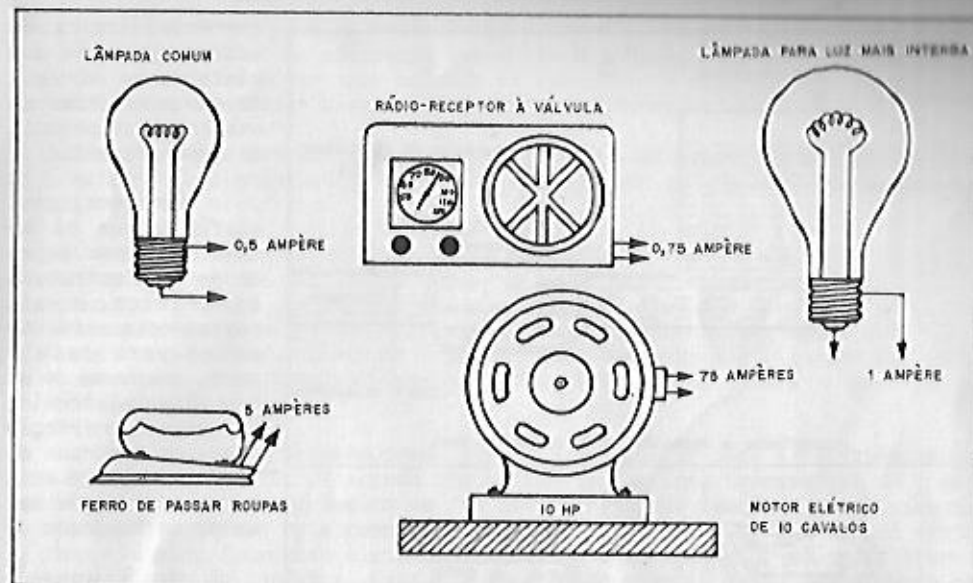


FIGURA 6

CONSUMO EM AMPÈRES DE DIVERSOS APARELHOS ELÉTRICOS

Outra razão importante para se entender o que é **AMPÈRE**, é que todos os efeitos da eletricidade (calor, luz artificial, ondas eletromagnéticas, etc.) dependem da intensidade do fluxo de elétrons, que é expresso em *ampères*, e não em elétrons por segundo. Se fôssemos expressar o fluxo de elétrons em elétrons por segundo, a quantidade de elétrons em número daria um número astronômico.

Por exemplo, a luz artificial, produzida pelas lâmpadas incandescentes, é devida à fricção dos elétrons no filamento, elevando, desta forma, a temperatura a tal ponto, que o filamento se torna incandescente. Por esta razão, quanto maior for a corrente que possa fluir do filamento de uma lâmpada, maior será também a intensidade de luz produzida.

UNIDADE DE RESISTÊNCIA E OPOSIÇÃO À PASSAGEM DE UMA CORRENTE ELÉTRICA

Numa lição anterior, dissecamos que a condutibilidade elétrica dos metais é devida ao desprendimento fácil de elétrons de órbitas exteriores de um átomo a outro, facilitando assim o seu fluxo (corrente eletrônica). Ainda que os metais sejam os melhores condutores de eletricidade, em virtude de suas estruturas atômicas, eles sempre oferecem certa oposição (**RESISTÊNCIA**) à passagem da

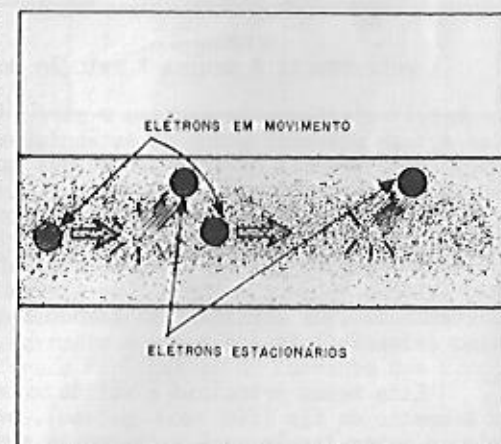


FIGURA 7

OS ELÉTRONS EM MOVIMENTO SE CHOCAM COM OS ELÉTRONS DOS ÁTOMOS DO CONDUTOR, ENCONTRANDO, ASSIM, UMA RESISTÊNCIA OU OPOSIÇÃO À SUA PASSAGEM

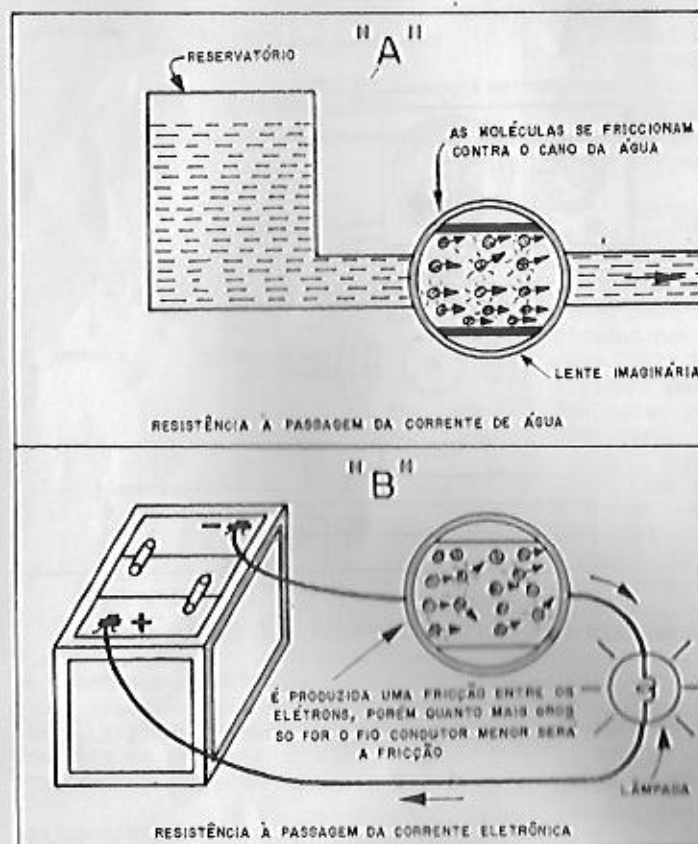


FIGURA 8
A RESISTÊNCIA É DEVIDA À FRICÇÃO DOS ELÉTRONS

um metal relativamente escasso e caro. Por esta razão, é utilizado o fio de Cobre, que oferece menos resistência depois da Prata, além de ser mais abundante e mais fácil de se obter do que esta.

Utilizando novamente a analogia com o sistema hidráulico ilustrado na figura 8, podemos dizer que a resistência elétrica equivale também à resistência por fricção, que um cano de água oferece à passagem da água. Num sistema hidráulico, quanto maior o diâmetro do cano, mais fácil será a passagem da corrente de água e maior será também a quantidade de litros por segundo que o cano deixará fluir.

Este mesmo princípio é válido no caso da corrente elétrica: quanto maior o diâmetro do fio (fio mais grosso), menor será a resistência oferecida por ele, e maior também será o número de ampères que o fio poderá conduzir. A explicação é simples: quanto mais grosso (relativamente) for o fio, maior será também o número de elétrons livres que se moverão, permitindo, assim, uma melhor passagem da corrente (figura 8B).

Como a resistência de um condutor apresenta certa oposição (limitação) à passagem da corrente elétrica, este fator deve ser tomado muito em conta nos

corrente elétrica, devido à fricção dos elétrons em movimento com os elétrons da órbita exterior de cada átomo de metal.

Portanto, a resistência que os metais oferecem depende de sua estrutura eletrônica, e esta resistência varia de metal para metal, pois, conforme a estrutura eletrônica dos metais, a fricção entre os elétrons em movimento com os elétrons estacionários pode ser maior ou menor.

Na figura 7 ilustramos graficamente a fricção (choque) dos elétrons em movimento com os do condutor, isto é, a oposição ou a resistência elétrica que os condutores apresentam à passagem da eletricidade. De todos os metais, o que menos resistência oferece à passagem da corrente elétrica é a Prata; mas ela é

circuitos elétricos, pois a resistência determina, em parte, a quantidade de corrente (quantidade de elétrons) que o circuito pode conduzir. Por esta razão, foi preciso escolher uma unidade de resistência como padrão, ou como referência, para expressar a resistência dos condutores.

Esta unidade padrão recebeu o nome de *OHM*, em homenagem ao grande físico e matemático alemão Georg Simon Ohm, descobridor da relação que existe entre as unidades elétricas.

O OHM COMO UNIDADE DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA - Com a finalidade de obter uma unidade de referência, em comparação com a qual se pudesse especificar a resistência elétrica que um determinado metal ou circuito apresenta à passagem de uma corrente elétrica, foi convencionado internacionalmente que 1 *OHM* equivale à resistência oferecida à passagem da corrente elétrica por uma coluna de Mercúrio, de diâmetro constante, com 106,3 cm de altura e um peso de 14,4521 gramas, a 0°C.

Utilizando esta unidade como padrão, foi especificada a resistência em *OHMS* dos demais metais, de acordo com o diâmetro ou área transversal do condutor. Além disso, o comprimento do fio condutor influi também na resistência do mesmo pois, quanto mais comprido for o condutor, maior será também o trajeto dos elétrons (corrente elétrica), e maior a fricção dos elétrons livres com os elétrons do condutor. Esta foi a razão de especificar o comprimento da coluna de Mercúrio em 1,06 metro. Como exemplo, veja nesta Tabela A.W.G. ou B&S, alguns calibres do fio de cobre.

TABELA

Número do fio (calibre)	Resistência em ohms em cada 100 metros	Diâmetro em milímetros	Capacidade em ampères
9	0,265	2,91	8,7
11	0,421	2,30	5,5
13	0,670	1,83	3,5
15	1,07	1,45	2,2
17	1,69	1,15	1,3

Nesta tabela notamos que, à medida que reduzimos o diâmetro do fio, diminuímos a quantidade de ampères que o fio pode conduzir. A mesma coisa sucede num sistema hidráulico: quanto menor o diâmetro do cano, menos litros de água por segundo fluirão pelo sistema hidráulico.

RELAÇÃO ENTRE A RESISTÊNCIA E O NÚMERO DE AMPÈRES QUE FUEM PELO CIRCUITO - Pelas explicações dadas até agora, compreendemos que se aumentamos a resistência de um circuito elétrico, a corrente que por ele flui diminui, pois a maior oposição que a resistência oferece fará baixar a corrente que circula pelo circuito.

Em outras palavras: a resistência é inversamente proporcional à corrente (corrente). Para reduzir a corrente de um circuito elétrico, aumentamos a resistência, e para aumentar a corrente, diminuímos a resistência.

Para aumentar ou reduzir a resistência num circuito elétrico, utilizamos *REOSTATOS* ou *POTENCIÔMETROS*. Na figura 9 mostramos um reostato; ele consiste de um fio especial chamado Níquel-Cromo, ou Nicromo, enrolado em forma

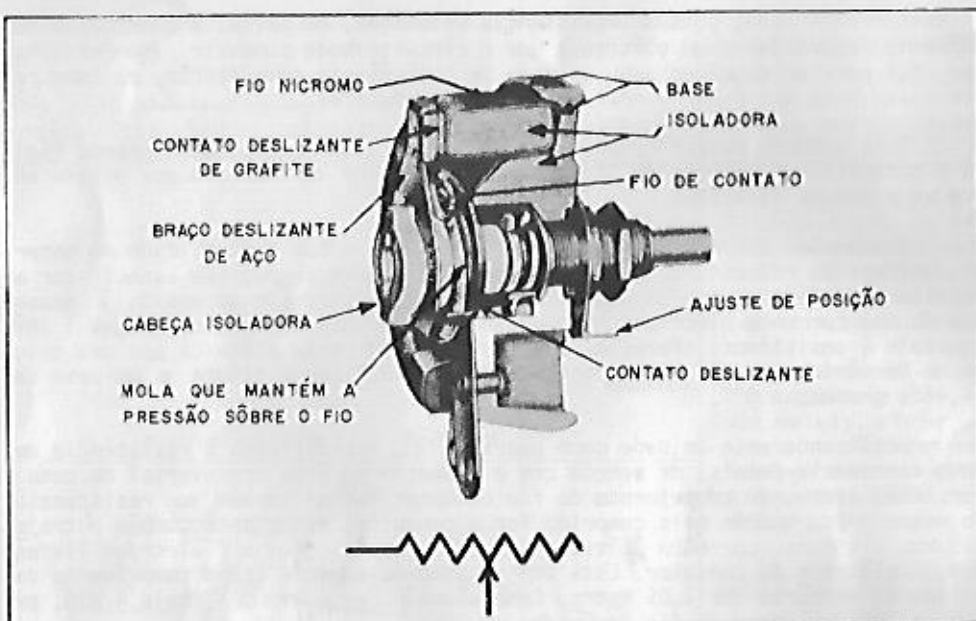


FIGURA 9
CORTE TRANSVERSAL E SÍMBOLO DE UM REOSTATO

de espiral, numa base isolada, sobre a qual desliza um braço móvel que faz contato com qualquer ponto da espiral; desta forma, o braço aumenta ou diminui o comprimento do fio no circuito, obtendo-se, assim, uma resistência variável.

Na parte inferior da figura 9 ilustramos o símbolo de um resistor variável que, em nosso caso, é o símbolo do reostato.

Apesar de todos os condutores apresentarem resistência, esta não é representada nos diagramas, salvo nos casos em que a resistência é considerável.

O potenciômetro, semelhante ao reostato, é utilizado como controle de volume em aparelhos de rádios-receptores, transmissores e televisores. Ele aumenta ou diminui a resistência do circuito, com a diferença que, neste caso, o potenciômetro não utiliza fio, mas uma película especial à base de grafite ou carvão; o efeito produzido é o mesmo.

UNIDADE DE PRESSÃO ELÉTRICA OU DIFERENÇA DE POTENCIAL

Numa lição anterior mencionamos que a unidade elétrica utilizada para indicar o desequilíbrio entre o número de elétrons num condutor é o **VOLT**.

Esta unidade é conhecida também como *unidade de diferença de potencial* ou *unidade de força eletromotriz*, pois é a força que sempre deve existir para produzir um fluxo de corrente elétrica.

O **VOLT** é a unidade de pressão elétrica ou f.e.m.; ele corresponde à pressão elétrica ou força eletromotriz necessária para fazer circular uma corrente

te de 1 ampère por um circuito, cuja resistência é de 1 ohm. Na figura 10 ilustramos esta definição.

Retornando à analogia da corrente elétrica com um sistema hidráulico, podemos dizer que a tensão ou número de volts que existe no circuito corresponde à pressão que um sistema hidráulico deve ter para haver fluxo de água (figura 10B).

Os técnicos de hoje podem dispor de aparelhos eletrônicos de medição, que indicam com precisão a *corrente*, a *tensão* e a *resistência* de um circuito. Estes aparelhos são conhecidos, respectivamente, como *amperímetros* (ou *miliamperímetros*, se estiverem calibrados em miliampères), *voltímetros*, se estiverem calibrados em volts e *ohmímetros*, se estiverem calibrados em ohms.

Na figura 11 ilustramos quatro tipos de medidores, com seus respectivos símbolos, utilizados nos diagramas.

Quando o único aparelho de medição é a combinação de voltímetro, amperímetro (miliamperímetro ou microamperímetro) e ohmímetro, este instrumento de medição é conhecido pelo nome de *multímetro* (*multitester*, em inglês).

RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO E A CORRENTE DE UM CIRCUITO

O que sucederá a um encanamento de água se aumentamos a pressão do reservatório de água? A resposta é simples: aumentará o fluxo de água por segundo no encanamento.

Num circuito elétrico sucede a mesma coisa, quando aumentamos a tensão (diferença de potencial que existe entre dois pontos). Aumentando a pressão elétrica, o fluxo de elétrons (corrente elétrica) se moverá com mais velocidade, aumentando a intensidade (amperagem)

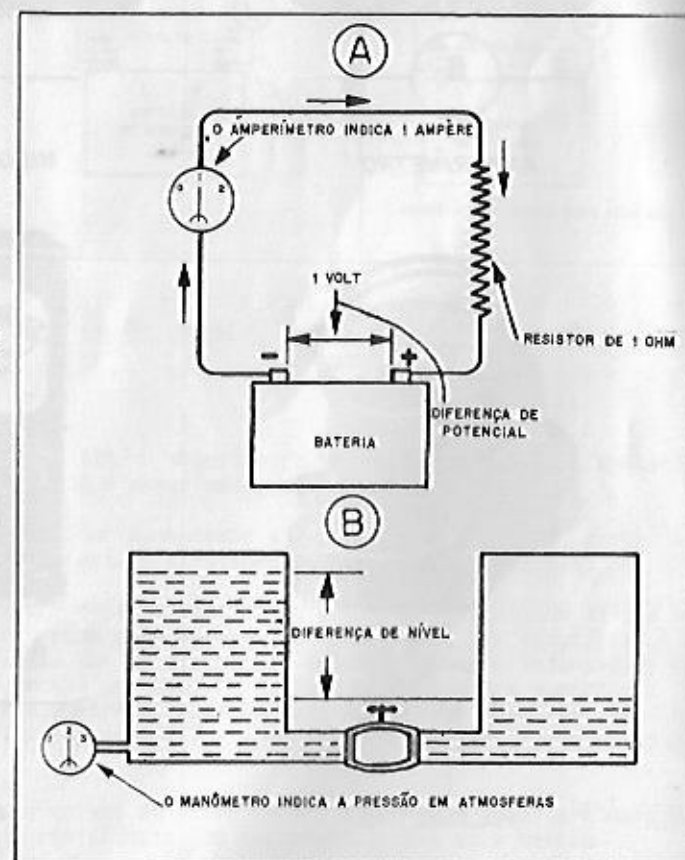
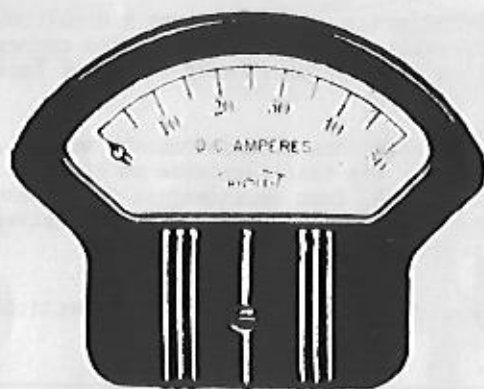


FIGURA 10
UM VOLT É A PRESSÃO ELÉTRICA NECESSÁRIA PARA QUE FLUA UMA CORRENTE DE UM AMPÈRE POR UM CIRCUITO QUE TEM UM OHM DE RESISTÊNCIA



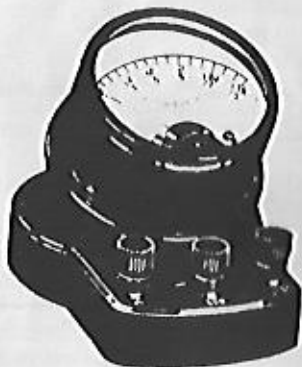
A

AMPERÍMETRO



mA

MILIAMPERÍMETRO



V

VOLTÍMETRO

 Ω

OHMÍMETRO

FIGURA 11

AMPERÍMETRO, MILIAMPERÍMETRO, VOLTÍMETRO, OHMÍMETRO E SEUS RESPECTIVOS SÍMBOLOS

gem) da corrente elétrica (figura 12B).

Aumentando a tensão (força eletromotriz de um circuito elétrico), aumentará também a corrente (intensidade da corrente elétrica que flui por ele); desta forma, obteremos efeitos de maior intensidade, como mais calor, ondas eletromagnéticas de maior amplitude, maior luminosidade, etc. Na figura 13 ilustramos graficamente este princípio.

Tanto na figura 13A como na figura 13B, a resistência elétrica do circuito é a mesma (2 ohms), e a única variação está na tensão. No circuito da figura 13A utilizamos uma bateria que fornece 4 volts, enquanto que no circuito da figura 13B, uma bateria de 8 volts.

No circuito da figura 13A o amperímetro nos indica 2 ampêres, enquanto que no circuito da figura 13B o amperímetro nos indica 4 ampêres.

Lembre-se, pois, que, se aumentamos a tensão de um circuito, também aumentamos a corrente, porque esta é diretamente proporcional à tensão.

Em parágrafo anterior desta lição, ao falarmos da relação que existe entre o número de ohms e o número de ampêres, dissemos que, se reduzíssemos o número de ohms (resistência de um circuito), aumentaríamos a intensidade da corrente elétrica que circula por ele. Portanto, se desejarmos aumentar a intensidade de uma corrente elétrica, podemos fazê-lo de duas maneiras: 1ª - reduzindo a resistência do circuito; 2ª - aumentando a tensão (força eletromotriz) aplicada.

Se fizermos as duas coisas ao mesmo tempo, a corrente aumentará mais do que se reduzíssemos só a resistência, ou se aumentássemos só a tensão.

RELAÇÃO ENTRE A RESISTÊNCIA E A TENSÃO - Nos casos em que a fonte de força eletromotriz (tensão) fornecer tensão mais alta do que realmente é necessário, é possível reduzir esta tensão intercalando um resistor no circuito, a fim de que ele reduza parte dessa tensão. Ao intercalar um resistor, grande parte da pressão elétrica se gasta em vencer a oposição que ele apresenta à

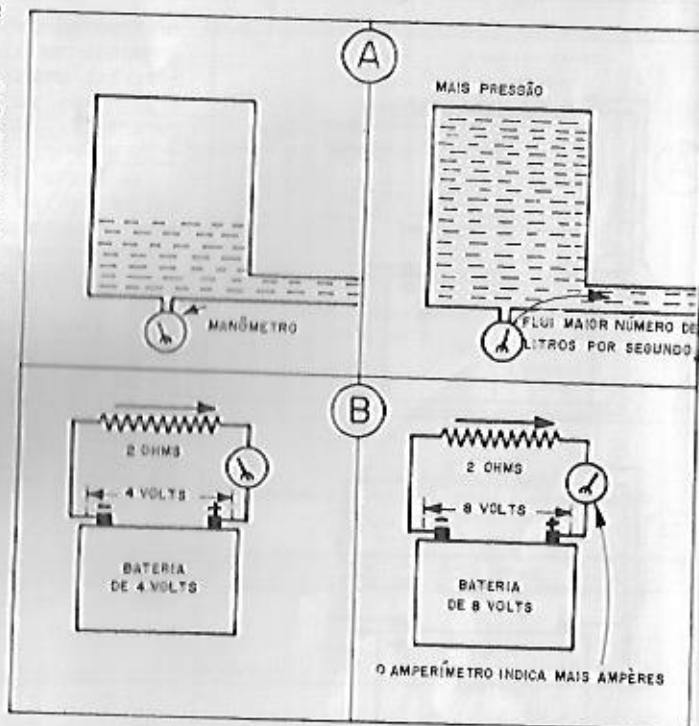


FIGURA 12

SE A TENSÃO DE UM CIRCUITO AUMENTA, A CORRENTE TAMBÉM AUMENTA

passagem da corrente elétrica, transformando em calor parte da energia elétrica produzida pela fonte, como ilustramos na parte superior da figura 14.

Nesta ilustração, observamos que a tensão depois do resistor é menor do que antes dele; por isso, dizemos que um resistor produz uma queda de tensão.

Como ilustramos na parte inferior da figura 14, a intercalação de um resistor num circuito elétrico equivale a abrir um orifício no encanamento, pois a pressão diminui devido ao escapamento da água. Contudo, no caso do circuito elétrico, os elétrons não escapam, mas produzem calor ao vencer a resistência. Nas próximas páginas desta lição encontraremos explicações adicionais a este respeito.

RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO, A RESISTÊNCIA E A CORRENTE - Pelas explicações dadas até agora a respeito das unidades elétricas, deduzimos que estas apresentam relações entre si pois, se uma aumenta de valor, a outra diminui ou aumenta de valor, conforme a unidade.

Esta relação correspondente à Lei de Ohm é tão exata, que podemos expressá-la matematicamente. Esta é uma das leis de maior importância em todos os trabalhos de eletrônica, já que nos permite calcular matematicamente a terceira unidade elétrica, quando conhecemos duas delas.

Por exemplo: é possível calcular a corrente que é aplicada num circuito, quando conhecemos a tensão e a resistência deste circuito, ou calcular a tensão, quando conhecemos a corrente e a resistência, etc.

A lei de Ohm diz que a intensidade da corrente em qualquer circuito é calculada dividindo-se a tensão (força eletromotriz) pela resistência do circuito. Em outras palavras, a lei diz que o número de ampères que flui por um circuito é calculado dividindo-se a tensão aplicada ao circuito pela resistência do mesmo.

Para expressar matematicamente esta fórmula, utilizamos a letra "I" (intensidade da corrente); a letra "E" (força eletromotriz ou tensão); e a letra "R" (resistência). Por esta razão, a Lei de Ohm diz que $I = E \div R$, ou

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

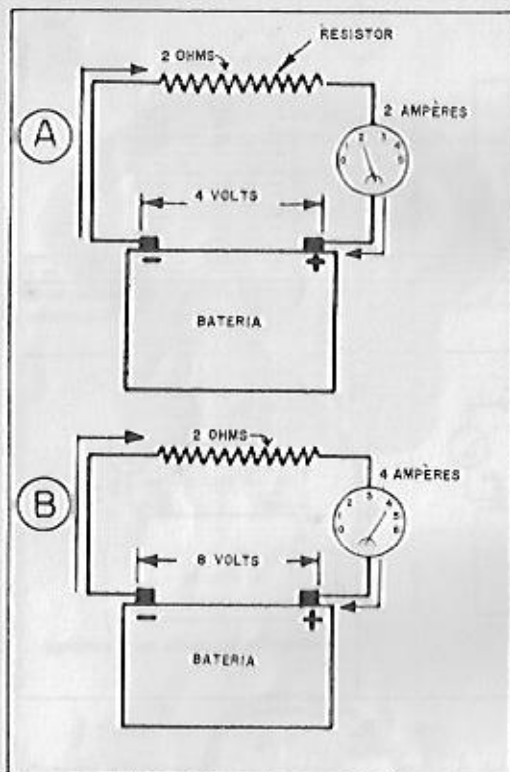


FIGURA 13

SE AUMENTARMOS A TENSÃO E A RESISTÊNCIA PERMANECER CONSTANTE, A CORRENTE AUMENTARÁ

Ao utilizar esta fórmula, as letras anteriores são substituídas pelos valores numéricos das unidades que representam. Por exemplo: se a tensão aplicada ao circuito, cuja corrente desejamos conhecer, for de 6 volts e a resistência de 2 ohms, ao substituir na fórmula as iniciais pelos valores das unidades que representam, teremos:

$$I = E \div R$$

$$I = 6 \div 2$$

$$I = 3$$

Isto é, como I representa a corrente, pelo circuito fluem 3 ampères. Isto quer dizer que, se conhecermos a tensão aplicada ao circuito e a resistência do mesmo, poderemos saber exatamente qual é o número de ampères que flui pelo

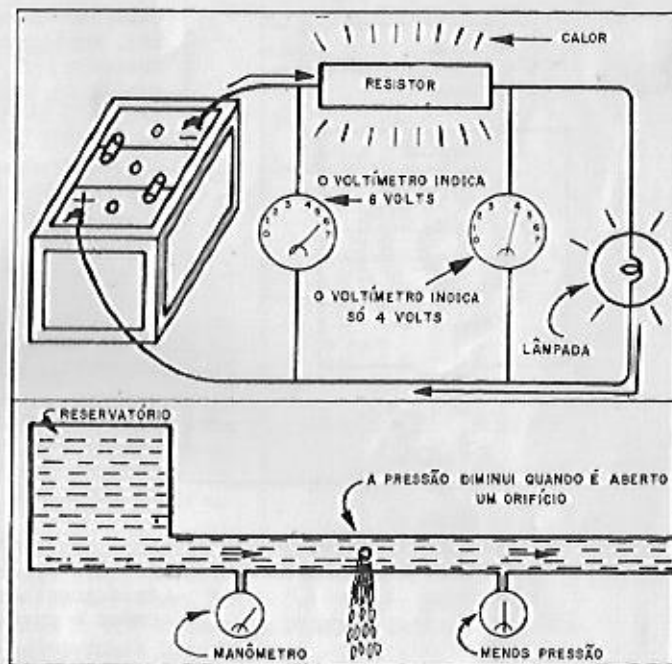


FIGURA 14

INTERCALANDO-SE UM RESISTOR AO CIRCUITO; A TENSÃO SE REDUZ

circuito, mesmo não tendo nenhum amperímetro em mãos.

Exemplo: Retornando à figura 13A, suponha que desconhecemos qual é a corrente que flui por este circuito. Aplicando a lei de Ohm, $I = E \div R$, e substituindo os valores conhecidos (4 volts e 2 ohms), teremos:

$$I = 4 \div 2 = 2$$

Isto é, pelo circuito flui uma corrente com uma intensidade de 2 ampères.

No caso da figura 13B, calculando a corrente pela Lei de Ohm, teremos:

$$I = 8 \div 2 = 4$$

Isto é, a intensidade da corrente que flui por este circuito é de 4 ampères.

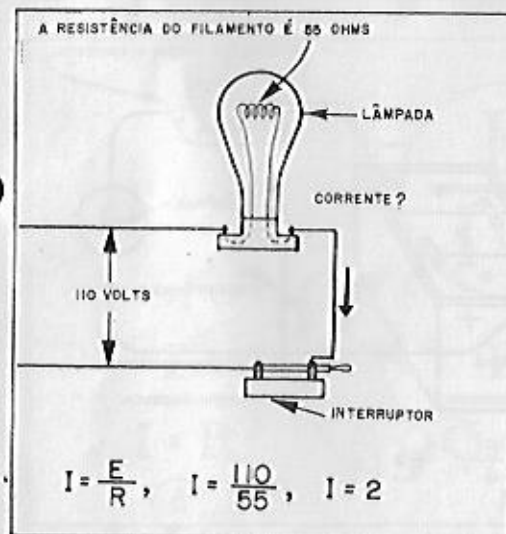


FIGURA 15
CÁLCULO DA CORRENTE QUANDO SE CONHECE A TENSÃO E A RESISTÊNCIA

$$I = \frac{E}{R}, \quad I = \frac{110}{55}, \quad I = 2$$

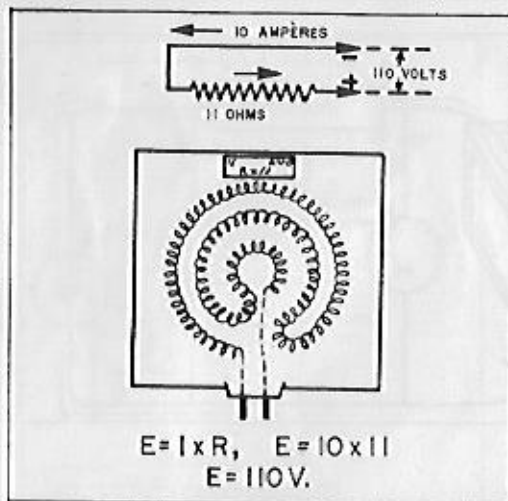


FIGURA 16

A MANEIRA DE CALCULAR A TENSÃO QUANDO SE CONHECE A CORRENTE E A RESISTÊNCIA

Exemplo: Suponhamos que possuímos um aquecedor elétrico, do qual desapareceu a indicação da tensão; contudo, há uma indicação de 10 ampères para a corrente e de 11 ohms para a resistência do elemento calefator. Aplicando a fórmula $E = I \times R$, teremos:

$$E = 10 \times 11 = 110 \text{ volts}$$

Isto é, o elemento calefator requer uma f.e.m. de 110 volts (figura 16).

A fórmula da Lei de Ohm, $R = E \div I$, é utilizada nos casos em que desconhecemos a resistência, mas conhecemos a tensão e a corrente. Por exemplo, suponhamos que temos uma lâmpada de automóvel ligada a uma bateria, e sabemos que a tensão da bateria é de 6 volts (figura 17).

Um amperímetro intercalado ao circuito (os amperímetros são sempre ligados em série com o circuito sob medição) indica que a corrente que a lâmpada consome é de 4 ampères. Querendo saber qual é a resistência do filamento desta lâmpada, aplicamos a fórmula

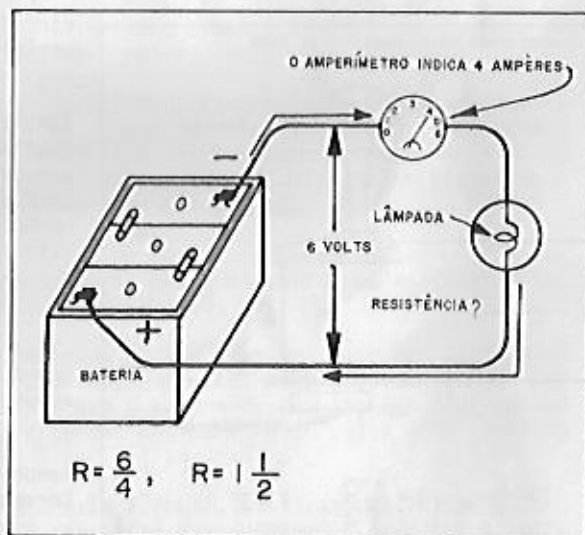


FIGURA 17

A MANEIRA DE CALCULAR A RESISTÊNCIA QUANDO SE CONHECE A TENSÃO E A CORRENTE

Na figura 15 ilustramos outro exemplo da aplicação prática desta Lei. Neste caso, há uma lâmpada incandescente, cujo filamento recebe uma tensão de 110 volts, e a sua resistência é de 55 ohms. Desejamos saber qual é a intensidade da corrente que flui pelo filamento, então temos nenhum amperímetro. Utilizando a lei de Ohm, teremos:

$$I = 110 \div 55 = 2$$

Isto é, a intensidade da corrente que flui pelo circuito é de 2 ampères.

Apesar da fórmula original da Lei de Ohm ser $I = E \div R$, pelas regras matemáticas podemos convertê-la em $E = I \times R$ e $R = E \div I$.

A fórmula da Lei de Ohm, $E = I \times R$, é aplicada nos casos onde desconhecemos a tensão, mas conhecemos a corrente e a resistência.

$$Ia \quad R = E \div I.$$

$$R = 6 \div 4 = 1,5 \text{ ohms.}$$

Isto é, a resistência da lâmpada é de 1,5 ohm (1 ohm e meio).

Vejamos outro exemplo, onde podemos calcular a resistência em ohms de um circuito, quando conhecemos a tensão e a corrente que circula por ele (figura 18). Temos um ferro de passar roupas, cujas especificações indicam que é para uma tensão de 110 volts, e que requer uma corrente de 5 ampères. O elemento de resistência (liga conhecida como Nicromo) foi destruído quase totalmente, e só sabemos que o fio é de calibre 22. Consultando as tabelas de resistência por metro, encontramos que o fio de Níquel-Cromo, calibre 22, tem uma resistência de 7 ohms por metro.

Mas, não sabemos que comprimento de fio tem o ferro e nem sabemos ainda a resistência total em ohms que ele deve ter. Só sabemos que este ferro elétrico requer 110 volts e 5 ampères. Aplicando a Lei de Ohm, $R = E \div I$, podemos calcular a resistência.

$$R = 110 \div 5 = 22 \text{ ohms}$$

Isto é, a resistência total deve ser de 22 ohms.

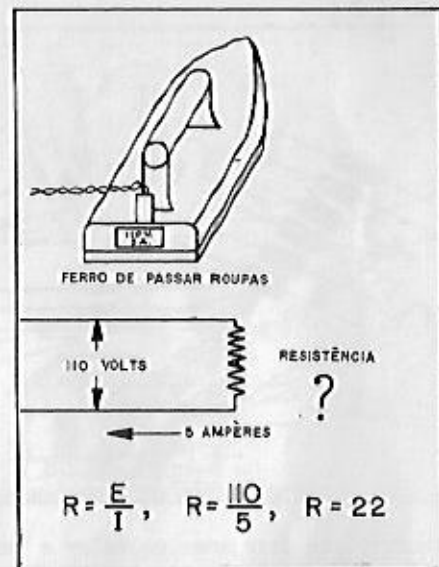


FIGURA 18

A MANEIRA DE CALCULAR UMA RESISTÊNCIA

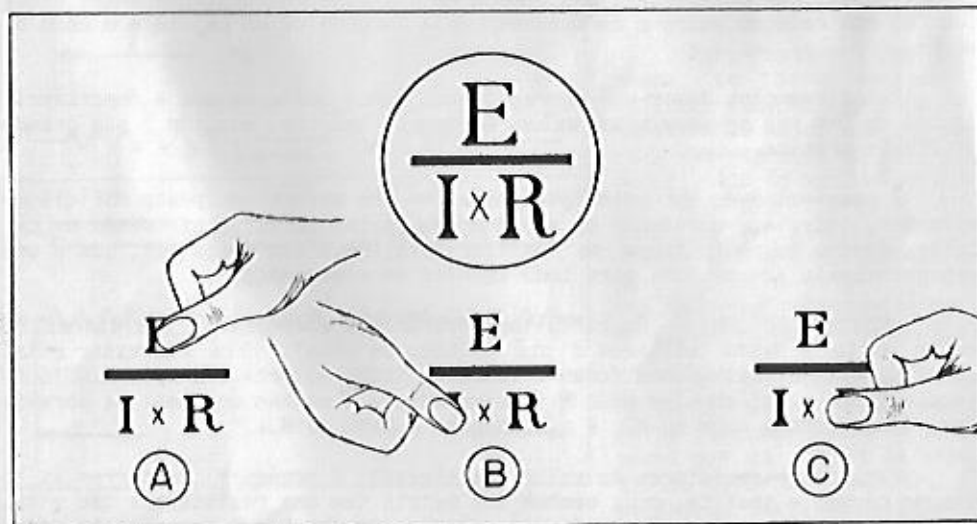


FIGURA 19

UMA MANEIRA DE MEMORIZAR FACILMENTE A LEI DE OHM

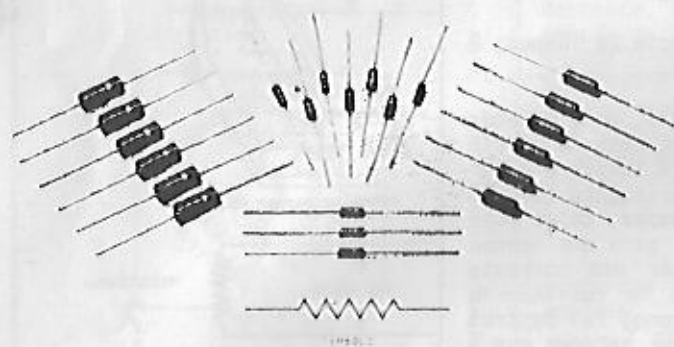


FIGURA 20
VÁRIOS TIPOS DE RESISTORES DE CARVÃO

Por exemplo, se desejamos calcular a tensão, cobrimos com o dedo a letra que a representa, e o resto nos indica que devemos multiplicar a intensidade pela resistência, isto é, multiplicar o número de ampêres pelo número de ohms (figura 19A). Se queremos calcular a corrente, cobrimos com o dedo a letra "I" e a figura nos indica que devemos dividir o número de volts pelo número de ohms (figura 19B). Para calcular a resistência, cobrimos com o dedo a letra "R" e a figura nos indica que devemos dividir o número de volts pelo número de ampêres (figura 19C).

Lembre-se que a Lei de Ohm se refere à relação que há entre as três unidades elétricas fundamentais; contudo, isto não quer dizer que uma unidade seja igual a outra, pois cada uma delas é a medida de diferentes características elétricas. O que sucede é que sempre há uma relação constante entre elas, como há uma relação entre o comprimento e a largura de um objeto e o peso do mesmo.

Pelos exemplos dados até agora, já nos demos conta de que a importância da Lei de Ohm não se deve a um valor puramente teórico, mas sim à sua grande utilidade prática.

É possível que, no princípio, esta lei lhe pareça um pouco difícil de entender; todavia, repassando as explicações várias vezes, e efetuando os cálculos, dentro de pouco tempo se familiarizará com o uso dessa lei, que é uma das principais ferramentas para todo técnico de eletrônica.

MÚLTIPLO DO OHM - Em circuitos eletrônicos encontramos resistores de valor muito elevado (milhares e até milhões de ohms); para expressar estas quantidades elevadas de ohms foram criadas unidades maiores chamadas de **QUILOHM** (equivalente a mil ohms) e **MEGOHM** (equivalente a 1 milhão de ohms); a abreviação de Quilohm é Kohm ou KΩ e a de Megohm é Mohm ou MΩ.

Para obter resistores de valor tão elevado, é necessário recorrer às ligas de carvão e grafite, pois nenhum dos metais tem uma resistência tão alta, que permita obter tais valores de resistências em ohms, num comprimento consideravelmente reduzido. Estes resistores são adquiridos no mercado, de acordo com seu valor em ohms, e a sua capacidade de dissipação em watts. Na figura 20 mostramos alguns tipos desses resistores, como também seu símbolo elétrico

Como sabemos que o fio Nicromo tem uma resistência de 7 ohms por metro, dividimos 22 por 7 para obter seu comprimento: 3,1 metros. Desta forma, temos todos os dados necessários para a construção do elemento calefator do ferro de passar roupas.

Na figura 19 ilustramos uma maneira fácil para memorizar a Lei de Ohm. Quando desejamos calcular a unidade desconhecida, cobrimos a inicial desta com o dedo. Por

correspondente.

Contudo, há ligas especiais de Níquel e Cromo (fio níquel-cromo) que são utilizadas em aparelhos especiais a fim de aumentar a resistência do circuito. No caso das ligas, como no caso de todos os metais condutores de eletricidade, a resistência em ohms depende também do diâmetro do condutor, porque a resistência aumenta à medida que reduzimos o seu diâmetro. Entretanto, mesmo utilizando fio Nicromo, de calibre reduzido, não é possível obter na prática resistências maiores que 50.000 (50 Kohms) com estes fios.

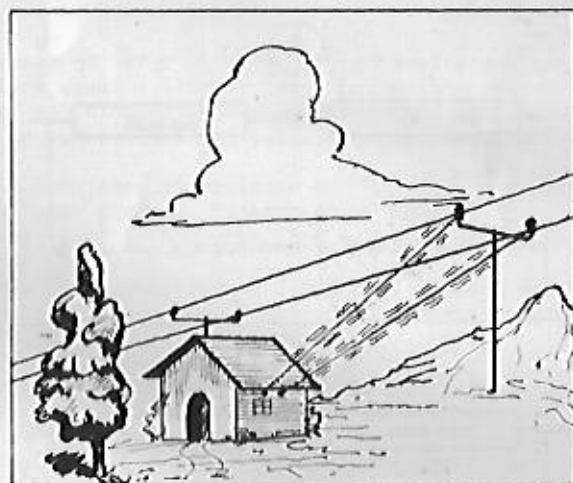


FIGURA 21
EXEMPLO DE UMA INDESEJÁVEL TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA EM CALOR

Em outros casos o problema é oposto, ou seja, é necessário manter a resistência do circuito tão baixa quanto possível, a fim de que possa fluir por ele a maior quantidade possível de ampêres. Este é o caso dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, pois os geradores elétricos (usinas hidroelétricas) estão muito distantes das cidades, e os fios condutores são demasiadamente compridos e, portanto, apresentam resistência bastante elevada.

Para resolver esse problema, se torna necessário utilizar fio de Cobre de diâmetro muito maior que, por sua vez, aumenta o custo da instalação; além de ser necessário utilizar mais Cobre, o custo total da instalação aumenta também, devido ao aumento do peso dos cabos exigir isoladores de maior resistência mecânica, torres mais sólidas, etc.

Mas isso tem que ser feito dessa maneira, senão seria muito limitado o número de ampêres que as linhas de transmissão poderiam conduzir, como também seria demasiadamente reduzida a tensão; como explicamos num parágrafo anterior, se aumentamos a resistência, a tensão diminui.

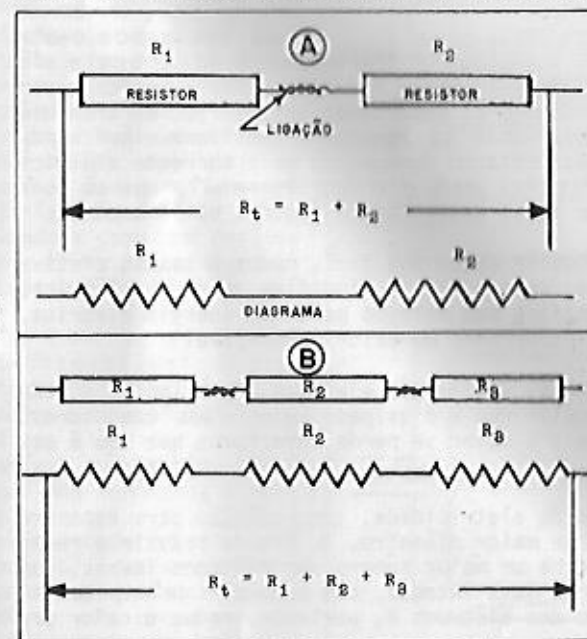


FIGURA 22
QUANDO LIGAMOS RESISTORES EM SÉRIE, A RESISTÊNCIA TOTAL É IGUAL À SOMA DOS RESISTORES INDIVIDUAIS

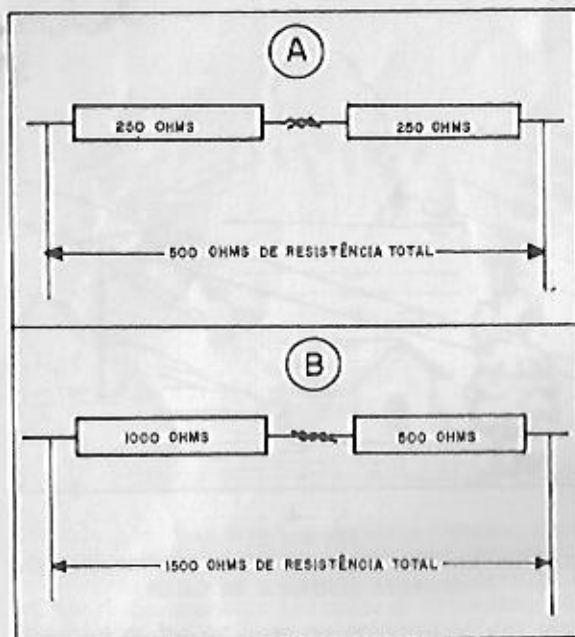


FIGURA 23
VALOR TOTAL DOS RESISTORES EM SÉRIE

trica em calor deve ser evitada, ou pelo menos reduzida a uma quantidade praticamente nula. Por exemplo, na figura 21 observamos que os fios de transmissão de corrente elétrica a uma casa estão se aquecendo consideravelmente, devido aos serviços elétricos da casa estarem consumindo mais corrente elétrica que a prevista na instalação, pois foi usado fio de calibre 11, que só pode conduzir 5,5 ampêres, e o consumo total desta casa é, agora, de 10 ampêres.

Esta condição, além de produzir calor nos fios, reduz a tensão efetiva aplicada aos aparelhos da casa; e, como a tensão significa pressão elétrica, se a pressão diminuir, isto significa que estamos perdendo energia elétrica, ou que a eletricidade está se transformando em calor indesejável.

Em nosso caso, a transformação da energia elétrica, que indica a redução da tensão, toma a forma de calor que é dissipado pelos fios condutores. Esta condição não é desejável, pois o calor se perde numa forma que não é utilizável.

Nos sistemas de transmissão de eletricidade, uma solução para este problema consiste em utilizar fios de maior diâmetro, a fim de reduzir a resistência, e para que o condutor tenha um maior número de elétrons livres, que permita uma circulação de corrente mais intensa, sem produzir calor; um fio de maior diâmetro evita a fricção dos elétrons e, portanto, reduz o calor produzido pela fricção.

Pelas explicações dadas até agora, deduzimos que certa quantidade de força elétrica (energia elétrica) se transforma em outra forma de energia, tal como em calor, em luz, etc. Isto indica claramente que a energia elétrica realmente não se destrói, mas se transforma em outra forma de energia.

TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA EM CALOR

Em Física e Química há um princípio que diz que a energia não é criada e nem destruída, mas simplesmente transformada em outra forma de energia. Por exemplo, ao fluir a corrente elétrica pelo filamento de uma lâmpada incandescente, é produzida uma grande quantidade de luz e calor, devido à fricção dos elétrons em movimento com os demais elétrons do átomo do filamento.

Em outras palavras, a energia elétrica aplicada à lâmpada não desaparece, mas se transforma em energia luminosa e calorífica. Outros exemplos são os aquecedores elétricos, os motores elétricos, etc., que transformam a energia elétrica em calor e em energia mecânica, respectivamente.

Em muitos casos, esta transformação de energia elétrica

LIGAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE

Ligando dois ou mais resistores em série (figura 22), o resultado é que a resistência total do circuito será igual à soma de todos os resistores individuais. Isto é lógico, visto que, ao introduzirmos mais resistores no circuito, obteremos o mesmo efeito que se aumentássemos o valor de um só resistor.

Por exemplo, suponhamos que desejamos um resistor de 500 ohms e só temos em mãos dois resistores de 250 ohms cada um. Ligando-os da maneira indicada pela figura 23 A obteremos um resistor de 500 ohms ($250 + 250$ ohms).

Outro exemplo: se necessitamos de um resistor de 1.500 ohms e temos dois resistores, um de 1.000 ohms e outro de 500 ohms, ligando-os em série obteremos um resistor de 1.500 ohms (figura 23B).

Se temos três resistores de 10.000 ohms cada um e necessitamos de um resistor de 30.000 ohms, basta ligar os três resistores em série.

Tenha sempre presente que, quando ligamos dois ou mais resistores em série, a resistência total é igual à soma dos resistores individuais.

Com os exemplos e explicações dadas nesta lição, o aluno já deve ter percebido que toda informação sobre as unidades elétricas fundamentais, e sua relação entre elas (a lei de ohm), tem grande utilidade prática e contribuem para entender melhor a eletricidade, já que permitem manejar a, medindo-a e calculando-a como uma realidade, e não como algo abstrato.

Por esta razão, é indispensável que todo técnico de eletrônica conheça e diferencie as unidades elétricas, do contrário não saberá o porquê dos fenômenos elétricos, e o seu trabalho será muito deficiente e de possibilidades reduzidas, pois a eletrônica deixou de ser um campo para experimentadores, sem nenhuma preparação teórica. A Eletrônica exige verdadeiros técnicos!

À medida que o alu

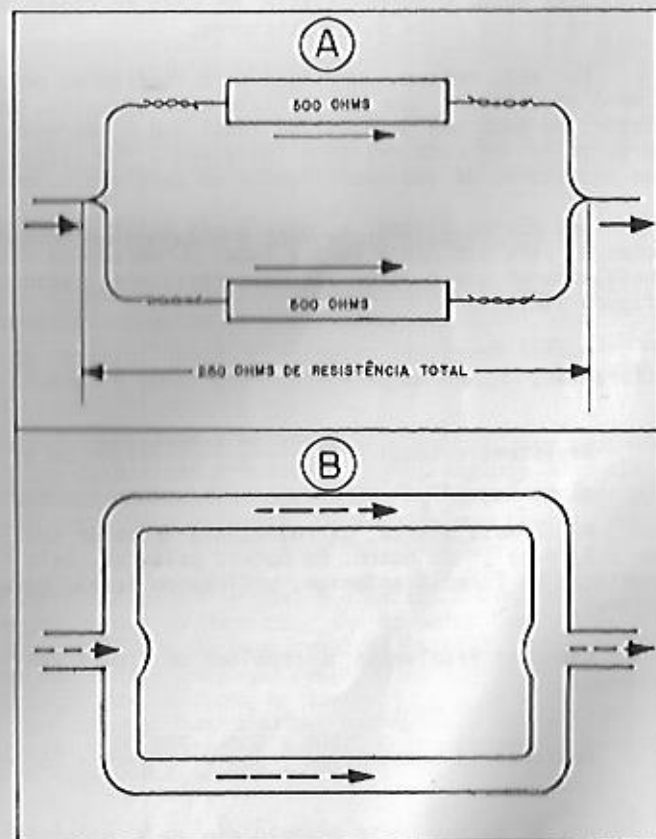


FIGURA 24
LIGAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO E SUA EQUIVALÊNCIA COM UM SISTEMA HIDRÁULICO

no continuar seus estudos, suas dúvidas irão se aclarando e o estudo dos princípios eletrônicos irá se tornando cada vez mais fascinante.

LIGAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO

Em alguns casos, os problemas que se apresentam ao técnico de eletrônica consistem em obter resistores de menor valor daqueles que ele tem em mãos. Para obter resistores de menor valor, é suficiente ligar os resistores disponíveis em paralelo, conforme mostra a figura 24A.

Neste caso, vamos supor que só temos dois resistores de 500 ohms cada um e que somente necessitamos de um resistor de 250 ohms. Ligando estes resistores de acordo com a figura 24A, sucederá algo semelhante ao ilustrado no sistema hidráulico da figura 24B. Neste caso, temos dois tubos (canos) ligados em paralelo; com este tipo de ligação, a água circulará pelos dois ao mesmo tempo. Por esta razão, se os diâmetros dos dois tubos forem iguais, a oposição à passagem da água pelos dois canos (tubos) será somente a metade da oposição que ofereceria um só cano (tubo).

Esta mesma situação existe no caso da figura 24A, pois a corrente elétrica se divide pelos dois resistores.

Por este motivo, ao ligar dois resistores em paralelo, só a metade do número de elétrons que devem fluir pelo circuito tem que passar por cada resistor, de modo que a oposição total que a corrente encontra é também a metade do valor de cada resistor individual. Por isso, a resistência combinada dos resistores de 500 ohms ligados em paralelo é, neste caso, de 250 ohms.

Sem dúvida alguma, a resistência total obtida da ligação dos dois resistores em paralelo não é sempre igual à metade do valor dos resistores individuais, a menos que o valor dos dois resistores ligados em paralelo seja igual (figura 24A).

Quando desejamos calcular o valor total de dois resistores de valores diferentes, ligados em paralelo, recorremos à fórmula:

$$\text{Resistência total} = \frac{\text{Resistor} \times \text{Resistor}}{\text{Resistor} + \text{Resistor}} \text{ ou } R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Na fórmula básica, R_t representa o valor total, R_1 o valor de um resistor e R_2 o valor do outro. Em outras palavras, esta fórmula não é, senão, uma repetição da fórmula anterior, utilizando letras para representar os diversos valores.

Exemplo: Resolvendo o problema da figura 24A, por meio desta fórmula, teremos:

$$\text{Resistência total} = \frac{500 \times 500}{500 + 500} = \frac{250.000}{1.000} = 250 \text{ ohms}$$

Apesar de que neste exemplo não seja necessário usar a fórmula, já que os resistores são de igual valor, há casos em que não podemos prescindir dela, porque os resistores são de valores diferentes.

Suponhamos que temos dois resistores, um de 30 e outro de 60 ohms, e de

sejamos saber qual será o valor total em ohms da ligação em paralelo (figura 25).

Aplicando a fórmula anterior, teremos:

$$R_t = \frac{30 \times 60}{30 + 60} = \frac{1.800}{90} =$$

20 ohms.

Observamos que, neste caso, a resistência total não é nem a metade do valor de qualquer um dos resistores, e sim menor que o valor do resistor menor.

NOTA - Se o aluno tiver alguma dificuldade nos problemas de matemática, recomendamos estudar bem, e detalhadamente, as lições especiais de matemática que fazem parte do Curso.

Além da fórmula anterior para a resolução de problemas de resistores em paralelo, há outra fórmula para calcular a resistência total de três ou mais resistores em paralelo; isto lhe será explicado numa lição mais avançada.

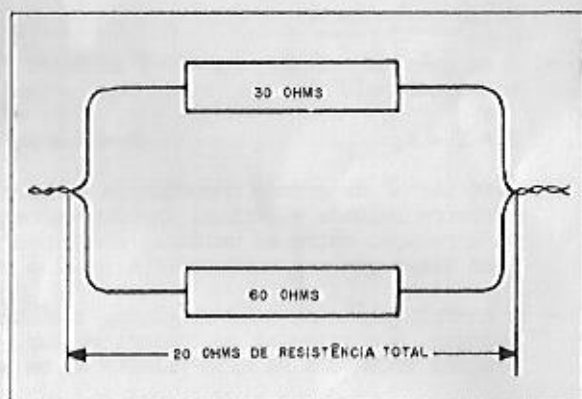


FIGURA 25
OUTRO EXEMPLO DE LIGAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO

RESUMO DOS PRINCÍPIOS MAIS IMPORTANTES APRENDIDOS NESTA LIÇÃO

- 1 - A unidade fundamental da eletricidade em repouso é a unidade eletrostática. O Coulomb é a unidade prática de eletricidade estática, que representa a quantidade total de eletricidade disponível. Num sistema hidráulico, esta unidade equivaleria ao número total de litros de água contida no reservatório.
- 2 - A unidade de intensidade da corrente elétrica é o ampère; ele equivale a uma corrente elétrica de $6,28 \times 10^{18}$ elétrons por segundo. Num sistema hidráulico esta unidade equivaleria ao número de litros de água por segundo que flui pelo cano. Esta unidade é de grande importância, já que se refere à eletricidade em ação e exprime a sua intensidade (I).
- 3 - A unidade de resistência elétrica é o Ohm, e é definida como a resistência (oposição) que uma coluna de Mercúrio, de diâmetro constante, com uma altura de 106,3 cm, a 0°C, e de peso total de 14,4521 gramas oferece à passagem de uma corrente elétrica. A resistência que os metais apresentam é devida à fricção dos elétrons em movimento com os elétrons das órbitas exteriores dos átomos. Num sistema hidráulico, a resistência equivaleria à fricção da água contra as paredes do cano. Um quilohm equivale a mil ohms, e um megohm equivale a um milhão de ohms.
- 4 - A unidade de pressão elétrica é o Volt; ele é definido como a pressão elétrica (força eletromotriz) que é necessária para forçar uma corrente de 1 ampère de intensidade por um circuito cuja resistência é de 1 ohm.
- 5 - As unidades elétricas têm uma íntima relação entre si. Se, por exemplo, aumentamos a resistência em ohms, diminuímos a corrente. Por outro lado,

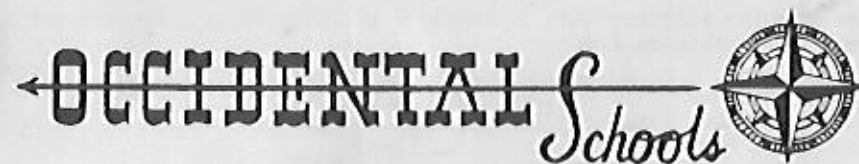
do, se aumentarmos a tensão, a corrente também aumenta.

- 6 - A relação matemática das três unidades fundamentais de eletricidade é conhecida pelo nome de Lei de Ohm, e tem as seguintes fórmulas:

$$I = E + R; \quad E = I \times R; \quad R = E + I$$

- 7 - Esta lei é de grande importância na prática, pois permite calcular a terceira unidade elétrica, quando conhecemos duas delas. Esta lei indica a relação entre as unidades elétricas fundamentais. Contudo, isto não quer dizer que uma unidade seja igual à outra.
- 8 - A energia elétrica não se gasta, mas se transforma em outra forma de energia; por exemplo: em calor, em luz, em força mecânica, em sons (vibrações mecânicas no alto-falante de um aparelho eletrônico), etc.
- 9 - Quando intercalamos um resistor num circuito elétrico, a tensão diminui. Por isso, dizemos que os resistores produzem uma queda de tensão.
- 10 - Quando ligamos dois ou mais resistores em série, a resistência total é igual à soma dos resistores individuais.
- 11 - Quando ligamos dois ou mais resistores em paralelo, a resistência total (resistência combinada) será sempre menor que qualquer um dos valores dos resistores individuais.

*



EXAME DA LIÇÃO E-12

- ▶ CADA QUESTÃO APRESENTA TRÊS OU MAIS RESPOSTAS.
- SOMENTE UMA DELAS ESTÁ CORRETA.
- MARQUE A QUE JULGAR CORRETA.
- TRANSCREVA AS RESPOSTAS CORRETAS PARA A FOLHA DE EXAME ANEXA.

- 1 - A unidade utilizada para indicar a oposição que os condutores apresentam à passagem de uma corrente elétrica é:

a) o ampère
b) o volt
☒ c) o ohm

- 2 - O volt é a unidade de:

a) resistência à passagem da corrente elétrica
b) intensidade da corrente que flui pelo circuito
☒ c) diferença de potencial ou força eletromotriz

- 3 - A unidade utilizada para indicar a intensidade da corrente elétrica (elétrons em movimento) é:

☒ a) o ampère
b) o volt
c) o ohm

- 4 - O fenômeno elétrico que produz a resistência ou oposição à passagem da corrente elétrica é devido:

a) aos elétrons se moverem de um átomo a outro com muita facilidade
☒ b) à fricção dos elétrons em movimento com os elétrons estacionários do condutor
c) à baixa voltagem