

I R T M



CURSO PRÁTICO DE
RÁDIO, TELEVISÃO
E ELETRÔNICA

VOLUME Nº 1



EDITADO PELO:

INSTITUTO MONITOR

FUNDADO EM 1939

01208 — R. DOS TIMBIRAS, 263 — TEL.: 220-7422 (REDE INTERNA)

CAIXA POSTAL 30.277 — SÃO PAULO — ZP-2 — BRASIL

ATENÇÃO

Para maior facilidade no controle e rapidez de conferência, envie todas as folhas de exame e de trabalhos práticos desta remessa de **UMA SÓ VEZ.**

AVISO IMPORTANTE

Avisamos aos nossos alunos que é absolutamente indispensável mencionar em toda a sua correspondência, e **ESPECIALMENTE** nos **PAGAMENTOS**, o seu **NÚMERO DE MATRÍCULA**, com o seu nome e endereço completos.

**Instituto Rádio Técnico
MONITOR S/A.**

Caixa Postal, 30.277 - S. PAULO

INSTRUÇÕES PARA O ESTUDO



**INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR
CEP 01208 - C. POSTAL, 30.277 - S. PAULO**

Prezado aluno:

Queira receber as nossas mais sinceras congratulações pelo seu ingresso na grande família Monitor. A partir deste momento, mais de 80 funcionários especializados encontram-se ao seu inteiro dispor, para ministrá-lhe todos os conhecimentos indispensáveis à sua perfeita formação técnica, encaminhando-o assim, com segurança, na profissão de sua escolha. Desta forma, não tardará a tornar-se um ótimo radiotécnico.

Pelos sólidos conhecimentos teóricos e práticos que por nosso intermédio irá assimilar, V. S^a estará, dentro em breve, perfeitamente apto a ocupar uma posição de destaque na sua profissão. Constituirão esses conhecimentos uma sólida base para um futuro mais próspero e brilhante.

A fim de orientar V.S^a no início dos seus estudos e ajudá-lo a conseguir o melhor aproveitamento possível, queremos dar aqui algumas instruções que visam facilitar os seus estudos.

Um curso por correspondência difere bastante de um curso por frequência. Portanto, naturalmente, os métodos mais adequados a um estudo dessa natureza não são os mesmos que os observados nas demais escolas. Assim, pois, é de seu interesse que V.S^a atente para as instruções que lhe estamos dando, pois, dessa maneira, poderá seguir, sem nenhuma dificuldade, as nossas lições, quer práticas, quer teóricas.

Em primeiro lugar, daremos algumas explicações de como o aluno deve estudar.

1) Estude com ordem.

As lições devem ser estudadas em sequência. Muitas vezes uma determinada lição não é bem compreendida, porque a lição anterior havia sido mal estudada, ou nem sequer lida. A orientação do curso é tal que cada lição prepara o caminho para a seguinte, explicando fatos que serão utilizados posteriormente.

O nosso curso de Rádio, Televisão e Eletrônica está dividido em duas partes principais: parte teórica e parte prática.

De um modo geral, devem ser estudadas, sempre em primeiro lugar, as lições teóricas e depois as práticas. Isso não quer dizer que as lições teóricas sejam mais importantes que as lições práticas, mas sim, apenas que a compreensão destas últimas torna-se mais fácil, quando estudadas após as teóricas.

Como o serviço postal brasileiro não é perfeito, pode acontecer que uma ou outra lição enviada ao aluno se extravie. Poderá então receber lições «saltadas», isto é, depois da lição nº 15, poderá receber a 18, por exemplo. Tal fato deverá ser comunicado ao Instituto, para que sejam tomadas as necessárias providências. É bem provável que, como dissemos acima, a lição nº 18 não possa ser compreendida sem o estudo das lições nºs. 16 e 17.

Sugerimos ao aluno guardar as suas lições em pastas de cartolina, à medida que as estuda. Muitas vezes pode acontecer que, numa lição do fim do curso, se faça uma referência a um assunto explicado nas lições iniciais. Ao procurá-las, frequentemente, o aluno verifica que as perdeu ou esqueceu em algum lugar. Ficará, com isso, prejudicada a compreensão da lição em que está contida a referência.

2) Pense enquanto estuda.

Só há um modo de aprender uma coisa: pensando. Em cada página das lições V.S^a encontrará vasta quantidade de coisas para pensar. Procure encarar o assunto em foco sob um ponto de vista diferente daquele que está nas lições. Compare ambos os pontos de vista e tire as suas conclusões.

Não se contente em ler simplesmente a lição. Reflita enquanto estuda, procurando o porquê de cada coisa. Com isso, V.S^a terá, certamente, seus estudos futuros facilitados. Poderão surgir, com esse modo de estudar, algumas dúvidas no decorrer dos estudos. Os professores do Instituto terão o máximo prazer em solucioná-las, pois as dúvidas indicam que o raciocínio do aluno está alerta.

3) Preste atenção ao que lê.

Ao iniciar o estudo de algum assunto novo, concentre nele o seu pensamento e procure eliminar da cabeça toda e qualquer interferência de assuntos estranhos.

Começando com a primeira lição, leia palavra por palavra, procurando entender o significado de cada frase. Não passe por cima de nenhum parágrafo. Se, depois de ler repetidas vezes um trecho, V.S^a ainda não o entender, pode então assinalá-lo com uma cruz e continuar estudando. Terminando a lição, releia o trecho obscuro, assinalado, que será então compreendido com maior facilidade.

Não é necessário decorar as lições. Procure apenas entender o conteúdo, até que tenha uma visão clara do assunto explicado. Procure compreender bem o «porquê» de cada fato. Somente depois de julgar a matéria suficientemente compreendida, tome a folha de exame correspondente e procure responder às perguntas constantes da mesma.

4) Escolha boas condições para o estudo.

Para poder prestar atenção e pensar, V.S^a não pode ser perturbado. Se possível escolha uma hora de estudo em que os outros membros de sua família estejam quietos.

Escolha um local sossegado. Não importa qual seja. Mesmo u'a mesa de cozinha serve, bastando que esteja arrumada, pois a desordem distrai a atenção. Estude com regularidade, uma ou duas horas por dia, seis dias por semana. Evite o acúmulo de lições por estudar, pois quanto maior for o seu número, menor a vontade de estudá-las.

A iluminação e a ventilação do local de estudos devm ser boas. Esses detalhes são muito importantes, embora não o pareçam. A luz deve vir por trás, e do lado esquerdo, se possível.

Vejam, agora, como proceder para preencher as folhas de exames.

Nunca preencha uma folha de exames, enquanto não estiver bem compreendida a lição correspondente.

As perguntas são feitas de tal modo que possam ser respondidas facilmente por todos quantos realmente estudarem as lições. Se, ao responder às questões, surgirem algumas que não saiba responder, releia os trechos correspondentes da lição e, uma vez compreendidos, responda então às perguntas. Se, mesmo assim V.S.^a não souber responder a alguma questão, deixe em branco o espaço correspondente. É melhor nada responder do que fazê-lo com bobagens.

V.S.^a poderá encontrar dois tipos de folhas de exames. O primeiro apresenta três respostas, entre as quais uma única estará certa. Assinale, então, com um «X», no quadrinho correspondente, a resposta que, na sua opinião, é a correta. Proceda assim com todas as questões. **Atenção:** assinale **apenas uma das respostas** de cada pergunta, pois, do contrário, não será considerada respondida a pergunta, o que certamente irá prejudicar a nota. Assinale a resposta primeiramente a lápis e, somente quando tiver certeza de haver escolhido a alternativa correta, passe tinta nas marcas.

O segundo tipo apresenta uma pergunta, à qual o aluno deve responder com palavras ou números.

Para o preenchimento de uma folha de exame deste tipo, siga à risca as regras abaixo enumeradas.

1) Responda com apenas uma palavra, ou duas. O tamanho da resposta não terá a mínima influência sobre a nota. Há muitos alunos que, para demonstrar sabedoria, dão às respostas um comprimento excessivo. Isso de nada adianta, pois, em primeiro lugar, o espaço é bastante limitado e, em segundo, com muitas palavras, fica dito o mesmo que com apenas uma ou duas..

2) Preencha a folha com limpeza. Muitas vezes, os alunos respondem corretamente a todas as perguntas, mas, é tal a sujeira e são tantos os borrões, que a nota, forçosamente, não pode ser a máxima. Sugerimos escrever as respostas a lápis, bem de leve, o que facilitará qualquer modificação posterior, que porventura seja necessária. Depois de ter a certeza de que todas as respostas estão corretas, escreva à tinta, por cima. Os traços de lápis são apagados com uma borracha, **depois de ter secado a tinta**. Outra maneira correta é responder numa folha em separado, e, quando não restar mais dúvida quanto ao acerto das respostas, passar para as folhas de exames. É preciso tomar cuidado para não errar na cópia.

3) Nas folhas de exames existe um espaço indicado com os dizeres «Não escreva nesta parte». Esse espaço destina-se ao uso da nossa seção de revisão para colocação da resposta correta, caso o aluno tenha respondido erradamente. Portanto, não passe para esse espaço com a sua resposta, o que, aliás, nem é necessário, pois, todas as perguntas podem ser respondidas em uma ou duas palavras.

4) Nunca esqueça de colocar o nome e o número de sua matrícula no pé de cada folha de exame. Os nossos arquivos estão cheios de folhas cujos

autores desconhecemos. Naturalmente, as notas serão bastante prejudicadas com isso. Não basta escrever o nome e o número da matrícula em uma única folha; quando são enviadas diversas, pode acontecer que elas sejam separadas, tornando impossível a identificação do autor das folhas sem nome.

5) Nunca use as folhas de exame para comunicações, como aviso de pagamento, mudança de endereço e nem formule consultas. Para isso é que servem as cartas, e somente estas poderão ser usadas pelos nossos alunos, para esses fins. Não serão levadas em consideração as consultas e avisos feitos nas folhas de exame.

Vejamos, agora, dois exemplos do critério a seguir para responder às questões de uma folha de exame.

Na primeira folha de exame, a primeira pergunta indaga qual o nome das pequenas partículas que giram em torno do núcleo do átomo. As alternativas apresentadas como respostas são:

a) prótons, b) elétrons e c) nêutrons.

Ora, na primeira lição teórica está explicado, bem no início, que o átomo consiste de um núcleo central formado por um grande número de prótons, ao redor do qual giram continuamente elétrons, como uma espécie de «satélites». Portanto, a resposta correta à pergunta é a contida na alternativa (b), isto é, «elétrons». Assim, o aluno deve colocar um «X» no quadrinho correspondente à resposta (b).

Além das folhas de exame, o aluno deverá também preencher as folhas de trabalhos práticos, correspondentes às lições práticas. O procedimento a seguir com estas é o seguinte:

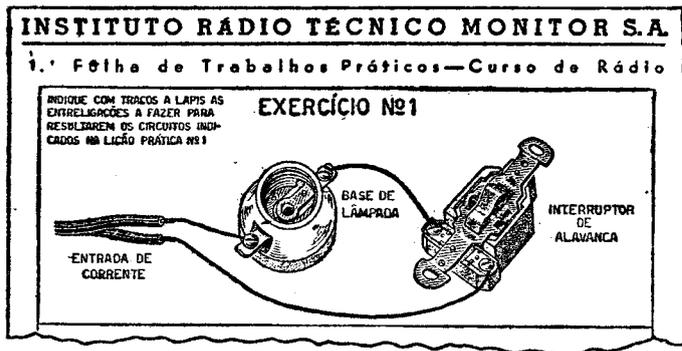
Leia-as com atenção. Depois, trate de interpretá-las, isto é, explique o seu significado em voz alta. Por exemplo, o exercício nº 1 da lição prática nº 1 deve ser interpretado mais ou menos da seguinte forma:

«A corrente elétrica que provém da usina deve passar pelo primeiro condutor, diretamente à lâmpada. A corrente atravessa a lâmpada pelo seu fio de filamento e sai pelo terminal, até a chave (ou interruptor). Do outro terminal da chave, a corrente volta ao outro condutor da usina. Portanto, quando a chave estiver ligada (os seus dois pólos em contato) a corrente passará da usina, por um dos condutores, até a lâmpada, atravessando esta e fazendo-a acender. Depois disso, chegará até a chave e de lá voltará pelo outro condutor à usina. Portanto, as ligações devem ser: um condutor, a um dos pólos da lâmpada; do outro pólo desta, um fio vai até a chave, saindo do outro terminal da chave, o segundo condutor».

Assim V.S.^a deve indicar, por meio de traços na folha de trabalhos práticos, as ligações que deverão ser feitas. Cada traço representará a ligação correspondente, conforme a ilustração seguinte.

Seguindo o processo acima indicado, isto é, tratando de descrever em voz alta todas as ligações, V.S.^a será capaz de «ler» os circuitos e compreendê-los com facilidade. Essa compreensão e interpretação exata dos circuitos, por sua vez, virá facilitar enormemente a sua execução prática. V.S.^a talvez não note,

de princípio, a grande importância que têm tais interpretações, pois, a maioria dos desenhos iniciais são de configuração bastante simples. Quando, porém, mais adiante, formos tratar de circuitos formados por dezenas de peças e acessórios, a importância dessa «leitura» se manifestará claramente, pois as pessoas que não se acostumam, vêm-se completamente perdidas e impossibilitadas de compreendê-los.



As folhas de exames e de trabalhos práticos preenchidas deverão ser enviadas mensalmente ao Instituto, para que sejam evitadas e devidamente classificadas. As respostas que V.S.^a nos enviar serão a base da nossa orientação sobre o aproveitamento que está tendo dos seus estudos, permitindo-nos corrigir em tempo as eventuais falhas do seu aprendizado.

V.S.^a tem, também, o direito de utilizar o nosso Departamento de Consultas. Ao formular as consultas, V.S.^a deve ter em mente que estas devem conter todas as informações necessárias para que possamos dar uma resposta satisfatória. Portanto, formule-se o mais claramente possível.

Existem dois tipos de consultas:

- a) Solicitando esclarecimentos para dúvidas surgidas durante o estudo das lições.
- b) A respeito do conserto de receptores e outros aparelhos eletrônicos, quando defeituosos.

Em relação ao primeiro tipo de consultas, pedimos apenas que o aluno estude primeiramente a questão, com consciência. É frequente nos solicitarem esclarecimentos sobre assuntos cuja explicação se acha nas próprias lições. Só depois de certificar-se de que estas realmente não trazem a explicação pedida, deve o aluno dirigir-se ao Instituto.

Sempre que se trate desse tipo de consulta, deve o aluno explicar de que lição se trata, dando o seu número, explicando se é prática, teórica ou outra qualquer, qual o número da página em que se encontra a dúvida, ou então qual a folha de exame e o número da pergunta.

Com referência ao segundo tipo de consultas, estamos à disposição dos nossos alunos, para fornecimento de indicações e instruções para o conserto

de receptores e outros aparelhos eletrônicos. Para tanto, porém, é necessário que o aluno nos indique a marca do aparelho, seu número de modelo, as válvulas empregadas e outros detalhes para a identificação do aparelho. Deverá também fornecer uma descrição rápida, mas cuidadosa, dos sintomas do defeito que apresenta o aparelho.

Para maior proveito, sugerimos que o aluno copie cada carta de consulta, conservando consigo a cópia, para seu controle. As perguntas ou consultas devem ser numeradas. Deste modo, poderemos responder mais concisamente, empregando na resposta os mesmos números dados às perguntas.

Não devem, porém ser feitas perguntas demasiadamente compridas; o tempo perdido pelo técnico consultor em ler longas missivas, que alguns de nossos alunos enviam, resulta sempre em prejuízo dos demais alunos e, muitas vezes, do próprio consulente. De um modo geral, as perguntas sempre podem ser feitas com poucas palavras, tornando desnecessário o uso de muitas palavras.

Em sua correspondência, cite sempre o seu número de matrícula, para que possamos providenciar com maior rapidez a resposta à sua consulta e atender prontamente os seus pedidos.

O envio dos pagamentos para o Instituto poderá ser feito de 3 maneiras diversas:

a) Por Vale Postal, endereçado ao Instituto Rádio Técnico Monitor S.A. Preencha o impresso correspondente, na agência do correio de sua localidade. Pague ao agente a importância respectiva, recebendo um **vale postal**, que deverá remeter ao Instituto, sob registro simples. Indique sempre o seu número de matrícula.

b) Carta com valor declarado. Quando a agência do correio de sua localidade não tiver autorização para emitir vales postais, a remessa poderá ser feita sob registro com **valor declarado**. Basta adquirir um envelope especial, na própria agência do correio, colocar nele a importância, entregando-o ao agente postal. Recomendamos observar se escreveu o nosso endereço bem legível e certo, se pos no verso o seu nome completo e o número da matrícula.

c) Cheque. Esta é outra forma muito usada para fazer remessas de numerário. Solicite de um banco qualquer, ou de um correspondente bancário de sua cidade, um cheque pagável em São Paulo, ao Instituto Rádio Técnico Monitor S.A., e remeta-nos sob registro simples.

Em hipótese alguma devem os alunos fazer a remessa de dinheiro por meio de carta simples ou registro sem valor declarado, pois, isso constitui contravenção às leis postalistas e pode resultar no confisco da importância.

Como nosso aluno, V.S.^a receberá, além das lições teóricas e práticas que formam a base do nosso curso de rádio, também o seguinte:

I — todas as ferramentas necessárias para que possa exercer a profissão de técnico em rádio, televisão e eletrônica, inclusive um instrumento para testes, indispensável para a revisão rápida de receptores. Adicionalmente, enviaremos todos os componentes necessários para construir diversos tipos de receptores, amplificadores, osciladores, etc.

II — «Aprenda fazendo», onde estão as diversas construções a efetuar com o material de rádio. Por intermédio dessas lições, V.S.^a aprenderá a determinar peças, montar receptores, enfim, adquirir a prática manual tão necessária à profissão.

III — Lições «Prática de Oficina», que orientarão V.S.^a detalhadamente sobre os conhecimentos básicos do tratamento de peças, fios, enrolamentos, códigos de cores, etc.

IV — Boletins de «Serviços Práticos Para Ganhar Dinheiro», cuja finalidade é orientar o aluno sobre as possibilidades de ganhar algum dinheiro durante o curso, por meio de consertos fáceis e lucrativos.

V — Lições a respeito da teoria de funcionamento da televisão, explicando com detalhes os circuitos de televisores, a sua razão de ser e os possíveis defeitos que podem apresentar.

VI — Lições a respeito do reparo de equipamentos de televisão, mostrando os sintomas dos defeitos, suas causas e a melhor maneira de localizá-los e eliminá-los.

VII — Lições sobre eletrônica, fornecendo instruções claras e facilmente compreensíveis a respeito de alta fidelidade, a moderna maravilha da eletrônica que é o transistor, toca-discos automáticos, e muitos outros assuntos de grande interesse e utilidade para o técnico.

Para encerrar, solicitamos ao aluno que nos conceda um prazer razoável para a resposta à correspondência, devido às deficiências do sistema postal de nosso país. Isso se aplica principalmente aos alunos residentes nos extremos do país: norte, sul e oeste, onde cada carta leva, às vezes, quinze dias, ou mais, para chegar a São Paulo e outros tantos para voltar. A estes recomendamos o nosso sistema de correspondência aérea. A pedido, forneceremos maiores informações a respeito.

Esperamos que, com as observações que acabamos de fazer, tenhamos esclarecido toda e qualquer dúvida a respeito de suas relações com o Instituto Monitor, assim como da forma pela qual devem ser estudadas as lições. No entanto, em caso de restar ainda alguma dúvida, estamos à sua disposição para maiores explicações, que poderão ser solicitadas por carta.

Como já dissemos no princípio destas instruções, V.S.^a acaba de ingressar numa grande família, e é assim que queremos que se sinta — à vontade, certo de que encontrará, de nossa parte, todo o apoio necessário ao sucesso de seus estudos.

Instituto R. T. Monitor

INSTITUTO MONITOR

FUNDADO EM 1939



CURSO DE RÁDIO, TELEVISÃO E ELETRÔNICA

Lição Teórica

N.º 1

**A CÔRRENTE ELÉTRICA
E SUAS CARACTERÍSTICAS**

Caixa Postal 30.277 — São Paulo — ZP-2

ANALOGIA ENTRE A ENERGIA HIDRÁULICA E A ENERGIA ELÉTRICA

— 1ª PARTE —

Na figura A vê-se um depósito de água colocado a uma certa altura; esse depósito, por meio de um cano, é ligado a uma turbina hidráulica. Como é natural, quando a água desce pelo cano, a ação que ela exerce sobre as pás da turbina faz com que esta se

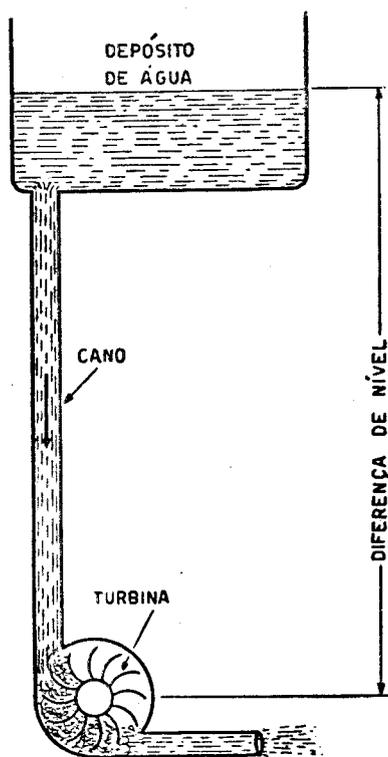


FIG. A

ponha em movimento e seja capaz de acionar uma ou várias máquinas a ela convenientemente ligadas.

Naturalmente, o que faz a água descer pelo cano é a pressão sobre ela exercida, devido à altura a que se encontra o depósito, em relação à turbina. É claro que, quanto maior for essa altura, maior será também a força que a água exercerá sobre as pás.

Por outro lado, quanto mais grosso for o cano que liga o depósito à turbina, maior será a quantidade de água que descerá por ele para acionar as pás. Em ambos os casos (maior altura e cano mais grosso), a turbina poderá executar maior trabalho, isto é, terá maior potência.

Disso, conclui-se que a capacidade de trabalho da água no caso, depende da altura, ou seja, da diferença de nível entre o depósito de água e a turbina, como também da intensidade, ou melhor, do volume de água que possa descer pelo cano condutor.

Tratando-se de eletricidade, é isso mesmo o que acontece: quanto maior for a diferença

de potencial existente entre os dois pólos de um gerador, e quanto maior a corrente elétrica resultante, maior será também a capacidade de trabalho útil da energia elétrica. Assim, compare-se:

- 1) A diferença de potencial, ou força eletromotriz (f.e.m.), entre os dois pólos do gerador, com a diferença de nível existente entre o depósito de água e a turbina.
- 2) A intensidade da corrente que flui pelo condutor, com a quantidade de água que desce pelo cano e que é tanto maior quanto

maior for o diâmetro deste último.

- 3) O fio condutor de energia elétrica com o cano condutor da água (energia hidráulica).
- 4) A potência da turbina, que se mede em cavalos-vapor, com a potência da energia elétrica, que se mede em watt.

Naturalmente conforme a disposição ilustrada na figura A, a turbina somente poderá funcionar enquanto existir água no depósito. Acabando-se esta, a turbina pára. Se, porém, a água que vai saindo da turbina for novamente conduzida, por meio de uma bomba, ao depósito, o funcionamento da turbina ficará inalterado, en-

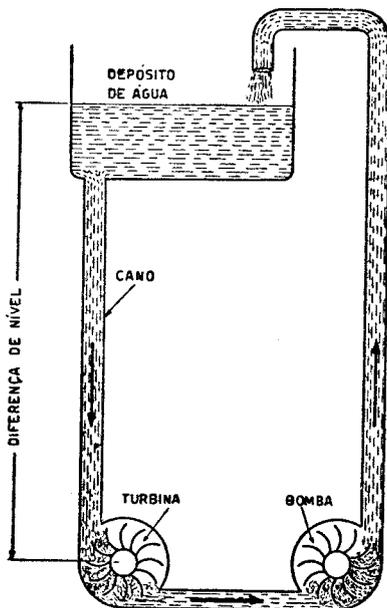


FIG. B — No sistema hidráulico, a corrente de água pode ser comparada com a corrente elétrica num circuito elétrico, a turbina corresponde a um motor elétrico e a bomba, finalmente, tem a mesma função do gerador elétrico.

quanto a bomba estiver ligada, pois haverá sempre água no depósito, a qual descerá pelo cano, movimentará as pás da turbina, será conduzida novamente pela bomba ao depósito e recomeçará o circuito (vide figura B).

O papel desempenhado por uma bomba nessas condições pode ser comparado com o papel de um gerador num circuito elétrico. Os elétrons percorrem o circuito, voltam ao pólo positivo, são levados novamente ao pólo negativo através do gerador, e recomeçam o circuito através do condutor e do aparelho elétrico ligado ao mesmo. Como vemos, as funções da bomba e do gerador são perfeitamente comparáveis.

Para manter a turbina em movimento contínuo, é preciso que a bomba seja capaz de elevar a quantidade de água necessária, ao depósito. Em outras palavras, a turbina só poderá realizar um trabalho equivalente ao que a bomba realiza, não indo nunca além dele. Na verdade, o trabalho realizado pela turbina será sempre menor que a energia empregada para mover a bomba, pois esta, quando levanta a água até o depósito, deve vencer a atração da Terra e a

resistência originada pelo atrito do líquido nas paredes do cano. Para isso, é claro, deverá utilizar mais energia do que a turbina, para cujo trabalho não há esse inconveniente.

Pois bem: essa mesma relação existe entre a energia elétrica produzida pelo gerador e o trabalho realizado pelo aparelho elétrico ligado ao circuito. Nesse caso, o trabalho útil que esse aparelho realiza também é menor do que a energia elétrica produzida pelo gerador — isso, porque a resistência do circuito sempre absorverá uma parte dessa energia.

O sistema descrito serve somente para demonstrar o fluxo da corrente elétrica, através de uma comparação com um fluxo de água. Na prática, este sistema não serviria para gerar, por exemplo, eletricidade, através de um dínamo acoplado à turbina, por que a energia necessária para acionar a bomba sempre seria maior que a energia produzida pelo dínamo. Consequentemente, é mais econômico acionar o dínamo diretamente por um motor qualquer e não acionar a bomba por um motor, para que a água então possa acionar o dínamo.

TODOS OS DIREITOS DE REPRODUÇÃO, TOTAL OU PARCIAL,
RESERVADOS PELA EDITORA.

CURSO PRÁTICO DE RADIOTÉCNICA

LIÇÃO TEÓRICA N° I

A CORRENTE ELÉTRICA E SUAS CARACTERÍSTICAS

Os rádios são aparelhos elétricos, pois são alimentados pela **corrente elétrica**. O seu funcionamento nada mais é que a sucessiva modificação e ampliação das correntes elétricas. Assim, como vemos, a corrente elétrica desempenha um papel fundamental no funcionamento de um aparelho de rádio, razão pela qual principiaremos o nosso curso fazendo um estudo, o mais resumido possível, do que seja a corrente elétrica, suas propriedades, suas características, etc. Embora isso não pareça muito necessário, a prática demonstrou que ninguém pode chegar a ser um técnico sem possuir os conhecimentos essenciais sobre a natureza da corrente elétrica. Feitas essas considerações, passemos ao

RESUMO DA TEORIA ELETRÔNICA

Existem duas espécies de substâncias: substâncias simples e substâncias compostas. As simples, como o nome indica, são aquelas que tem existência própria, isto é, podem existir isoladas. As compostas, por sua vez, são formadas pela combinação ou mistura de duas ou mais substâncias simples. Assim, o ferro é uma substância simples, bem como o cobre, o zinco, etc. O cloreto de sódio (sal de cozinha) é uma substância composta, pois é formado pela combinação de cloro com sódio.

Ora, como sabemos, todas as substâncias podem ser divididas em partes cada vez menores, podendo mesmo, por processos especiais, ser divididas em partículas tão pequenas que se tornem invisíveis a olho nu, ou mesmo ao microscópio, por mais poderoso que este seja. No caso das substâncias compostas, a menor partícula em que pode ser dividida essa substância, **sem que perca suas características**, chama-se **molécula**. Disso se depreende que, se dividirmos a molécula, essa última partícula de substância composta perde suas características, isto é, deixa de ser a substância composta que tínhamos, para se dividir noutras substâncias, de características diferentes. Por exemplo: se dividirmos o sal de cozinha em partículas sempre menores, chegaremos ao ponto de conseguir apenas **moléculas de sal**. Dividindo essas moléculas, as partículas resultantes dessa divisão não mais terão as propriedades do sal, mas sim, uma das partes terá as propriedades do sódio, outra as do cloro.

A compreensão desse fenômeno é muito simples. Basta que nos lembremos de que a substância composta é formada de duas ou mais substâncias simples. Ora, se formos dividindo o composto, quando tivermos a menor partícula que se puder obter dessa divisão, não poderemos mais dividi-lo, pois, se o fizermos, estaremos decompondo essa partícula (a molécula) nas substâncias simples que a compõem.

A água, por exemplo, é uma substância composta de hidrogênio e

oxigênio. Assim, a menor partícula em que a água, por processos espaciais, puder ser decomposta, será a **molécula da água**. Essa molécula, possuindo as mesmas características da água, será naturalmente composta de hidrogênio e de oxigênio. Se dividirmos essa molécula, não teremos mais água, mas sim hidrogênio e oxigênio.

Agora, o hidrogênio e o oxigênio são substâncias simples. A menor partícula que se pode obter dessas substâncias não é a molécula, mas sim o átomo. Disso, podemos concluir que a **molécula é composta de átomos**. No caso da água, existem formando a molécula, dois átomos de hidrogênio combinados com um átomo de oxigênio. Outro exemplo: o ácido sulfúrico é composto de moléculas, cada uma delas formada de dois átomos de hidrogênio, um áto-

mo de enxôfre e quatro átomos de oxigênio.

Temos, assim, uma idéia geral da formação das substâncias, em que o **átomo** desempenha um papel de destaque. Entretanto, para o estudo da eletricidade, interessa-nos mais de perto o conhecimento de certas partículas existentes no átomo, a que damos o nome de **elétrons**. E para a compreensão da teoria dos elétrons, é necessário que examinemos rapidamente a constituição dos átomos.

Num átomo existem várias partículas, hoje todas conhecidas através de processos moderníssimos, usados nos grandes laboratórios de Física. Dessas partículas, porém, apenas duas interessam ao nosso estudo: os **prótons** e os **elétrons**.

Os átomos possuem um núcleo central, em torno do qual giram

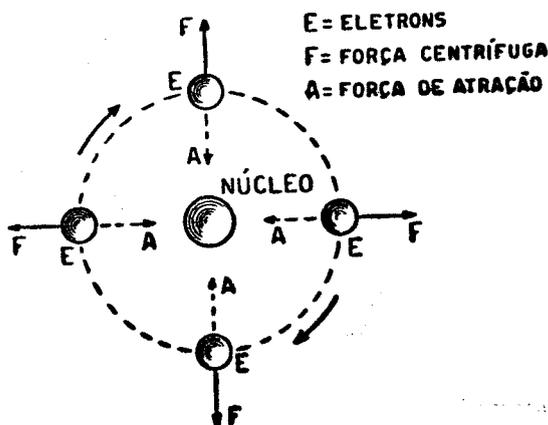


FIG. 1

pequeníssimas partículas, como os planetas em torno do Sol. Esse núcleo é constituído de um aglomerado de várias partículas, das quais as principais e mais importantes são os prótons. Esses prótons possuem uma **carga**, isto é, uma força capaz de atrair outros corpos que possuem carga contrária. A essa força dá-se o nome de **carga positiva**. Quando um corpo possui carga contrária a essa, isto é, quando ele é atraído por corpos que tenham carga positiva, dizemos que ele tem carga negativa. Os que possuem carga negativa são chamados **negativos**. A atração é recíproca — tanto o positivo atrai o negativo como o negativo atrai o positivo.

Assim, os prótons são partículas positivas.

Dissemos mais atrás que existem partículas muito pequenas girando ao redor do núcleo. Essas partículas são chamadas **elétrons** e possuem carga negativa, isto é, os elétrons são negativos.

Sendo o núcleo dotado de prótons em muito maior número do que as demais partículas nele existentes, podemos dizer que o núcleo também é positivo. Logo, os elétrons são atraídos pelo núcleo. Como, porém, eles estão girando a grande velocidade, a **força centrífuga** produzida pelo movimento giratório contrabalança a força de atração do núcleo central, motivo pelo qual os elétrons não se chocam com o núcleo, permanecendo sempre a uma certa distância (fig. 1).

Antes de passar adiante, façamos mais algumas considerações, a fim de que fique bem explicado o assunto.

Todos os corpos de cargas iguais se repelem, isto é, um corpo negativo repelirá outro corpo, quando este também tiver carga negativa; o mesmo acontece com os positivos (que, naturalmente, repelem os também positivos).

Isso nos faz pensar: “Como é, então, que os prótons existentes no núcleo não se repelem uns aos outros?”

Como dissemos, existem no núcleo várias outras partículas. Entre elas o **méson**, que, julga-se, tem a função de neutralização da força com que os prótons que repelem uns aos outros, mantendo-os juntos, unidos no núcleo central. Essa é a explicação hoje aceita pelos cientistas.

Passemos adiante:

Aquilo que diferencia uma substância simples de outra, isto é, aquilo que determina as diferentes características de uma substância simples, é justamente o número de elétrons e de prótons existentes num átomo. Assim, o átomo de ferro, por exemplo, tem mais elétrons e prótons que um átomo de alumínio. O hidrogênio tem 1 elétron e 1 próton, o oxigênio tem 8 elétrons e 8 prótons e assim por diante (vide fig. 5). Como vemos, **normalmente**, o número de elétrons é igual ao número de prótons. Em casos especiais, como veremos mais adiante, o número de elétrons pode tornar-se maior ou menor do que o número de prótons.

Sempre que o número de elétrons de um átomo estiver completo, isto é, for igual ao número de prótons, dizemos que esse átomo é **neutro**.

AS CARGAS ELÉTRICAS

As vezes, por qualquer razão externa, um ou mais elétrons podem escapar da órbita de atração do núcleo, ficando, dessa forma, o átomo com menos elétrons do que prótons. Ora, tendo o próton carga positiva, quando se dá a evasão de um ou mais elétrons, fica essa carga positiva predominando no átomo, isto é, existirão mais partículas positivas do que negativas. Nesse caso, diz-se que o átomo está carregado **POSITIVAMENTE**. Esses átomos, despojados de alguns dos seus elétrons, procuram sempre completar novamente o número deles, atraiendo elétrons de outros átomos.

o número de elétrons será maior do que o número de prótons. Quando isso acontece, dizemos que esse átomo está carregado **NEGATIVAMENTE**.

Dai, pode-se concluir que: um átomo possui carga **POSITIVA** quando o número de elétrons existentes na sua órbita é **menor** que o número de prótons existentes no seu núcleo.

OS GERADORES E A FORÇA ELETROMOTRIZ

A evasão de elétrons de um átomo pode ser produzida por diversas cau-

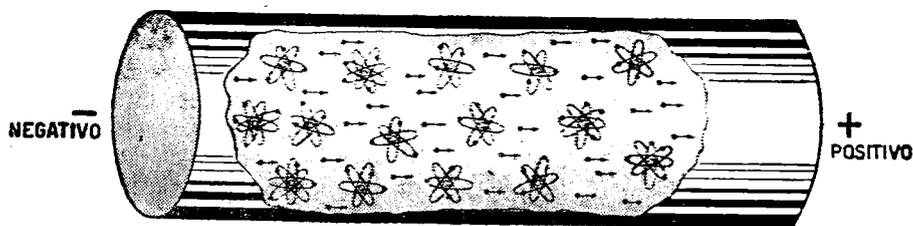
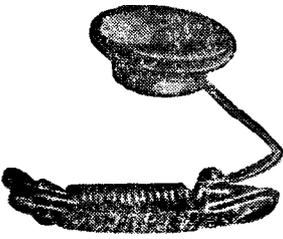
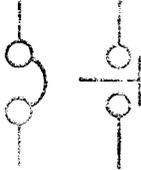
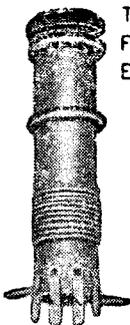
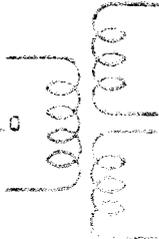
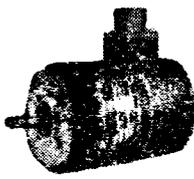
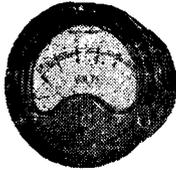
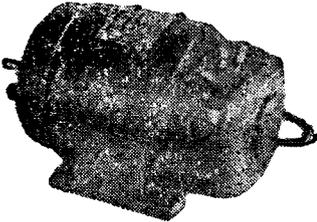


FIG. 2 — Os elétrons livres existentes entre os átomos são atraídos pelo pólo positivo, movimentando-se em direção deste, formando assim a corrente elétrica.

Por sua vez, os elétrons libertados da órbita de um átomo poderão muito bem penetrar em algum outro átomo, passando a fazer parte de sua órbita. Nesse caso, o átomo que recebeu elétrons a mais terá um excesso de carga negativa, pois

Baseados neste princípio é que foram construídos os geradores, aparelhos destinados a provocar a evasão de elétrons de átomos, a fim de "criar" cargas positivas e negativas. Com o auxílio de alguma ação externa, que pode ser química ou

SÍMBOLOS USADOS EM RÁDIO

<p>FONE</p>   <p>SÍMBOLOS</p>	<p>TRANSFORMADOR DE RADIO-FREQUÊNCIA COM VÁRIOS ENROLAMENTOS</p>   <p>SÍMBOLO</p>
<p>LÂMPADAS DE DIAL</p>   <p>SÍMBOLO</p> <p>SUPOORTE PARA LÂMP DE DIAL</p>	<p>CRISTAL OSCILADOR COM SUPOORTE</p>   <p>SÍMBOLO</p>
<p>CHAVE OU INTERRUPTOR DE ALAVANCA</p>   <p>SÍMBOLO</p>	<p>GERADOR DE CORRENTE ALTERNADA</p>   <p>SÍMBOLO</p>
<p>INSTRUMENTO MEDIDOR</p>  <p>SÍMBOLOS</p>  <p>VOLTÍMETRO</p>  <p>AMPERÍMETRO</p>  <p>MILIAMPERÍMETRO</p>	<p>GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA</p>   <p>SÍMBOLO</p>

magnética (figs. 3, 4 e 6), provoca-se entre os pólos do gerador uma diferença de cargas, isto é, torna-se um dos pólos negativos e o outro positivo, produzindo-se uma evasão de

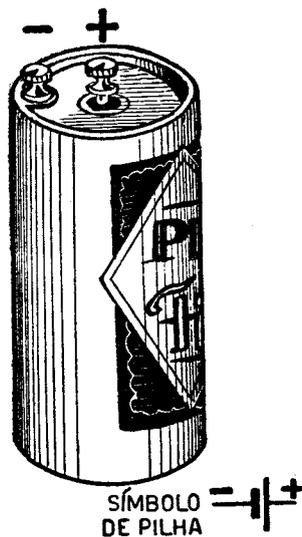


FIG. 3 — Pilha seca grande, com o respectivo símbolo.

elétrons num deles, que se torna positivo; os elétrons evadidos passarão para o outro pólo, onde haverá então excesso de elétrons, o que fará com que o pólo fique negativo.

Os átomos do lado positivo procurarão atrair elétrons de fora, para restabelecerem o equilíbrio interno, ao passo que os átomos do pólo negativo, possuindo abundância de elétrons, procurarão se desfazer do excesso, impelindo os excedentes para fora.

Se estabelecermos entre os dois pólos um circuito fechado, isto é,

se permitirmos que os elétrons excedentes no pólo negativo possam voltar ao pólo positivo através de um caminho qualquer (um fio metálico, por exemplo) haverá entre os dois um fluxo de elétrons: os elétrons, saindo do pólo negativo, atravessarão o fio metálico e voltarão, através deste, para o pólo positivo. Pela ação do gerador, tornarão a movimentar-se através do próprio gerador, do pólo positivo para o negativo, isso indefinidamente, até que o gerador seja desligado, quando então o fluxo de elétrons cessará. Ao caminho percorrido pelos elétrons, nesse movimento circulatório contínuo, dá-se o nome de **CIRCUITO ELÉTRICO**.

Força eletromotriz

Como vemos, a função do gerador, na operação acima descrita, é de tirar os elétrons de um dos pólos e passá-los para o outro. E, quando isso acontece, estabelece-se uma diferença entre a quantidade de elétrons que existe num e noutro pólo. Ora, o positivo procura sempre recuperar os elétrons que lhe foram tirados, ao passo que o negativo procura devolver esses elétrons excedentes ao pólo positivo. Dessa forma, sempre que o gerador está ligado, existe entre os dois pólos uma espécie de “pressão”, o pólo positivo como que “chamando” os elétrons excedentes no negativo, os quais estão sempre prontos a passar para ele logo que isso seja possível (quando se fecha o circuito).

A essa “pressão” que força a passagem dos elétrons através do circuito fechado dá-se o nome de “força eletromotriz” (abreviadamen-

te f.e.m.), também conhecida por “diferença de potencial” ou simplesmente “tensão”.

Quanto maior for a diferença entre a quantidade de elétrons que existe num e noutro pólo, ao ser ligado o gerador, maior será a tensão, pois, naturalmente, a “pressão” entre ambos os pólos aumentará.

Essa tensão é medida em VOLTS. Assim, quando ouvimos dizer que um certo circuito possui “tantos volts de tensão”, isso nada mais é que a indicação da força eletromotriz ou diferença de potencial existente entre os pólos do circuito.

O VOLT, tal como as demais unidades de medida, possui seus múltiplos e submúltiplos. Os mesmos estão mencionados abaixo.

MÚLTIPLOS DO VOLT

Kilovolt — 1 000 Volts

SUBMÚLTIPLOS DO VOLT

Milivolt = 0,001 Volt (milsima parte do volt)

Microvolt = 0,000 001 Volt (Milionésima parte do volt)

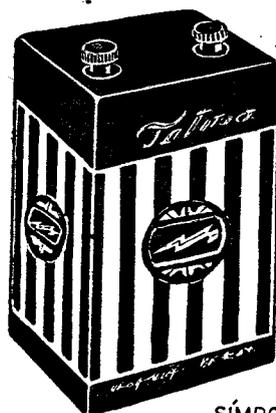
Observe-se que mencionamos apenas um múltiplo do Volt, ou seja, o **kilovolt**. Não há necessidade de se empregar um múltiplo maior, pois o kilovolt permite exprimir tensões bem maiores que as normalmente usadas em equipamentos elétricos e eletrônicos.

Já o **milivolt** e o **microvolt** são unidades amplamente usadas para ex-

primir pequenas tensões. Por exemplo, o sinal que atinge a antena de um radioreceptor possui, normalmente, apenas alguns microvolts.

ELÉTRONS LIVRES

Além dos elétrons, que formam os átomos, existem, em alguns corpos, outros elétrons soltos, que não entram na formação da substância. Encontram-se geralmente no espaço existente entre os átomos, sem destino ou direção determinados.



SÍMBOLO



FIG. 4 — Bateria de pilhas, formada de várias pilhas comuns, bem como o respectivo símbolo.

No entanto, se aplicarmos uma tensão às duas extremidades do corpo a que pertencem esses elétrons, eles passarão a ter direção determinada, caminhando do pólo negativo para o positivo (fig. 2). Isto acontece

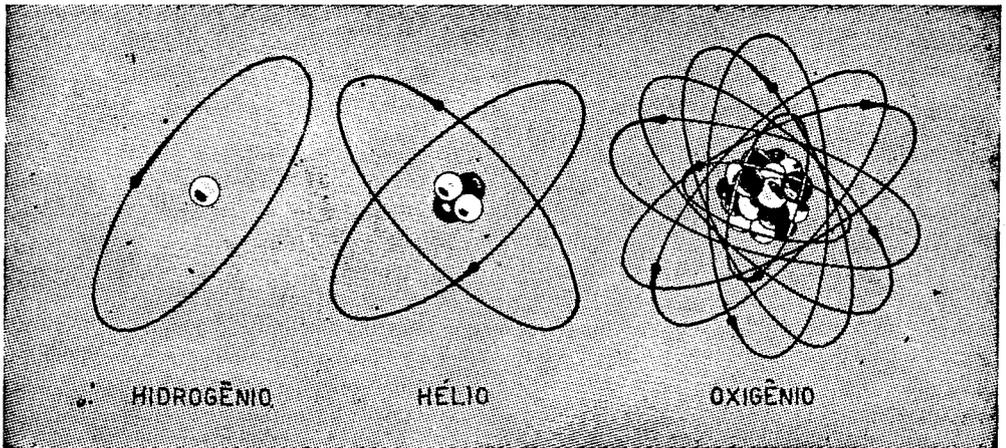


FIG. 5 — Os átomos são formados por um ou mais prótons (bolinhas brancas na figura acima), ao redor dos quais giram elétrons a alta velocidade. No núcleo existem ainda nêutrons (simbolizados por bolinhas pretas). O Hidrogênio possui um só próton ao redor do qual gira um elétron. O Hélio já possui 2 prótons e 2 nêutrons. O oxigênio possui 8 prótons e o mesmo número de nêutrons e elétrons.

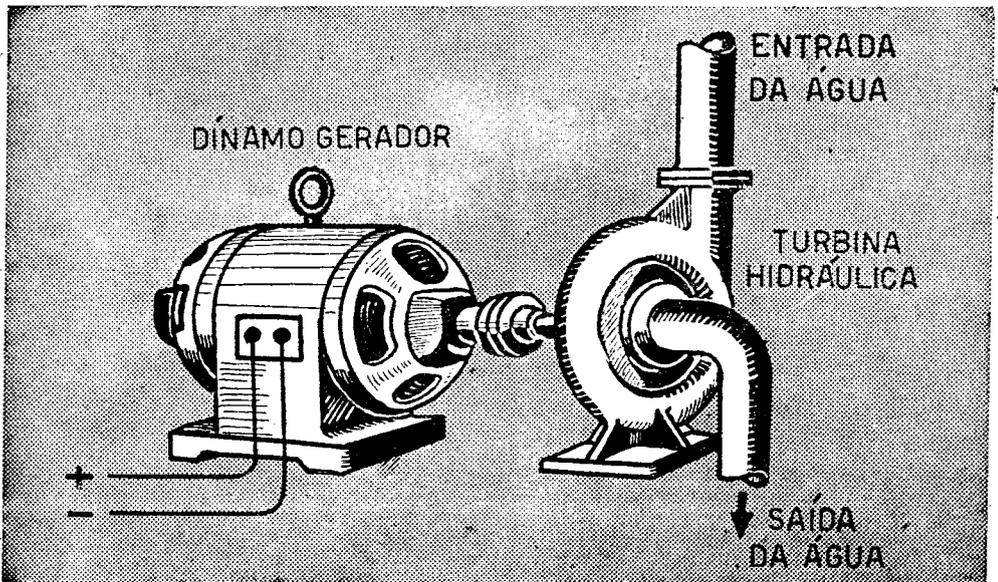
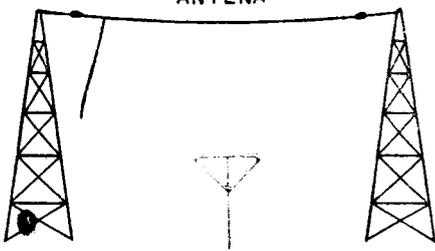
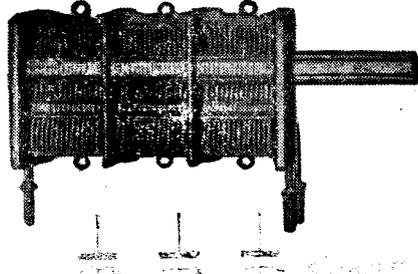
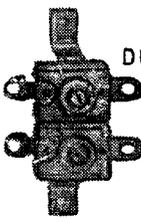
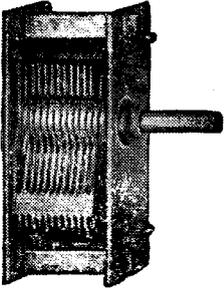
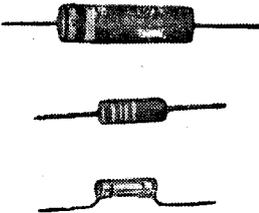
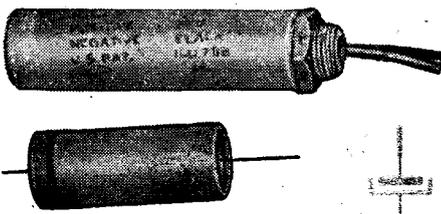
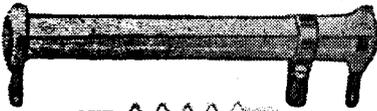


FIG. 6 — Usina simplificada. A turbina é posta em rotação pela água, sendo essa rotação transformada pelo gerador em eletricidade.

SÍMBOLOS USADOS EM RÁDIO

<p>ANTENA</p>  <p>SÍMBOLO</p>	<p>CONDENSADOR VARIÁVEL TRIPLO</p>  <p>SÍMBOLO</p>
<p>CONDENSADOR AJUSTÁVEL (TRIMMER)</p> <p>DUPLO</p>  <p>SÍMBOLO</p> <p>SIMPLES</p>  <p>SÍMBOLO</p>	<p>CONDENSADOR FIXO</p> <p>PAPEL</p>  <p>SÍMBOLO</p> <p>MICA</p>  <p>SÍMBOLO</p>
<p>CONDENSADOR VARIÁVEL SIMPLES</p>  <p>SÍMBOLO</p>	<p>RESISTÊNCIAS FIXAS</p>  <p>SÍMBOLO</p>
<p>CONDENSADOR ELETROLÍTICO</p>  <p>SÍMBOLO</p>	<p>RESISTÊNCIA DE FIO</p> <p>AJUSTÁVEL</p>  <p>SÍMBOLO</p> <p>FIXA</p>  <p>SÍMBOLO</p>

porque os elétrons que foram tirados pelo gerador do pólo positivo, e passados para o negativo, empurram esses elétrons livres no seu trajeto de volta ao pólo positivo. Assim, eles ficam fazendo parte do fluxo de elétrons estabelecido entre os dois pólos. E o que acontece é o seguinte:

O pólo positivo atrai para si os elétrons livres. Os lugares vazios por eles deixados serão preenchidos pelos outros elétrons que sobravam no pólo negativo. Estes, por sua vez, também serão atraídos, tendo seus lugares preenchidos por outros, e assim sucessivamente.

A CORRENTE ELÉTRICA

Já vimos que a tensão provoca um fluxo de elétrons entre os dois pólos de um gerador, bastando apenas que os mesmos se encontrem em contato por meio de um condutor. A este fluxo dá-se o nome de **CORRENTE ELÉTRICA**.

Assim, corrente elétrica nada mais é que o fluxo dos elétrons através de um circuito elétrico.

A unidade usada para medir essa corrente é o **AMPÈRE** (lê-se "ampér"). Esta unidade indica a quantidade de elétrons que passa num segundo por determinado ponto de um condutor. O ampère também possui múltiplos e submúltiplos; entretanto, só se empregam estes últimos, pois a máxima corrente usada em eletricidade ou eletrônica pode ser expressa em ampère, não havendo necessidade de se usar os múltiplos dessa unidade. Os submúltiplos são os seguintes.

Miliampère = 0,001 A (milésima parte do ampère)

Microampère = 0,000 001 A (milionésima parte do ampère)

ESPÉCIES DE GERADORES

A transferência dos elétrons do pólo positivo para o negativo, em consequência do funcionamento do gerador, pode ser motivada por uma ação magnética ou química. Assim, o **DINAMO** é um gerador de ação magnética, pois é uma força magnética de origem mecânica que fará a transferência dos elétrons (fig. 6).

A **BATERIA** também é um gerador, que provoca essa mudança de elétrons de um pólo para outro em virtude de uma ação química (fig. 4).

Sobre esse assunto, numa das nossas próximas lições, esclareceremos detalhadamente os princípios de funcionamento dos dínamos e das baterias, servindo a presente lição apenas para exemplificar os tipos de geradores existentes.

CONDUTORES E ISOLADORES

Como vimos, a intensidade do movimento de elétrons através de um circuito elétrico depende em grande parte da tensão aplicada entre os dois pólos do mesmo. Naturalmente, quanto maior for essa tensão, maior será também a intensidade da corrente elétrica no circuito.

Há, porém, outro fator que colabora para que essa intensidade seja maior ou menor: é o material de que

é feito o condutor através do qual se estabelece o circuito; isso porque há substâncias que oferecem grande resistência à passagem do fluxo de elétrons e outras que não oferecem resistência apreciável. Em outras palavras, a corrente elétrica pode passar livremente através de algumas substâncias e com certa dificuldade através de outras. Há ainda um terceiro grupo de substâncias que não permitem a passagem da corrente através delas ou, se o fazem, essa passagem só é possível em proporção muitíssimo reduzida.

Dessa forma, podemos classificar as substâncias em três grupos diferentes:

a) — **Os bons condutores**, ou substâncias que permitem a passagem livre, ou sem dificuldade apreciável, da corrente elétrica através delas. Podemos dizer, em outras palavras que tais substâncias conduzem a corrente elétrica COM POUCO DESPERDÍCIO ou COM POUCA RESISTÊNCIA.

b) — **Os maus condutores**, ou substâncias que, embora permitindo a passagem da corrente elétrica através de si mesmas, OPÕEM UMA RESISTÊNCIA GRANDE A ESTA, resultando daí, naturalmente, MAIOR DIFICULDADE PARA A CIRCULAÇÃO DOS ELÉTRONS.

c) — **Os isoladores** ou substâncias que em absoluto não permitem a passagem da corrente elétrica, ou a permitem em proporção muitíssimo reduzida.

EXEMPLOS

Como bons condutores citaremos os seguintes:

Em primeiro lugar a prata, indiscutivelmente o melhor dos conduto-

res de eletricidade. No entanto, um dos mais empregados na confecção de condutores (fio de eletricidade) é o cobre, quer pelo seu alto grau de condutividade, quer pelo fato de custar muito mais barato que a prata. É quase tão bom quanto a prata e custa muito menos.

O principal (industrialmente falando) dos maus condutores é o níquel-cromo, razão por que é usado em larga escala na confecção de resistores. Existem ainda certas ligas, como a Constantana e o Superior 23, além da Manganina, da Niquelina, etc., todos maus condutores de eletricidade.

Dos isolantes, os principais são a mica, a porcelana, a cerâmica e matérias plásticas como baquelite, etc. São usados, como o nome indica, como isoladores isto é, para impedir a passagem da corrente elétrica em pontos onde isso se faça necessário. No revestimento de fios usa-se algodão, seda, borracha, plástico, etc.

o OHM e o MHO

Como sabemos, para todas as medidas existe uma unidade. Assim, para a medida de comprimento existe o metro, para medida de volume existe o litro, para a medida de peso existe o quilograma, a tensão é medida em volts, a corrente em ampêres, etc.

Assim também acontece com a resistência, isto é, com a dificuldade que as substâncias opõem à passagem da corrente elétrica.

Para medir a resistência utilizamos-nos da unidade chamada OHM (simbolizada pela letra grega ômega Ω). Esse nome provém do físico Ohm, que descobriu a resistência elétrica, bem como a lei que governa as

três grandezas elétricas principais, ou seja, tensão, corrente e resistência. Dessa forma, quando uma substância apresenta **mais** ou **menos** ohms, quer dizer que ela oferece **maior** ou **menor resistência** à passagem da corrente elétrica.

O oposto da resistência é a condutância, isto é, a propriedade das substâncias permitirem a passagem da corrente elétrica. A unidade com que se mede o grau de condutância de uma substância é o mho (mho nada mais é que a palavra ohm invertida, desde que a condutância é simplesmente o inverso da resistência).

Assim, quando uma substância (um condutor por exemplo) tem **mais** ou **menos mhos**, isso significa que ela permite com maior ou menor facilidade a passagem da corrente elétrica.

O OHM também possui múltiplos e submúltiplos. Entretanto, em vista dessa unidade exprimir, por si só, uma grandeza bastante pequena, não se utilizam os seus submúltiplos (mencionados adiante somente para

conhecimento do aluno), mas sim os seus múltiplos.

MÚLTIPLOS DO OHM

Megohm = 1 000 000 ohms

Kilohm = 1 000 ohms

SUBMÚLTIPLOS DO OHM

Mili-ohm = 0,001 (milésima parte do ohm)

Micro-ohm = 0,000 001 (milionésima parte do ohm).

Vejamos separadamente quais os fatores que influem na resistência dos condutores:

I — **A substância de que é feito o condutor.** Já vimos acima sua influência quando afirmamos que cada substância tem sua resistência própria. A resistividade (ou resistência específica) dos metais é dada em micro-ohms (milionésima parte de ohm) por centímetro cúbico de matéria. A título ilustrativo, damos abaixo uma tabela com a resistência

RESISTÊNCIA ESPECÍFICA DE METAIS A TEMPERATURA DE 25 GRAUS

Substância	Resistência específica por centímetro cúbico, em micro-ohms
Alumínio	2,94
Latão	6 até 9
Constantana	49
Cobre	1,59
Ferro puro	9
Chumbo	20,8
Manganês	43
Mercúrio	95,7
Níquel	10,5
Níquel-cromo	110
Platina	10,8
Prata	1,5
Superior 23	86
Tungstênio	5,4

específica dos metais mais usados na radiotécnica.

II — O comprimento do condutor. Quanto maior for o comprimento do condutor, maior dificuldade terá a corrente elétrica em percorrê-lo, pois, como é natural, o fluxo de elétrons. terá de vencer a resistência da substância de que é feito o condutor, por um percurso maior. Portanto: **A PROPORÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DE UM CONDUTOR E A RESISTÊNCIA DO MESMO É DIRETA**, isto é, quanto maior for o comprimento, maior será a resistência.

III — O diâmetro do condutor. A influência do diâmetro na resistência dos condutores é contrária à do comprimento, isto é, quanto maior o diâmetro, menor será a resistência, pois os elétrons poderão passar através do condutor com maior comodidade, tendo, por isso, menor dificuldade para a sua circulação. Dessa forma, entre dois condutores do mesmo comprimento, feitos com a mesma substância, mas de diâmetros diferentes, oferecerá maior resistência aquele que tiver **menor diâmetro e vice-versa**.

IV — A temperatura em que se encontra o condutor. A influência da temperatura na resistência dos metais é tal que, aumentando-se aquela, a resistência aumentará também. A influência da temperatura nesse particular não é a mesma para todos os metais, porém para um mesmo metal é constante.

A LEI DE OHM

Considerando-se um circuito elétrico, a relação entre a tensão, a resistência do circuito e a intensidade

da corrente que circula pelo mesmo assim se enuncia:

“A INTENSIDADE DA CORRENTE NUM CIRCUITO É IGUAL AO QUOCIENTE QUE SE OBTÉM DIVIDINDO A TENSÃO EXISTENTE ENTRE OS SEUS DOIS EXTREMOS PELA RESISTÊNCIA DO CIRCUITO”.

Esse enunciado pode ser resumido pela fórmula:

$$I = \frac{E}{R} \text{ ou } I = E \div R$$

onde “I” representa a intensidade da corrente em ampères, “E” representa a tensão em volts e “R” representa a resistência em ohms.

De acordo com essa lei, podemos concluir que, com uma tensão invariável, a intensidade da corrente depende da resistência do circuito.

Num circuito elétrico, cuja resistência seja de 100 ohms e a tensão aplicada entre as duas extremidades seja de 200 volts, teremos, de acordo com a lei de Ohm:

$$I = \frac{200}{100} = 2 \text{ ampères}$$

$$\text{ou } 200 \div 100 = 2$$

isto é, a intensidade da corrente será de 2 ampères.

Qualquer um dos fatores que figuram na fórmula $I = \frac{E}{R}$, pode

ser facilmente calculado desde que conheçamos os outros dois.

Assim:

$$R \text{ (resistência)} = \frac{E}{I}$$

e também:

$$E \text{ (tensão)} = R \times I$$

Uma forma bastante prática e fácil de lembrar, por assim dizer, "eternamente" as fórmulas da lei de Ohm, consiste em desenhar um triângulo dividido em três compartimentos, com a palavra "REI" disposta como se vê na figura 7.

No compartimento de cima coloca-se "E" e nos dois compartimentos de baixo colocam-se "R" e "I". Querendo-se achar qualquer um dos valores, basta cobrir com o dedo o símbolo correspondente ao mesmo e a posição dos outros indica a operação a efetuar. Por exemplo, desconhecendo-se a intensidade (I), veremos no triângulo "E" sobre "R" e saberemos que a tensão deve ser dividida pela resistência. Desejando conhecer o valor de "E", acharemos "R" ao lado de "I", ou seja, resistência multiplicada pela intensidade. Para "R" teremos "E" sobre "I" — tensão dividida pela intensidade.

É importante verificar que os valores da tensão, da resistência e da intensidade serão achados respectivamente em volts, ohms e ampères, quando os valores conhecidos, que serviram de base para o cálculo, forem expressos em tais unidades.

Por exemplo, queremos saber qual é a intensidade da corrente no circuito formado por um gerador e uma resistência (fig. 8).

A força eletromotriz produzida pelo gerador é de 100 volts, e o valor da resistência do circuito é de 50 ohms. Segundo a correspondente fórmula da lei de Ohm, a intensidade é igual a volts divididos por ohms:

$$I = \frac{100 \text{ volts}}{50 \text{ ohms}} = 2 \text{ ampères}$$

Consequentemente, a intensidade será 2 ampères em todo o circuito, quando a queda de tensão através da resistência for de 100 volts.

Se a força eletromotriz produzida pelo gerador fosse de somente 50 volts, a intensidade da corrente seria:

$$I = \frac{50 \text{ volts}}{50 \text{ ohms}} = 1 \text{ ampère}$$

Como se vê, sendo a tensão menor, menor será a intensidade da corrente no circuito, o que é lógico, pois sendo menor a força eletromotriz, menor número de elétrons poderá vencer o obstáculo que a resistência do condutor oferece à sua passagem.

Se a f.e.m. produzida pelo gerador for de 500 volts, a intensidade será:

$$I = \frac{500 \text{ volts}}{50 \text{ ohms}} = 10 \text{ ampères}$$

Aumentando a tensão aumentará também a intensidade, pois com maior pressão, maior quantidade de elétrons pode vencer a resistência do condutor.

Vejam agora o que acontece se, em lugar de alterar a tensão, intercalamos uma resistência maior entre os dois pólos do gerador. Sendo a tensão de 100 volts e a resistência de 100 ohms, temos, segundo a lei de Ohm:

$$I = \frac{100 \text{ volts}}{100 \text{ ohms}} = 1 \text{ ampère, ou}$$

seja, a metade da intensidade que tínhamos com 100 volts e 50 ohms.

Portanto, aumentando a resistência diminui a intensidade da corrente no circuito, pois sendo maior o obstáculo, menor número de elétrons é capaz de vencê-lo.

Se intercalarmos uma resistência de 20 ohms aos pólos do mesmo gerador, teremos:

$$I = \frac{100 \text{ volts}}{20 \text{ ohms}} = 5 \text{ ampères}$$

Disso, conclui-se: quanto menor for a resistência num circuito, maior será a intensidade da corrente no mesmo, pois sendo menor a dificuldade achada pelos elétrons, maior quantidade deles passará pelo condutor.

As outras fórmulas são variantes da primeira, pois, conhecendo-se dois

valores, pode-se facilmente calcular o valor desconhecido.

EXEMPLOS

1 — Calculemos a tensão que deve ser aplicada aos dois extremos de uma resistência de 500 ohms, para que a intensidade da corrente na mesma seja de 2 ampères. Segundo a lei de Ohm:

$$E = I \times R, \text{ isto é}$$

$$E = 2 \times 500 = 1\,000 \text{ volts.}$$

2 — Quantos ohms tem a resistência que com 150 volts entre os dois extremos deixa circular 3 ampères?

$$R = \frac{E}{I}, \text{ isto é,}$$

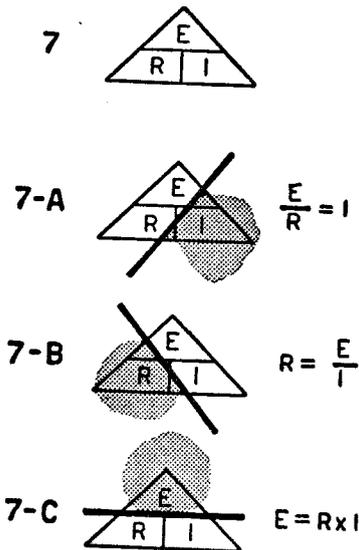


FIG. 7 — A palavra REI, disposta na forma da lei de Ohm. Cobrindo-se a grandeza desconhecida (indicada nas figuras pela área sombreada), conhece-se, pela disposição dos dois restantes sinais, qual a operação a ser efetuada. Por exemplo: querendo-se conhecer a corrente basta cobrir o sinal correspondente (I), resultando então E sobre R.

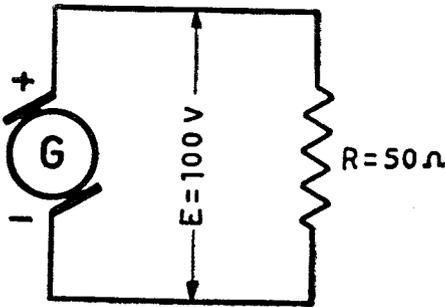


FIG. 8 — Desenho simbólico de um gerador, ao qual está ligada uma resistência de 50 ohms. A tensão fornecida pelo gerador é de 100 volts, podendo-se então calcular a corrente elétrica resultante, pela lei de Ohm.

- V = volt
- kV = quilovolt
- mV = milivolt
- μ V = microvolt
- A = ampère
- mA = miliampère
- μ A = microampère
- Ω = ohm
- k Ω = Kiloohm
- M Ω = megohm
- m Ω = mili-ohm
- $\mu\Omega$ = micro-ohm
- R = resistência do circuito ou parte do circuito (em ohms)
- I = intensidade da corrente (em ampères)
- E = tensão ou força eletromotriz (em volts). Também usada a abreviação f.e.m.
- CC = corrente contínua (em inglês, DC = "direct current").
- CA = corrente alternada (em inglês, AC = "alternating current").

$$R = \frac{150 \text{ volts}}{3 \text{ ampères}} = 50 \text{ ohms.}$$

3 — Qual será a intensidade da corrente numa resistência de 5000 ohms, com 220 volts de tensão entre suas extremidades?

$$I = \frac{E}{R}, \text{ isto é,}$$

$$I = \frac{220 \text{ volts}}{5000 \text{ ohms}} = 0,044 \text{ ampère}$$

(ou 44 miliampères).

Daremos em seguida algumas abreviações mais usadas na radiotécnica:

SÍMBOLOS

Na eletrotécnica em geral, e especialmente na radiotécnica, não se costuma usar nos desenhos dos circuitos as peças reais que o constituem, pois isso seria muito trabalhoso. Substituem-se os desenhos dos diversos componentes por símbolos simples, e para o radiotécnico é absolutamente necessário conhecer os símbolos de capacitores (condensadores) transformadores, bobinas, etc., que compõem os circuitos dos rádios. Nesta lição damos tanto a fotografia de diversos componentes, como seus nomes e os símbolos correspondentes a cada peça.

Pelo uso de tais símbolos, os desenhos de circuitos tornam-se muito simples, tanto para o desenhista como para a pessoa que deve interpretar o desenho.

INSTITUTO MONITOR

FUNDADO EM 1939



CURSO DE RÁDIO, TELEVISÃO E ELETRÔNICA

Lição Teórica

N.º 2

**LIGAÇÃO EM SÉRIE
E EM PARALELO**

Caixa Postal 30.277 — São Paulo — ZP-2

ANALOGIA ENTRE OS CIRCUITOS HIDRÁULICOS E ELÉTRICOS

— 2ª PARTE —

Se colocarmos no circuito hidráulico um registro, ou uma torneira, com o auxílio do mesmo poderemos cortar a circulação da água, fechando o seu caminho e interrompendo assim o funcionamento da turbina. O registro pode ser colocado em qualquer ponto do circuito hidráulico ou da bomba pois, interceptando a "continuidade" do caminho da água, cessará forçosamente a sua circulação.

Como se vê, neste caso também o interruptor hidráulico tem função e efeito idênticos à função e ao efeito do interruptor elétrico.

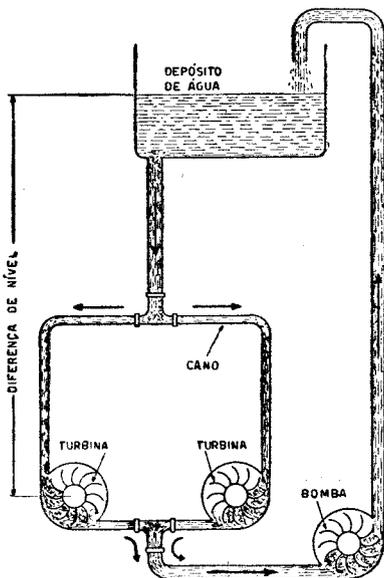


FIG. C

Em ambos os casos intercepta-se a circulação do fluxo, embora quando se trata de água, a interrupção seja feita pela obstrução do cano, enquanto que, tratando-se de eletricidade, interrompe-se a continuidade do caminho dos elétrons pelo afastamento dos contatos que unem os terminais dos condutores.

Um mesmo depósito de água pode alimentar duas turbinas, que, neste caso, ficarão dispostas em "paralelo". Observando a figura C, em que se ilustra a disposição das duas turbinas em paralelo, imediatamente se evidencia a analogia entre a ligação destas com a dos aparelhos elétricos em paralelo.

O fluxo hidráulico será dividido em dois ramos, cada um dos quais passa por uma turbina, pon-do a mesma em ação.

As características principais da alimentação das duas turbinas em paralelo são as seguintes:

- 1ª) O fluxo de água passa em cada turbina de forma independente. Por isso, mesmo que fechemos a passagem da água através de uma das turbinas, a água

(Continua na pág. 17)

CURSO PRÁTICO DE RADIOTÉCNICA

LIÇÃO TEÓRICA Nº 2

LIGAÇÃO EM SÉRIE E EM PARALELO

Quando dois ou mais resistores ou aparelhos elétricos (lâmpadas, motores, rádio, etc.) estão ligados juntos, conforme indicação na figura 1, diz-se que os mesmos estão ligados em PARALELO, em DERIVAÇÃO ou, também, em SHUNT.

Se observarmos cuidadosamente essa figura esquemática, chegaremos às seguintes conclusões:

1º) — Como as extremidades de todos os resistores estão ligadas entre os mesmos pontos do circuito (entre “A” e “B”), a diferença de potencial ou tensão será **exatamente a mesma** entre as extremidades de cada um dos resistores ou aparelhos.

2º) — Em virtude dessa ligação entre os mesmos pontos do circuito, a corrente passará através de cada um de forma independente, isto é, a totalidade da corrente que chega até “A” dividir-se-á entre R-1 e R-2, dependendo a intensidade através de cada um, da sua resistência ôhmica. Naquele cuja resistência for maior, a intensidade da corrente será **menor**, e vice-versa.

As correntes, depois de atravessarem os resistores ligados em paralelo, reúnem-se novamente em “B”, sendo essa soma de corrente igual à intensidade da corrente que partiu de “A” (LEI DE KIRCHOFF).

Examinaremos agora a resistência total que representam esses dois resistores ligados em paralelo.

A tensão (voltagem) existente entre as extremidades dos mesmos é de 200 volts, e a resistência de cada um, de 500 ohms.

A corrente que circula pelo resistor R_1 será, segundo a lei de Ohm:

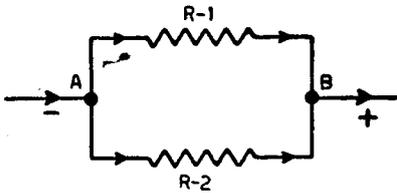
$$I = \frac{E}{R_1} \text{ ou } \frac{200}{500} = 0,4 \text{ ampère}$$

Por isso a intensidade da corrente no resistor R_1 é de 0,4 ampère e como R_2 é também de 500 ohms, deixará passar igual quantidade de corrente. Deste modo, pelos dois resistores passam duas vezes 0,4 ampère, o que quer dizer que a intensidade da corrente será duas vezes maior que com um só resistor.

Daí concluímos que a corrente achará **menor dificuldade** (resistência) em passar, quanto mais resis-

tores tivermos ligados em paralelo, pois cada um destes permitirá circular uma porção da mesma, de acordo com o seu valor em ohms. A intensidade da corrente sempre será maior através de todo o conjunto do que em qualquer um dos resistores que fazem parte do mesmo.

Se temos dois resistores em paralelo, sendo ambos do mesmo valor.



LIGAÇÃO EM PARALELO

FIG. 1

a intensidade da corrente será duas vezes maior que através de um só resistor. Portanto, a resistência "efetiva" será igual à metade do valor de um deles (ou seja, 250 ohms, para o conjunto da figura 1).

Quando os resistores ligados em paralelo não são do mesmo valor, temos duas fórmulas para calcular a resistência total representada pelos mesmos. A primeira (que só serve para o caso de serem dois os resistores) é:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

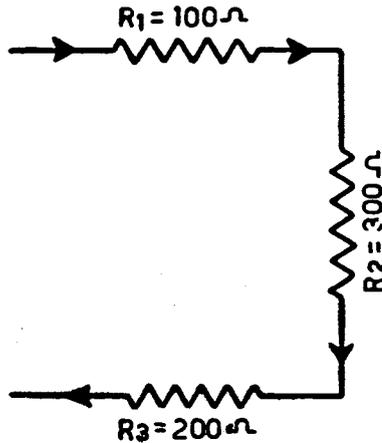
Acha-se a resistência total que representam os dois resistores ligados em paralelo, dividindo o seu produto pela sua soma. Por exemplo: temos um resistor de 500 e outro de 300 ohms, ligados em paralelo, e desejamos saber a resistência efetiva do conjunto. Multiplicamos primeiro

$$500 \times 300 = 150\ 000$$

Em seguida, dividimos os 150 000 achados pela soma das duas resistências, ou seja, $500 + 300 = 800$, obtendo 187,5 ohms.

A segunda fórmula, que permite calcular o valor de vários resistores ligados em paralelo, é:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$



LIGAÇÃO EM SÉRIE

FIG. 2

Essa fórmula é aplicável para qualquer número de resistores, porém, sua solução exige prática nas operações com frações.

Quando dois ou mais resistores estão ligados de tal maneira que a corrente tem de passar num para entrar no outro, e assim sucessivamente, diz-se que esses resistores estão **ligados em série** (fig. 2).

A resistência total do circuito formado por vários resistores ligados em série é igual à **soma dos valores de todos os resistores** que compõem o circuito.

Por exemplo, na figura 2, temos três resistores ligados em série, sendo que:

$$\begin{aligned} R_1 &= 100 \text{ ohms} \\ R_2 &= 300 \text{ ohms} \\ R_3 &= 200 \text{ ohms} \end{aligned}$$

$$R_t \text{ (resist. total)} = 600 \text{ ohms}$$

Quando os resistores estão ligados em série, a intensidade da corrente em todos eles será igual: porém, a diferença de potencial entre as extremidades de cada um será diferente, pois será proporcional ao seu valor em ohms.

Por exemplo: na figura 3, vemos dois resistores ligados em série, ambos de 250 ohms, com 100 volts de diferença de potencial aplicados nas duas extremidades do circuito.

A corrente que flui através do conjunto será:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{500} = 0,2 \text{ ampère}$$

(dois décimos de ampère — Lei de Ohm).

A tensão entre as extremidades do resistor R_1 será, neste caso:

$$E = R \times I \text{ ou } E = 250 \times 0,2 = 50 \text{ volts.}$$

(Esta é outra aplicação da Lei de Ohm).

Portanto, a tensão existente entre as extremidades de R_1 é de 50 volts. Como, porém, R_1 e R_2 são iguais, a tensão entre as extremidades de R_2 será também de 50 volts.

Se R_1 fosse maior do que R_2 , a queda de tensão em R_1 seria também maior, proporcionalmente, e em R_2 seria menor; porém, a soma das quedas de tensão, produzidas pelos

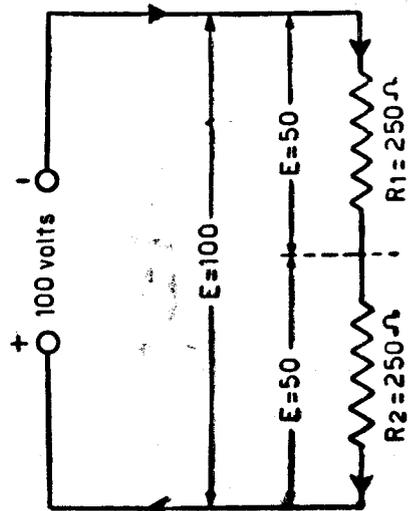


FIG. 3

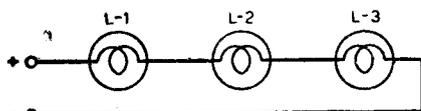
dois resistores, sempre é igual à tensão total aplicada entre as extremidades do circuito (neste caso, 100 volts).

Na figura 2 temos três resistores ligados em série (600 ohms). Suponhamos que a tensão total aplicada no circuito seja de 300 volts. Consequentemente, a intensidade da corrente em todo o circuito será de:

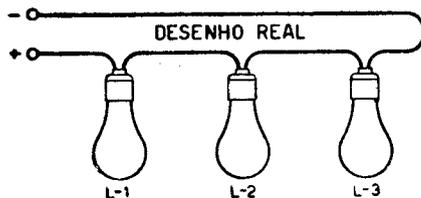
$$I = \frac{300}{600} = 0,5 \text{ ampère.}$$

A queda produzida pelo resistor R_1 (100 ohms) será:

$$100 \times 0,5 = 50 \text{ volts}$$



DESENHO SIMBÓLICO



LÂMPADAS EM SÉRIE

FIG. 4

A queda no resistor R_2 será:

$$300 \times 0,5 = 150 \text{ volts.}$$

E, finalmente, a queda em R_3 será:

$$200 \times 0,5 = 100 \text{ volts.}$$

Somando as quedas de tensão produzidas em cada um dos resistores, temos:

$$50 + 150 + 100 = 300$$

ou seja, a tensão total aplicada nas extremidades do circuito.

Na figura 4 temos três lâmpadas ligadas em série. Se as três lâmpadas ligadas são iguais, a tensão entre as mesmas dividir-se-á em partes iguais, porém, se são de diferentes consumos, a tensão dividir-se-á de acordo com a sua resistência interna.

Em alguns circuitos de rádio, a ligação dos filamentos das válvulas é feita em série, porém, neste caso, é indispensável que todas as válvulas requeiram a mesma intensidade, pois já vimos antes que num circuito em série a intensidade é a mesma em qualquer ponto do circuito.

Se chegasse a queimar o filamento de alguma dessas válvulas, o circuito ficaria interrompido e se apagariam também todas as outras.

As primeiras características do circuito em série são:

1º — A resistência total é igual à soma das resistências ôhmicas de cada um dos componentes do circuito.

2º — A intensidade de corrente é igual através de todo o circuito.

3º — A tensão entre as duas extremidades de cada componente (resistor, válvula, etc.) é proporcional à resistência ôhmica do mesmo.

4º — A soma das tensões existentes entre as extremidades de cada um dos resistores é igual à tensão total aplicada no circuito.

5º — Interrompendo-se a “CONTINUIDADE” em qualquer um dos resistores, ou em qualquer parte do circuito, a corrente deixará de circular em todos os resistores, pois o circuito ficará “ABERTO”.

As principais características do circuito em paralelo são:

1º — A diferença de potencial entre as extremidades de cada um dos componentes é a mesma.

2º — A intensidade de corrente através de cada resistor é inversamente proporcional ao valor deste resistor.

3º — A interrupção da passagem da corrente através de qualquer um dos resistores (ramais) não afeta em nada a passagem da corrente através dos outros.

4º — O valor que representam dois ou mais resistores ligados em paralelo é sempre menor que o valor do **menor** resistor que faz parte do conjunto.

FORÇA E EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica é uma energia transformável em outras (como, por exemplo, a térmica, a mecânica, etc.). Da mesma maneira que se tem a “caloria” para medir quantidade de calor e o “cavalo-vapor” (C.V.), ou “horse-power” (H.P.), para a potência mecânica, tem-se as unidades de medida (ou de comparação), o “joule”, o “watt” e o “watt-hora” para a energia elétrica.

A potência (watts) é o produto da f.e.m. (volts) pela intensidade da corrente (ampères).

W (watts) = $E \times I$ (volts \times ampères).

Conforme o tempo durante o qual esta potência elétrica está desenvolvendo seu esforço, ter-se-á:

$$E \times I \times t$$

onde, se “t” (tempo) está em segundos, a energia será expressa em “watt-segundo” ou “joule”. Se, porém, “t” for dado em horas, obter-se-á o “watt-hora” como unidade da energia desenvolvida pela corrente elétrica (ou da quantidade de energia elétrica empregada).

A energia elétrica pode ser transformada em três outros tipos de energia:

- 1º — Térmica;
- 2º — Magnética;
- 3º — Química.

(e em energia mecânica e luminosa, indiretamente). A equivalência entre as unidades de potência é a seguinte:

Para produzir a potência contínua de 1 cavalo de força (ou 1 H.P.) são necessários 736 watts de energia elétrica e, para produzir uma caloria (elevar a temperatura de um litro de água de 1 grau centígrado), precisa-se de 1,16 watt durante uma hora, ou seja 1,16 “watt-hora”.

Trataremos, em continuação, da maneira como se processa a transformação da energia elétrica.

O EFEITO TÉRMICO

Quando a corrente elétrica passa por um condutor, produz o seu aquecimento. Esse aquecimento é consequência do atrito que se verifica entre os elétrons em movimento e os átomos da substância do condutor. Quanto menor a seção do condutor, maior será o atrito entre os elétrons e os átomos, pois disporão de menos espaço para a sua livre circulação, provocando o aquecimento excessivo do mesmo. Outrossim, pelo aumento da intensidade da corrente, que equivale ao aumento do número de elétrons circulantes, o atrito e o calor produzido em consequência crescerão proporcionalmente.

A matéria, conforme a sua natureza, tem também sua influência sobre o efeito térmico produzido pela passagem da corrente elétrica. Nos bons condutores, o efeito térmico será muito reduzido, pois estes facilitam a passagem dos elétrons, opondo à circulação dos mesmos um mínimo obstáculo. Nos maus condutores, porém, o efeito térmico será bastante considerável, pois a corrente elétrica terá de vencer a maior resistência que os mesmos opõem à sua passagem.

Em certos casos, a obtenção de um pronunciado efeito térmico da corrente elétrica é desejado, como, por exemplo, com os aquecedores elétricos, lâmpadas, etc. Isto se consegue fazendo passar a corrente

através de um condutor de qualidade inferior e de diâmetro relativamente reduzido, a fim de que o atrito dos elétrons no condutor seja grande.

Neste caso, graças ao efeito térmico da corrente, podem-se obter temperaturas elevadíssimas (existem até fornos elétricos para fundição de metais).

Nas lâmpadas de iluminação, a corrente é obrigada a passar no seu interior, através de uma espira feita com um condutor finíssimo que, em consequência do efeito térmico, aquece-se a uma temperatura tão elevada, a ponto de ficar branco de calor. Se extrair-se previamente o ar da ampola de vidro em que está fechado o condutor espiral, a falta de oxigênio evitará a sua combustão, fazendo com que proporcione iluminação durante muito tempo sem se queimar. A energia elétrica, nesse caso, será transformada em calor e, indiretamente, em luz.

Para se conhecer a quantidade de energia transformada, multiplica-se a diferença de potencial existente entre as duas extremidades do aquecedor (ou lâmpada, ou de um resistor qualquer) pela intensidade da corrente que circula através do mesmo.

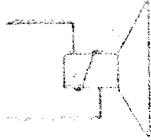
Por exemplo: sendo de 5 ampères a intensidade da corrente através de um aquecedor, cujas extremidades estão ligadas aos dois pólos de um

SÍMBOLOS USADOS EM RÁDIO

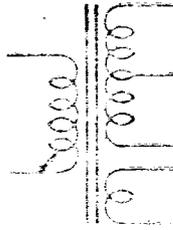
**ALTOFALANTE DINÂMICO
COM ÍMÃ PERMANENTE**



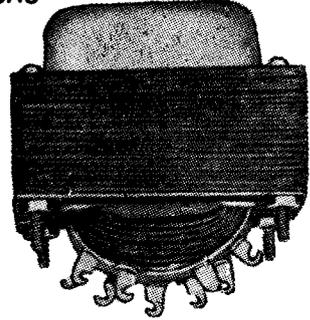
SÍMBOLO



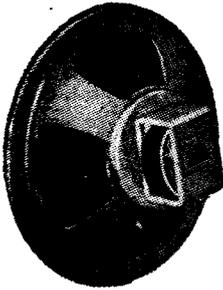
**TRANSFORMADOR DE FÔRÇA
OU ALIMENTAÇÃO**



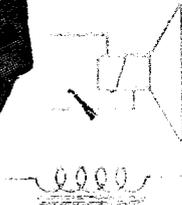
SÍMBOLO



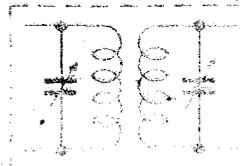
**ALTOFALANTE DINÂMICO
COM CAMPO**



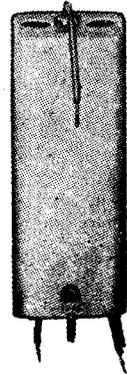
SÍMBOLO



**TRANSFORMADOR DE R.F. SINTONIZADO
(TRANSF. DE F.I.)**



SÍMBOLO



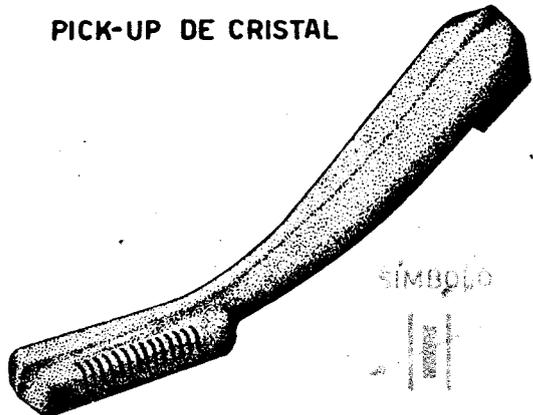
BATERIA DE PILHAS



SÍMBOLO

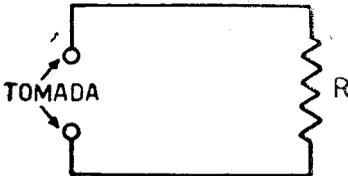


PICK-UP DE CRISTAL



SÍMBOLO

gerador de 110 volts (o que poderá ser feito por intermédio da tomada de corrente), a potência elétrica transformada em calor será de 550 watts (isto é, 5 ampères vezes 110 volts — Fig. 5).



DESENHO SÍMBOLICO DO CIRCUITO ACIMA

$$\text{POTÊNCIA GASTA} = I \times E$$

FIG. 5

A intensidade da corrente elétrica através de um condutor depende da resistência do mesmo. O efeito térmico é a consequência da passagem da corrente e, por isso, existe uma relação entre a resistência do condutor e o efeito térmico produzido.

Por um lado, o efeito térmico é proporcional ao número de watts e, portanto:

$$\text{watts} = \text{volts} \times \text{ampères};$$

Pela Lei de Ohm, porém, também podemos dizer:

$$\text{volts} = \text{ohms} \times \text{ampères}.$$

Substituindo os volts indicados na primeira fórmula pelo valor apresentado na segunda fórmula, temos:

$$\text{watts} = (\text{ohms} \times \text{ampères}) \times \text{ampères}.$$

Introduzindo os símbolos, teremos a fórmula final para se achar a potência, quando ocorre efeito térmico:

$$W = R \times I \times I$$

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

A diferença de potencial que se estabelece entre as duas extremidades de um resistor, ou de uma parte do circuito elétrico, denomina-se “queda de potencial”. A queda de potencial produzida pela resistência do circuito, ou parte do circuito, pode ser achada com o auxílio da Lei de Ohm.

$$E = R \times I$$

Com exceção dos casos especiais, devemos tratar, na maioria das ocasiões, de reduzir o efeito térmico da corrente nos fios ao mínimo possível, pois representa um desperdício de energia, o que equivale a um desperdício de dinheiro.

Quando se tratar de fazer a ligação entre a fonte da corrente e o artefato ou equipamento que ela deve “alimentar” (por exemplo: uma lâmpada de iluminação ou um motor), devemos empregar um condutor cujo diâmetro permita a circulação da corrente, de tal maneira que o atrito produzido entre os elétrons em movimento e os elétrons do con-

ductor seja o mais reduzido possível. Dessa forma reduzir-se-á ao mínimo o desperdício de força produzida pelo efeito térmico e, por outro lado, eliminar-se-á a queda de tensão que o condutor poderá produzir.

Este último ponto é de grande importância, pois acontece frequentemente que, devido à grande resistência do condutor (ou ao seu reduzido diâmetro), a corrente sofre uma considerável queda de tensão e a diferença de potencial entre as extremidades do aparelho alimentado será bem menor que a tensão produzida pelo gerador.

A esse fato se deve a grande oscilação da tensão em certas localidades. Por exemplo: se uma usina em condições normais fornece 120 volts e a linha de transmissão produz uma queda de tensão de 10 volts, ter-se-ão 110 volts na tomada de corrente, ou extremos da lâmpada do consumidor. Quando, porém, a carga diminui, a queda de tensão já não será tão grande e na tomada da corrente a tensão subirá até, digamos, 118 volts. Aumentando a carga e, em consequência, a queda de tensão, a tensão nas tomadas será talvez menor que 110 V.

Estas oscilações de tensão prejudicam enormemente, não só o funcionamento dos rádios como também dos motores elétricos utilizados numa infinidade de aparelhos.

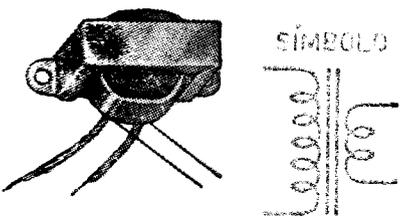
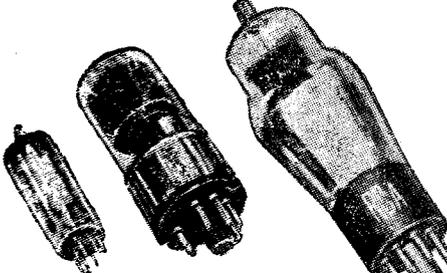
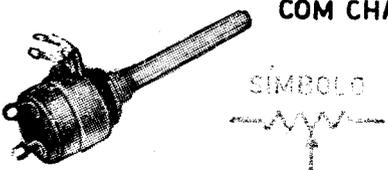
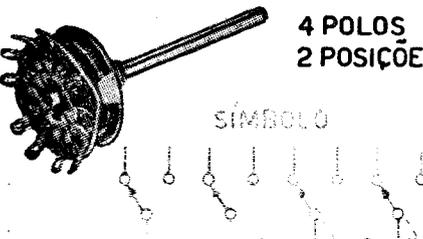
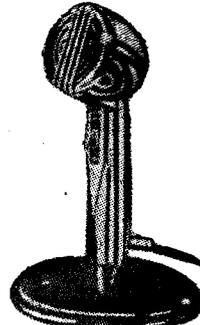
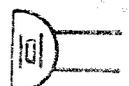
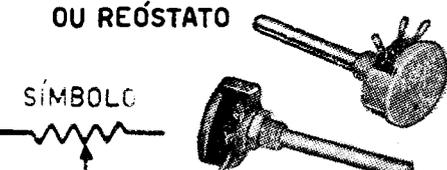
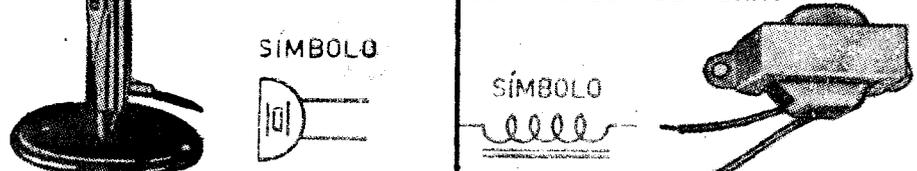
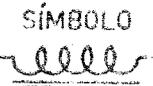
É do interesse das próprias empresas de eletricidade eliminar este defeito, pois a energia absorvida pelas linhas é dinheiro perdido, já que os medidores apenas acusam a corrente consumida pelos aparelhos ligados nas suas saídas.

Evita-se esse prejuízo com linhas de transmissão bastante grossas, para que, com a carga máxima previsível, a queda de tensão seja a menor possível.

De acordo com a Convenção Internacional dos Engenheiros Eletricistas, a intensidade máxima que se recomenda fazer circular através de um condutor de um milímetro quadrado de seção é de 5 ampères. Isto, quando se trata de instalação externa, em lugar onde a perfeita ventilação do condutor está assegurada, pois deve-se ter em conta que o efeito térmico jamais poderá ser eliminado inteiramente e que, por melhor que seja a qualidade do condutor, este sempre se aquecerá, embora em proporções reduzidas.

Quando, porém, o condutor está instalado em lugares mal ventilados, ou é empregado em enrolamentos de bobinas (motores, transformadores, etc.), a intensidade da corrente, por milímetro quadrado, deverá ser menor que o valor anteriormente mencionado. Dessa forma, evita-se o aquecimento excessivo do mesmo, assim como a consequente queima de

SÍMBOLOS USADOS EM RÁDIO

<p>TRANSFORMADOR DE BAIXA FREQUÊNCIA (SAÍDA)</p>  <p>SÍMBOLO</p>	<p>VÁLVULAS TERMOIÔNICAS</p> 
<p>POTENCIÔMETRO COMBINADO COM CHAVE</p>  <p>SÍMBOLO</p>	<p>OS SÍMBOLOS CONSISTEM NUM CÍRCULO, DENTRO DO QUAL SÃO DESENHADOS OS ELETRODOS</p>  <p>2 ELETR. PLACA CATODO</p> <p>3 ELETR. PLACA GRADE CATODO</p>
<p>CHAVE DE ONDA</p> <p>4 POLOS 2 POSIÇÕES</p>  <p>SÍMBOLO</p>	<p>FUZÍVEL</p>  <p>SÍMBOLO</p>
<p>MICROFONE DE CRISTAL</p>  <p>SÍMBOLO</p> 	<p>POTENCIÔMETRO OU REÓSTATO</p>  <p>SÍMBOLO</p>
<p>CHOQUE DE BAIXA FREQUÊNCIA COM NÚCLEO DE FERRO</p>  <p>SÍMBOLO</p>	

isolação e a formação de curto-circuito (ligação direta) entre as espiras.

Usam-se frequentemente, nos aparelhos de rádio, resistores redutores de tensão, os quais produzem quedas de potencial, absorvendo, ou melhor, transformando uma parte da potência elétrica em calor. Os resistores usados nos rádios são de diversos valores e classificados pela sua capacidade de dissipação de calor, isto é, pela sua capacidade de

de calor, uma parte da energia elétrica existente no circuito, sem se aquecerem excessivamente. Independentemente de sua resistência ôhmica, encontram-se resistores de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 5 e mais watts. Isto significa que estes resistores são capazes de transformar em calor a quantidade de energia correspondente às suas dimensões sem, contudo, se aquecerem demasiadamente.

Carregando um resistor acima de sua capacidade nominal de dissipação, este queimar-se-á rapidamente. Quando, porém, a carga for menor do que a capacidade de dissipação, o resistor funcionará "descansado", aumentando a sua duração.

Nos radioreceptores empregam-se resistores em grande profusão.

Os resistores mais usados dividem-se nas seguintes categorias:

RESISTORES FIXOS

Chama-se resistor fixo ao resistor cujo valor (em ohms) é inalterável e que, na maioria das vezes, é feito de grafite ou carbono. Os resistores são fabricados em uma série de valores, desde poucos ohms ou mesmo fração de ohm, até mais de 10 megohms (1 megohm é igual a 1 000 000 ohms). É de grande importância saber que a capacidade máxima em que são fabricados os resistores de grafite é de 5 watts.

RESISTORES DE CARBONO

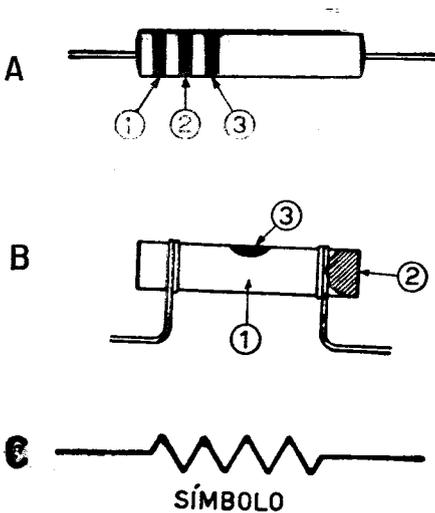


FIG. 6

transmitir ao ambiente o calor produzido neles pelo efeito térmico da corrente elétrica. Assim, temos resistores de vários tamanhos e que são capazes de dissipar, em forma

A forma dos resistores fixos está ilustrada na figura 6, onde se vê também o seu desenho simbólico.

Como a identificação do valor da resistência é de fundamental importância para a reparação dos rádios, adotou-se u'a maneira engenhosa que permite conhecer o valor das resistências (em ohms) com facilidade. Esta medida consiste na marcação, com diversas cores, da superfície do resistor.

O código das cores empregadas é o seguinte:

Os resistores possuem três (ou quatro) anéis coloridos, junto de uma das suas extremidades. Vamos inicialmente examinar o caso simples, de três anéis, que devem ser interpretados da seguinte maneira (Fig. 6-A). A leitura do valor é sempre iniciada pelo anel mais próximo da extremidade

1º anel — indica o 1º algarismo;
 2º anel — indica o segundo algarismo;
 3º anel — indica o número de zeros que devem ser acrescentados aos primeiros dois algarismos. As cores têm o seguinte significado:

Preto	0
Marrom	1
Vermelho	2
Laranja	3
Amarelo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Cinza	8
Branco	9

EXEMPLOS

Um resistor possui as seguintes cores nos seus anéis;

1º vermelho, 2º verde e 3º amarelo. Quantos ohms tem o mesmo?

O vermelho de 1º anel vale 2; o verde do 2º vale 5 e o amarelo do 3º anel significa que devemos adicio-

RESISTÊNCIA DE FIO

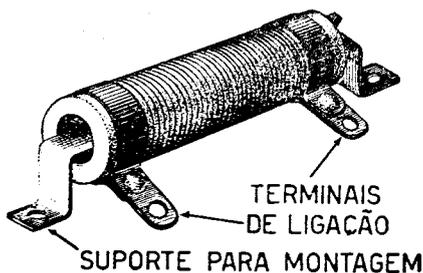


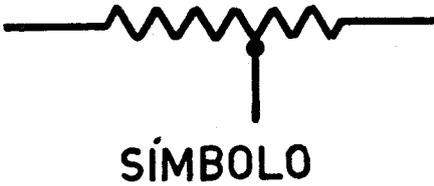
FIG. 7

nar mais quatro zeros. O valor do resistor será, portanto, 2 seguido de 5 e mais quatro zeros, ou seja, 250 000 (duzentos e cinquenta mil) ohms.

Se as cores dos anéis fossem, respectivamente, azul, branco e marrom, o valor do resistor seria azul 6, branco 9 e marrom, um zero, ou seja, 690 ohms.



FIG. 8



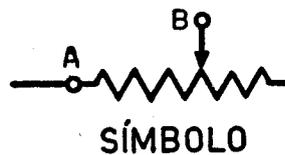
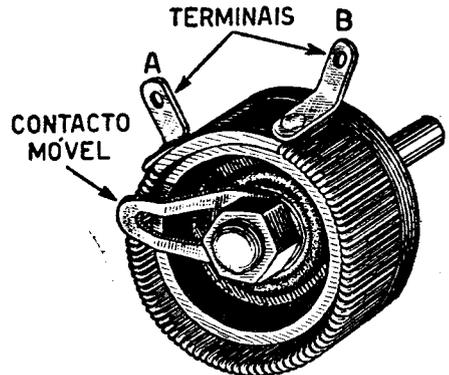
SÍMBOLO

Se um resistor possui o 1º anel vermelho, o 2º preto e o 3º também preto, o seu valor será: vermelho, 2, preto, 0 e preto, nenhum zero a adicionar, ou seja, o valor do resistor será de 20 ohms.

prateado significa uma tolerância de 10%; quando não existe nem anel dourado, nem prateado, a tolerância é de 20%.

Ainda outro exemplo. Um resistor possui os três anéis vermelhos. Seu valor será: vermelho = 2, vermelho = 2 e vermelho, 2 zeros adicionais ou 2 200 ohms.

É muito importante que a leitura comece pelo anel colocado mais próximo de uma das extremidades do resistor.



SÍMBOLO

FIG. 9

Algumas vezes os resistores possuem um quarto anel, de cor dourada ou prateada. Essas cores servem para indicar a tolerância. Um anel cor de ouro indica uma tolerância de 5% para mais ou para menos; o anel

Em outras palavras, se um resistor de 10 000 ohms está marcado com um anel cor de ouro, seu valor pode variar entre 9 500 ohms (10 000 — 5%) e 10 500 ohms (10 000 + 5%). Se estiver marcado com um anel cor de prata, o seu valor pode variar entre 9 000 e 11 000 ohms ($\pm 10\%$) e se não tiver o 4º anel, o seu valor estará entre 8 000 e 12 000 ohms.

Antigamente, os resistores possuíam o aspecto indicado na Fig. 6-B e a sua marcação era feita de modo diferente. Como o aluno ainda poderá encontrar em receptores, resistores deste tipo, vamos dar também a sua identificação. A cor do corpo indica o primeiro algarismo; a cor da cabeça indica o segundo algarismo e a cor da pintinha, no centro do corpo, indica o número de zeros. As cores têm o mesmo significado que no caso dos anéis. Estes resistores podem ter uma pintinha dourada ou prateada, que possui significado igual ao do 4º anel, já explicado.

Existem resistores que não usam código de cores para a marcação de seu valor; nestes, o valor está impresso no corpo do resistor.

Conhece-se a capacidade de dissipação de calor do resistor pelas suas dimensões. Os resistores com capacidade de meio watt possuem cerca de 15 mm de comprimento, aproximadamente. Os resistores de um watt possuem cerca de 30 mm de comprimento e um diâmetro propor-

cionalmente maior. Os de capacidade maior são também mais compridos e mais grossos e os de menor capacidade de dissipação, proporcionalmente menores. Os resistores de grafite encontram-se nas casas de comércio do ramo, em capacidades de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3 e 5 watts.

Quando se precisa de um resistor fixo com capacidade de dissipação maior do que 5 watts, emprega-se resistor de fio (fig. 7). Estes, conforme forem feitos com fio mais ou menos grosso, e as espiras enroladas

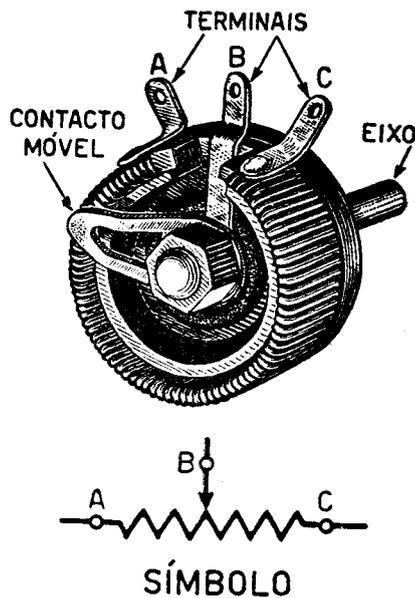


FIG. 10

juntas ou separadas, terão uma capacidade de dissipação de calor maior ou menor.

Há resistores de fio com capacidade de mais de 2 000 watts.

OS RESISTORES AJUSTÁVEIS

Os resistores de fio, muitas vezes, são providos com uma ou mais braçadeiras corrediças que efetuam contato com qualquer ponto do fio. Essas braçadeiras, sendo fixadas num determinado ponto do resistor, dividirão o mesmo em duas partes. O valor de cada parte pode ser regulado pelo ajuste da braçadeira (fig. 8).

OS RESISTORES VARIÁVEIS OU REOSTATOS

Empregam-se nos aparelhos de cinema e aparelhos médicos resistores cujos valores podem ser alterados de maneira fácil e contínua entre um valor mínimo e um máximo (fig. 9). Os reostatos possuem duas tomadas que, ligadas num circuito, podem variar à vontade sua resistência.

POTENCIÔMETROS

Os potenciômetros são resistores equipados com um contato móvel, cuja posição é variável, e 3 terminais, um para cada extremo do resistor e um correspondente ao contato móvel. Assim, o contato móvel divide a resistência em duas seções (Fig. 10). Se o contato estiver exatamente na metade da resistência, entre os pontos A e B medir-se-á o mesmo valor que entre B e C. Deslocando-se o contato para qualquer lado, uma seção aumentará de valor e a outra decrescerá proporcionalmente. Por exemplo, desloca-se o contato B na direção de A; o valor da seção A-B diminuirá, aumentando proporcionalmente o valor da seção B-C.

Os potenciômetros poderão ser usados também como reostato, se forem ligados ao circuito apenas uma das extremidades do resistor e o contato variável.

(Continuação da 2ª capa)

continuará passando pela outra sem variação na sua intensidade.

2ª) A intensidade do fluxo depende da grossura do cano correspondente, pois, quanto maior for este, menor será a resistência que oferecerá à passagem da água pelo que, naturalmente, u'a maior quantidade fluirá pelo ramal.

3ª) A soma do volume da água que se divide pelos dois ramaes, é exatamente igual ao volume que se reúne no cano inferior. (Esta analogia entre as características do circuito hidráulico e do circuito elétrico facilitará particularmente a compreensão da lei de Kirchoff).

4ª) Torna-se evidente também que a quantidade de água que pode passar por duas turbinas alimentadas em paralelo, sempre será maior que a quantidade que pode passar por uma delas, por grande que esta seja, mesmo que a segunda seja pequena. Isto é, em outras palavras, a condutância é o inverso da resistência; ainda desta vez podemos servir-nos da analogia entre os circuitos hidráulicos e elétricos para demonstrar que a resistência que oferecem duas turbinas juntas (como também duas resistências em paralelo) é sempre menor que a de qualquer uma do conjunto. Aplica-se, naturalmente, tudo o que foi dito acima, a todos os casos de alimentação em paralelo, mesmo que sejam mais de duas.

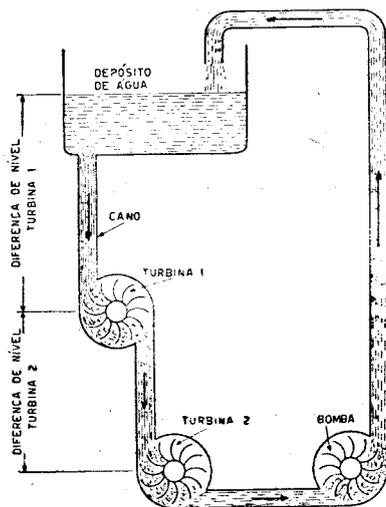


FIG. D

É de grande importância para o perfeito funcionamento das duas turbinas que a bomba tenha capacidade suficiente para poder elevar até ao depósito a mesma quantidade de água que passa pelas turbinas, pois, se a bomba for insuficiente, o funcionamento das turbinas sofrerá transtornos, quer pelo fato de se acabar a água no depósito, quer por se acumular a água no cano que vai das turbinas até a bomba. Vê-se, pois, de maneira bem evidente, que a bomba no circuito hidráulico e o gerador no circuito elétrico, devem ter capacidade suficiente, a fim de manter em funcionamento,

contínuo e simultâneo, os aparelhos ou maquinaria alimentados pelos mesmos.

É também evidente que, se a capacidade da bomba for maior que a necessária, o funcionamento das turbinas não ficará prejudicado em nada, de onde se deduz que a capacidade dos geradores no circuito elétrico também pode ser maior que a necessária.

Na figura "D" pode ser vista a disposição de duas turbinas alimentadas em série pelo mesmo depósito de água. A água, após impulsionar as pás da turbina superior, passará pela turbina colocada mais abaixo, pondo-a também em movimento.

Pela semelhança existente entre os circuitos elétricos e hidráulicos, podemos tirar as seguintes conclusões:

a) A água, como a corrente elétrica, só pode circular através de dois aparelhos ligados em série se a sua passagem for livre em ambos. Fechando a passagem do fluxo em qualquer uma das turbinas, dei-

xará de circular a água na outra também.

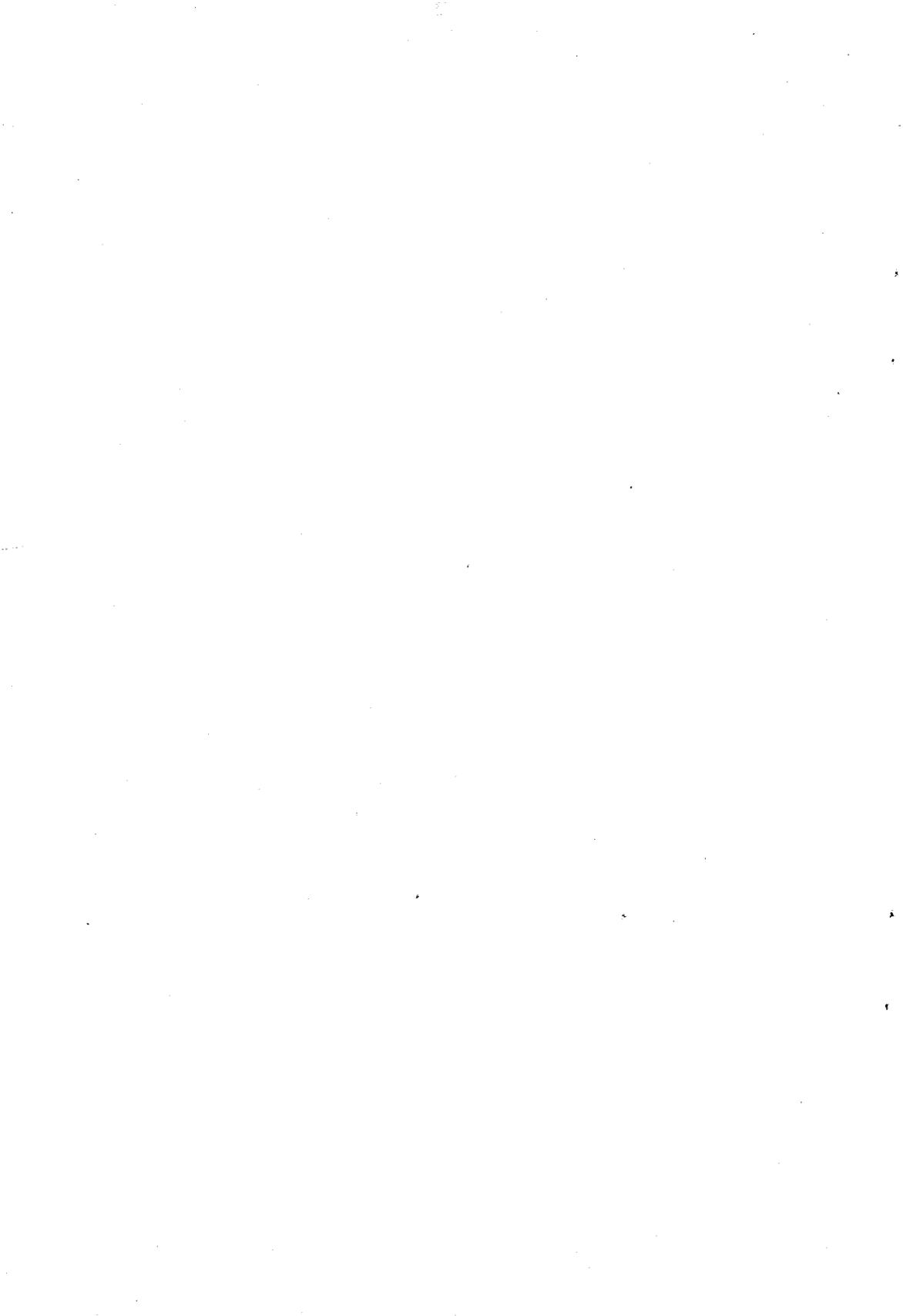
- b) A parte mais estreita de um cano de água determinará o volume de água que pode passar por um sistema hidráulico. Portanto, se uma das turbinas for de menor capacidade, a intensidade do fluxo hidráulico será determinada pela mesma ou, em outras palavras, a intensidade do fluxo será a mesma em todos os aparelhos alimentados em série. Da mesma maneira, quando se tratar de eletricidade, a intensidade do fluxo eletrônico será a mesma em todas as resistências ou artefatos ligados em série.
- c) Dispondo as turbinas em série, a pressão hidráulica consequente da diferença de nível entre o depósito de água e as turbinas, dividir-se-á entre as mesmas, da mesma maneira como na eletricidade a força eletromotriz, representada pela diferença de potencial existente entre os pólos do gerador, se dividirá entre os acessórios ligados em série.

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR S/A.

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDÊNCIA

01208 - Rua dos Timbiras, 263 - Caixa Postal 30.277 - S. Paulo - ZP-2

BRASIL.



INSTITUTO MONITOR

FUNDADO EM 1939

CURSO DE RÁDIO, TELEVISÃO E ELETRÔNICA

Lição Prática

N.º 1

Os Circuitos Elétricos

Caixa Postal 30.277 — São Paulo — ZP-2

CURSO PRÁTICO DE RADIODÉCNICA

LIÇÃO PRÁTICA N 1

OS CIRCUITOS ELÉTRICOS

Recomendamos aos alunos iniciarem a leitura da presente lição só depois de terem estudado bem as duas primeiras lições teóricas.

Diariamente encontramos exemplos sobre os circuitos elétricos, que provam as verdades dos princípios teóricos que constam da nossa primeira lição. Ao acender a luz do nosso quarto ou ao apagá-la, estamos fechando ou abrindo a união entre os dois pólos do gerador e a lâmpada. Nesse caso, são as lâmpa-

das e os fios da instalação que representam o circuito externo aplicado entre os pólos do gerador de corrente que é o dínamo da usina elétrica. A ligação entre os dois pólos do gerador e o circuito representado pela lâmpada e a instalação é feita através do interruptor e de todos os aparelhos de controle que possui a usina.

Na figura 1 temos o desenho ao natural das ligações; na figura 1-A usamos os símbolos correspondentes à lâmpada e ao interruptor (para facilitar o desenho).

O interruptor é um mecanismo que permite de maneira fácil e cômoda "interromper" a continuidade de um circuito elétrico, como também permite executar a operação inversa com facilidade, isto é, completar o circuito elétrico, para permitir o fluxo dos elétrons. Os circuitos elétricos simples podem achar-se em três condições, que são:

1º) **Aberto**, quando a "continuidade" do caminho dos elétrons está interrompida. Neste caso, o pólo negativo do gerador encherá de elétrons a parte da instalação elétrica que ficará entre ele e o terminal correspondente do interruptor. O pólo positivo do gerador, por sua vez, extrairá todos os elétrons livres

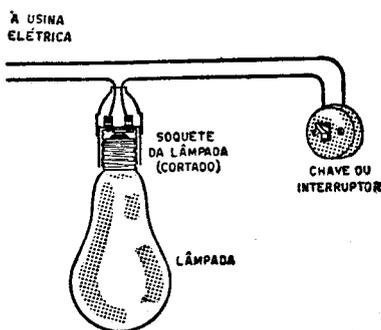


FIG. 1

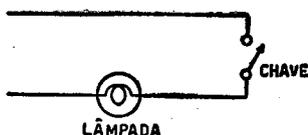


FIG. 1-A

existentes na parte do circuito que fica entre ele e o outro terminal do interruptor. Porém, uma vez que o pólo positivo extrai todos os elétrons disponíveis da sua parte, ficará paralisado o efeito da f.e.m. produzida pelo gerador, pois os dois terminais do interruptor estão isolados entre si e não permitem a transferência dos elétrons de um lado ao outro. Neste caso, os dois terminais do interruptor representarão praticamente os dois pólos do gerador, pois a diferença de potencial existen-

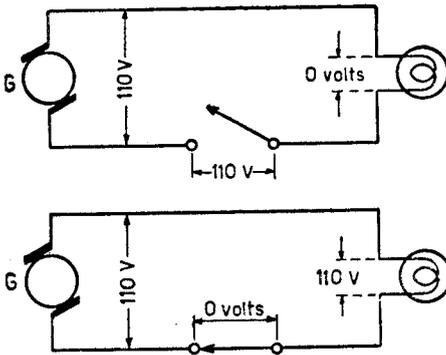


FIG. 2 — (Em cima) Estando a chave aberta, a tensão sobre a lâmpada é zero e os 110 volts aparecerão através dos pólos da chave.

FIG. 3 — (Em baixo) Fechando-se a chave, os 110 volts aparecerão sobre os 2 pólos da lâmpada.

te entre esses pólos existirá também entre os dois terminais da chave.

Se, por exemplo, a tensão produzida pelo gerador que alimenta o circuito for de 110 volts, a diferença de potencial entre os terminais do interruptor será de 110 volts (fig. 2).

A interrupção da continuidade de um circuito pode ser voluntária, quando, por exemplo, é feita com o auxílio do interruptor (chave), ou accidental, isto é, quando, devido a causas fortuitas, quebra-se algum dos fios condutores ou o "filamento" no interior da lâmpada.

Quando o circuito se acha **aberto**, a sua resistência é imensamente grande e, portanto, não permitirá a circulação de corrente elétrica (a intensidade de corrente no circuito é igual a zero).

2º) Acha-se **fechado** o circuito quando o caminho dos elétrons está completo. Neste caso, a intensidade da corrente no circuito é inversamente proporcional à resistência do mesmo (fig. 3).

3º) Está em **curto-circuito** quando o fluxo elétrico pode passar do pólo negativo ao pólo positivo, sem ter de percorrer todo o circuito.

Na maioria das vezes, quando se dá este caso, a intensidade da corrente no circuito aumenta consideravelmente, pois ficou reduzida a resistência que terá de vencer na sua passagem.

Os condutores que se empregam para completar o circuito entre os pólos do gerador e o artefato (no nosso caso a lâmpada) devem ter diâmetro adequado, a fim de permitirem a passagem dos elétrons sem dificuldades. Se a intensidade da corrente for excessivamente grande em relação ao diâmetro do condutor, este se aquecerá (vide lição teórica

nº 2, efeito térmico da corrente). Este aquecimento é perigoso, pois pode provocar a combustão do material empregado na isolação do condutor e daí propagar-se a outros objetos, dando origem a um incêndio.

Quase sempre, quando se apresenta um curto-circuito numa instalação elétrica ou num aparelho, em consequência do aumento excessivo da corrente, aquecem-se os condutores e, se não forem tomadas as devidas precauções, poderão surgir enormes prejuízos.

As precauções que se devem tomar consistem no emprego de um ou mais fusíveis (fig. 4). Com o auxílio do "fusível", intercala-se automaticamente no circuito um pedaço de condutor (de 1 ou 2 centímetros de comprimento) feito de material de fácil fusão. Na maioria dos casos, emprega-se fio de chumbo para este fim. O chumbo derrete-se aos 327º centígrados, enquanto que o cobre, que é a matéria comumente usada para os condutores, precisa de 1000º centígrados para se derreter.

Contribui ainda para dar melhor eficiência aos fusíveis o fato do efeito térmico produzido pelo aumento da intensidade da corrente ser muito maior no chumbo do que no restante do circuito.

Dessa maneira, se aumentar excessivamente a intensidade da corrente no circuito, os condutores aquecer-se-ão. Quando, porém, o fio de chumbo do fusível atingir 327º

centígrados, fundir-se-á, interrompendo assim a circulação da corrente e evitando o aquecimento do resto do circuito. Os fios de chumbo para a preparação dos fusíveis são fabricados em diversos diâmetros, para permitir a circulação da corrente de uma intensidade determinada. Excedendo esse limite, o fio de chumbo se derrete.

Para proporcionar uma proteção maior, costuma-se aplicar um fusível em cada linha (vide fig. 4). Aplicam-se igualmente, fusíveis para proteger aparelhos custosos, para que, em caso de curto-circuito, interrompa-se automaticamente a continuidade do circuito, evitando que se danifiquem os aparelhos.

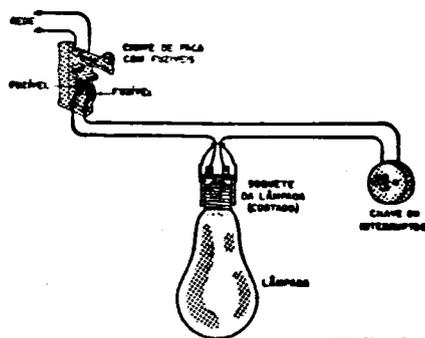


FIG. 4

Os condutores empregados nas instalações elétricas devem ter a capacidade necessária para permitir a circulação da correspondente corrente, sem se aquecerem excessivamente.

Nas páginas seguintes desta lição

TABELA DE FIOS DE COBRE

Número A W G	Diâmetro em mm	Seção mm ²	Número de espiras por cm	Kg por Km	Resist. em ohm por Km	Capacidade em ampères
			esmalt.	esmalt.		
0000	11,86	107,2	.....	.....	0,158	319
000	10,40	85,3	.....	.....	0,197	240
00	9,226	67,43	.....	.....	0,252	190
0	8,252	53,48	.....	.....	0,317	150
1	7,348	42,41	.....	375	0,40	120
2	6,544	33,63	.....	295	0,50	96
3	5,827	26,67	.....	237	0,63	78
4	5,189	21,15	.....	188	0,80	60
5	4,621	16,77	.....	149	1,01	48
6	4,115	13,30	.....	118	1,27	38
7	3,665	10,55	.....	94	1,70	30
8	3,264	8,36	.....	74	2,03	24
9	2,906	6,63	.....	58,9	2,56	19
10	2,588	5,26	.....	46,8	3,23	15
11	2,305	4,17	.....	32,1	4,07	12
12	2,053	3,31	.....	29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63	.....	23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6

TABELA DE FIOS DE COBRE (Continuação)

Número A W G	Diâmetro em mm	Seção mm ²	Número de espiras por cm <hr/> esfalt.	Kg por Km <hr/> esfalt.	Resist. em ohm por Km	Capacidade em ampères
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	50,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,4	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,2	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,0	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011
42	0,0633	0,0032	138,9	0,028	5312,0	0,009
43	0,0564	0,0025	156,4	0,022	6800,0	0,007
44	0,0503	0,0020	169,7	0,018	8500,0	0,005

damos os dados relativos ao condutor de cobre.

Esta tabela de fios é de grande utilidade para o radiotécnico, pois dá indicações completas sobre os fios de cobre.

Os fios são classificados segundo o seu diâmetro (bitola), correspondendo a cada valor deste um número de ordem. Estes números de ordem foram adaptados pela primeira vez por uma firma americana, a Brown & Sharp (B&S); é este o motivo de se costumar designar os fios por um número seguido pelas letras B&S, indicando que o número se refere à tabela dessa firma. Posteriormente foi adotada essa numeração por toda a indústria americana, passando a ser denominada AWG (American Wire Gauge): encontrando-se pois uma indicação de número de fio seguido das letras AWG, podemos usar também uma tabela B&S.

Na 1ª coluna vertical da tabela acham-se todos os números AWG, em ordem crescente. A coluna seguinte indica quais os diâmetros dos diversos fios, em milímetros.

A terceira coluna nos dá a seção do fio em milímetros quadrados (mm^2), ou seja, a área que se observa quando o fio é cortado transversalmente. A coluna seguinte indica quantas espiras cabem num enrolamento de 1 centímetro de comprimento. Esta indicação permite calcular de antemão o comprimento de um certo enrolamento. Suponhamos

que desejamos fazer um enrolamento sobre um tubo isolante, com 50 espiras de fio 25, com uma espira encostada à outra. Examinamos a tabela e achamos que ao fio 25 correspondem 20 espiras por centímetro; portanto, 50 espiras ocuparão $50 \div 20 = 2,5$ centímetros no tubo.

A 5ª coluna indica quantos quilos pesa 1 quilômetro (1 000 metros) do fio, que é de grande utilidade quando se trabalha com fio esmaltado, que é sempre vendido por peso. Esta indicação é muito útil, pois, conhecendo-se o número de metros de um fio, pode-se calcular facilmente o peso do mesmo. (Os fios para enrolamento de bobinas são sempre vendidos por peso; os fios com capa plástica para ligações e instalações, são vendidos em rolos de 100 metros). Por exemplo: queremos comprar 100 metros de fio 18. A tabela indica que 1 000 metros desse fio pesam 7,3 Kg. 100 metros pesarão, portanto, a décima parte, ou sejam, 730 gramas. Compra-se então 800 gramas de fio 18 o que representará um pouco mais de 100 metros. A coluna seguinte indica a resistência em ohms de 1 000 metros de fio, o que permite calcular a resistência do enrolamento, linhas de transmissão, etc.

Suponhamos que desejamos executar a instalação de um aparelho elétrico que requer 2 ampères de intensidade de corrente. O fio a ser empregado é o nº 19. Se a distância

entre o aparelho em questão e o gerador for de 200 m, empregar-se-ão 400 metros de fio, que, à razão de 5790 g por quilômetro, pesará 2316 g. A resistência da linha, à razão de 26,15 ohms por quilômetro, será de 10,4 ohms.

Neste caso, se a tensão na entrada da linha for de 120 volts, ter-se-á na saída, entre os terminais do aparelho, 120 volts, menos a queda de tensão produzida pela linha. Essa queda será de: $E = I \times R$, isto é, $E = 2 \times 10,4 = 20,8$ volts.

Portanto, a tensão "final" aplicada no aparelho é de $120 - 20,8 = 99,2$ volts. Como se vê, a linha de alimentação sempre produz perdas e, por conseguinte, sua extensão não pode ser aumentada ilimitadamente.

A última coluna indica qual a corrente máxima (em ampères) que os fios agüentam ao serem usados em enrolamentos de transformador, choque, etc., sem aquecerem demasiadamente. Por exemplo, sabemos que em certos enrolamentos de um transformador circularão 3 ampères. Procuramos na última coluna da tabela este valor e verificamos que o fio 17 agüenta até 3,2 ampères. Temos então de usar este fio, para evitar excessivo aquecimento motivado pela passagem da corrente pelo fio.

A execução das instalações elétricas, em geral, é um serviço simples e ainda bastante lucrativo. É preciso, porém, que os serviços sejam feitos com capricho. As instalações po-

dem ser feitas de duas maneiras: "embutidas" ou "externas".

As instalações embutidas são feitas com o auxílio da canos de ferro ("conduits"), os quais, embutidos nos muros, debaixo do reboque, constituem uma canalização perfeita. Nesses canos serão enfiados os condutores de cobre, isolados com borracha e algodão. Nas instalações embutidas, as chaves, tomadas, fusíveis, etc. são de tipo especial, também para embutir.

As instalações externas são feitas, na maioria das vezes, com cordão duplo (2 condutores flexíveis trançados entre si).

Para fixar esse cordão nos muros, empregam-se isoladores de porcelana ou de vidro, os quais, por sua vez, são fixados por meio de um prego ou parafuso (fig. 5).

Em todos os casos deve-se cuidar de que:

1º) O diâmetro dos condutores empregados corresponda à intensi-

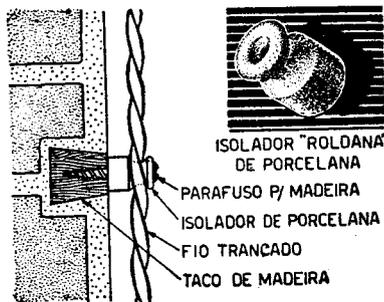


FIG. 5

dade da corrente no circuito, a fim de evitar o aquecimento dos mesmos.

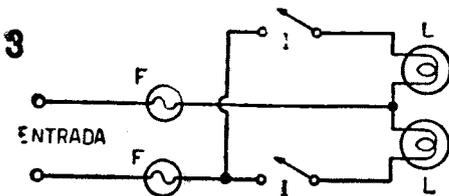
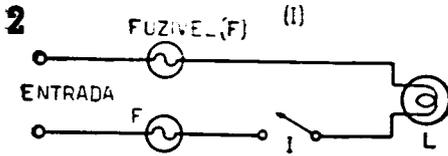
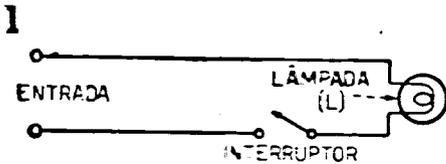
2º) Os artefatos, como chaves, fusíveis, etc., tenham a capacidade necessária. As características, na maioria dos casos, então indicadas

sobre as peças. Por exemplo: num interruptor qualquer estão gravados 6-A, 250 V; isso significa que o mesmo pode ser usado em qualquer circuito onde a intensidade máxima não seja maior que 6 ampères e a tensão não exceda 250 volts.

EXERCÍCIOS DA 1ª LIÇÃO PRÁTICA

EXERCÍCIO Nº 1

Liga-se uma lâmpada a uma fonte de alimentação (que pode ser uma tomada de corrente) através de uma chave (interruptor). Veja fig. 1.



EXERCÍCIO Nº 2

Intercalam-se no circuito 2 fusíveis, um para cada linha. Veja fig. 2, ao lado.

EXERCÍCIO Nº 3

Liga-se à mesma fonte de alimentação mais uma lâmpada, com o correspondente interruptor, protegida pelos mesmos fusíveis, e comprovase que a corrente circulará em cada ramal de forma absolutamente independente. Veja fig. 3, ao lado.

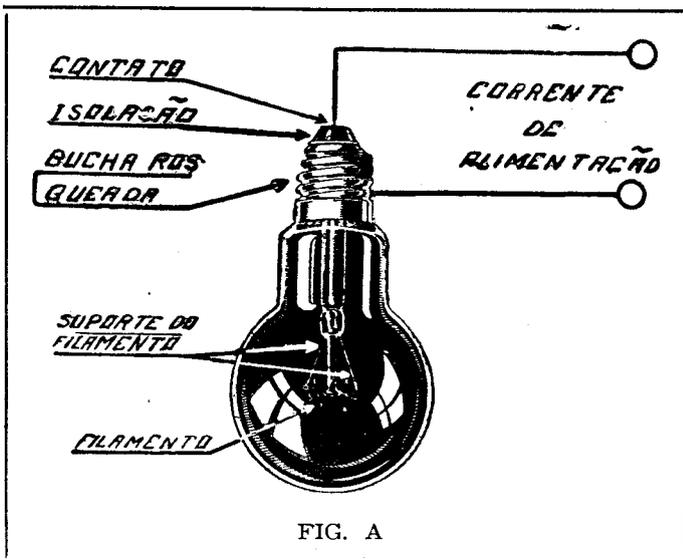
Nota: — os exercícios acima indicados devem ser executados na 1ª folha de trabalhos práticos, indicando com um traço de LÁPIS PRETO as ligações a fazer. Nessa folha, os dois terminais de entrada da corrente, a base da lâmpada, o interruptor e os fusíveis já estão desenhados. Basta, portanto, entreligar com um traço de lápis os terminais que deveriam estar entreligados com um fio elétrico.

CONHECIMENTOS PRÁTICOS SOBRE ELETRICIDADE

A lâmpada incandescente, ou, como é mais conhecida, a lâmpada de iluminação, é o aparelho elétrico mais simples, mas, ao mesmo tempo, de uso mais difundido. A ela podemos atribuir, com toda a justiça, o título de “campeão da difusão do uso da corrente elétrica”. A sua invenção, feita pelo norte-americano Thomas Alva Edison, em 1789, marca praticamente o início da era da eletricidade. Certamente todos conhecem a lâmpada elétrica e não é preciso, por conseguinte, dedicar muito espaço à sua des-

crição, pelo fato de que todas elas são muito semelhantes no aspecto e idênticas na construção.

A parte principal de uma lâmpada incandescente é o finíssimo fio denominado “filamento”, que se acha dentro da ampola de vidro da qual é extraído previamente o ar. Ao ser percorrido pela corrente elétrica, o filamento se aquecerá, ficando em brasa, e assim difundirá luz. A corrente é conduzida ao filamento através de seus suportes que, por sua vez, ter-



minam na bucha rosqueada e no contato central isolado, existente no "gargalo" da lâmpada. É através da bucha rosqueada e do contato central que se liga a lâmpada, e por intermédio dos quais chega a corrente do gerador da usina.

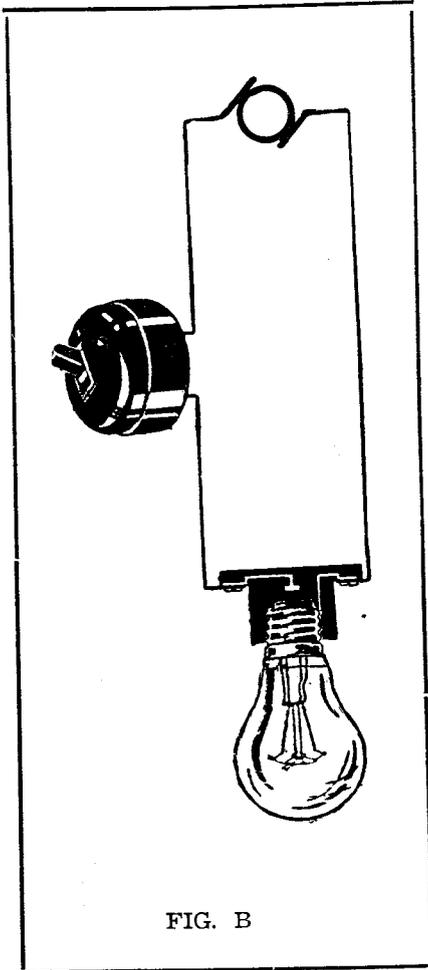


FIG. B

O contato entre o circuito elétrico e a lâmpada estabelece-se, na prática, através do "soquete". Este acréscimo serve, ao mesmo tempo, de suporte para a lâmpada e de intermediário para a ligação desta com os condutores de energia elétrica. Justamente a rosca metálica, existente no gargalo da lâmpada, destina-se a ser enroscada em outra bucha metálica existente dentro do receptáculo, sendo que, desta maneira, não só se estabelecerá contato entre as duas buchas, como também a lâmpada estará fixada solidamente no seu suporte.

Na figura "B" ilustramos a disposição dos elementos num circuito elétrico simples, de que fazem parte: a lâmpada incandescente, colocada no correspondente receptáculo, o gerador (indicado simbolicamente) e o interruptor, que se destina a abrir e fechar a continuidade do circuito elétrico e, desta maneira, ligar e desligar a lâmpada.

Naturalmente, o gerador de corrente tanto pode achar-se localizado ao lado da lâmpada como estar a centenas de metros e até, muitas vezes, a dezenas de quilômetros de distância. Nisso consiste, justamente, uma das maiores vantagens do emprego da energia elétrica: a possibilidade de transmiti-la

através de grandes distâncias, sem grandes perdas, com o auxílio de apenas dois fios de cobre.

Os receptáculos podem ser de feitos diversos. Podem ser simples, para fixação na parede ou no forro, com o auxílio de dois parafusos ou pregos, como também podem ter o feito de um plafonier ou de um pen-

dente de fantasia, no qual o suporte da lâmpada está coberto com globos artísticos de vidro e com armações de metal. Em todos os casos, porém, serão dois fios que conduzirão a energia elétrica até a lâmpada, os quais, para a alimentarem, devem ser ligados aos fios da rede distribuidora de energia elétrica.

— 0 —

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR S/A.

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDENCIA

**01208 - RUA DOS TIMBIRAS, 263 - C. POSTAL 30.277 - S. PAULO - ZP-2
BRASIL**

REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO TEXTO E
DAS ILUSTRAÇÕES, PROIBIDA NA FORMA DA LEI

INSTITUTO MONITOR

FUNDADO EM 1939

CURSO PRÁTICO DE RÁDIO, TELEVISÃO E ELETRÔNICA

Lição Prática

N.º 2

LIGAÇÃO EM SÉRIE
E EM PARALELO



Caixa Postal 30.277 — São Paulo — ZP-2

CONHECIMENTOS PRÁTICOS SOBRE ELETRICIDADE

Para os habitantes das cidades e vilas que possuem a sua usina elétrica, o gerador, em última análise, não passa da chave geral colocada no quadro do medidor de energia elétrica, existente em todas as casas.

Os dois pólos desse quadro representam para nós, na maioria das vezes, os dois pólos do dínamo ou do gerador de energia elétrica. É da saída da chave geral que derivam todos os circuitos de um prédio, como sejam, tomadas de corrente, destinadas a alimentar aparelhos elétricos, ou de lâmpadas de iluminação. Estas últimas, naturalmente, devem estar ligadas em série com um interruptor, por meio do qual podemos acender e apagar as mesmas, comodamente.

Na página 15 reproduzimos a rede de distribuição de corrente elétrica dentro de uma casa, servindo de ponto de partida a chave geral existente no quadro do medidor. Fazem parte desta instalação duas lâmpadas, com os correspondentes interruptores, e duas tomadas de corrente destinadas a alimentar aparelhos elétricos que, no presente caso, estão representados por um ferro de engomar e por um ferro de soldar, elétricos.

Os interruptores podem constituir, como aliás constituem quase sempre, um acessório separado, mas algumas vezes podem estar conjugados com o suporte da lâmpada, formando com este uma única peça. Na figura acima mencionada, uma das lâmpadas está colocada dentro de um suporte que já possui o seu interruptor. Naturalmente, este sistema possui a desvantagem de ter que ficar o interruptor, forçosamente, ao lado da lâmpada, enquanto que com o outro sistema, o interruptor pode estar colocado em qualquer lugar, mesmo ao lado de fora da repartição onde é colocada a lâmpada, tornando possível acendê-la antes de ingressar no recinto.

Pelo inconveniente que acabamos de apontar, o suporte de lâmpada com interruptor só é usado onde, ainda sem acender a lâmpada colocada no mesmo, já existe alguma iluminação, embora insuficiente.

Como se vê na figura, os quatro circuitos estão dispostos em "paralelo" e o fato de se ocupar um, não afeta em nada o fornecimento de corrente aos outros.

Isto não acontecerá, porém, se se verificar um curto-circuito na instalação, pois, neste ca-

(Cont. na pág. 16)

CURSO PRÁTICO DE RADIOTÉCNICA

LIÇÃO PRÁTICA Nº 2

LIGAÇÃO EM SÉRIE E EM PARALELO

As ligações em série e em paralelo são aplicadas em todas as instalações elétricas.

Por sua vez, as instalações elétricas das casas, assim como as tomadas de corrente, nas quais ligamos os apare-

nenhum circuito terá influência sobre o outro, pois a corrente elétrica os atravessa de um modo absolutamente independente, podendo-se, desta forma, apagar ou acender qualquer uma das lâmpadas de uma

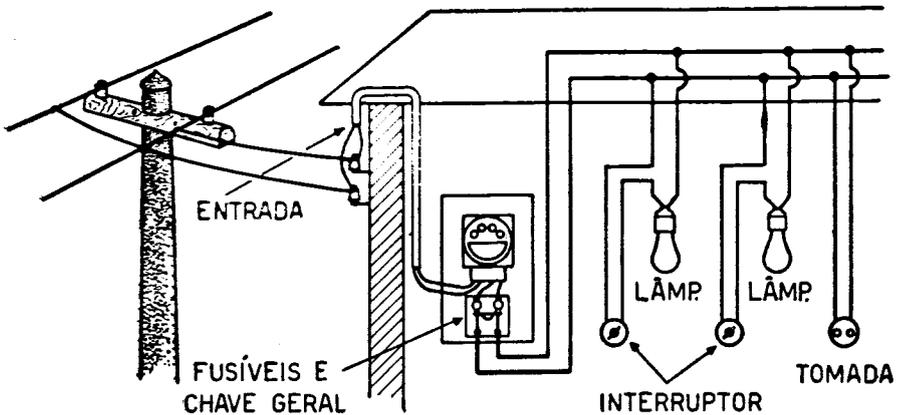


FIG. 1

lhos de uso doméstico como aquecedores elétricos, enceradeira, etc., são ligadas em paralelo (fig. 1). Por sua vez, as instalações elétricas de todas as casas também são dispostas em paralelo. Dessa maneira,

instalação, sem que por isso as outras sofram qualquer influência.

Acontece algumas vezes que, ao ligarmos numa tomada de corrente um aparelho de consumo relativamente grande, as outras lâmpadas

alimentadas pelas mesmas linhas sofrem uma redução na sua luminosidade, devendo isso ser atribuído à instalação elétrica feita com condutores demasiadamente finos. Nestes, a grande intensidade da corrente produzirá uma queda da tensão efetiva com que são alimentadas as lâmpadas.

Como exemplo de ligação em série, podemos citar os fusíveis e o interruptor. Os fusíveis são ligados em série com todos os artefatos elétricos alimentados pela rede. Dessa maneira, a interrupção do fio de chumbo do fusível interromperá também a circulação da corrente em toda a instalação por ele protegida. Os interruptores, por sua vez, são ligados em série com cada uma das lâmpadas e, desta maneira, cortando-se a ligação entre os dois terminais do mesmo, interromper-se-á a circulação da corrente elétrica neste ramal do circuito.

A transformação da energia elétrica em calor é feita pelos ferros de engomar, aquecedores, fogareiros, aquecedores elétricos de água para chuveiro, etc. Em todos estes casos a corrente elétrica percorre um resistor que, na maioria das vezes, é feito com condutores de baixa condutância, enrolados em forma de espiras. Nestes condutores, o efeito térmico da corrente é muito acentuado e, por conseguinte, obter-se-á um calor de intensidade proporcional à resistência da espiral.

Para sabermos a quantidade de energia elétrica transformada em calor por qualquer um destes aparelhos, devemos calcular os Watts consumidos pelos mesmos.

Por exemplo: um ferro de engomar elétrico alimentado com 110 volts, e que com esta tensão permite a passagem de 5 ampères de corrente, transformará em calor:

$$110 \times 5 = 550 \text{ Watts}$$

A intensidade da corrente através do ferro é determinada pela resistência interna do mesmo. Quanto maior for esta resistência, menor será a quantidade de energia transformada em calor.

Por exemplo: o ferro de engomar acima mencionado tem a resistência interna de 22 ohms. Se, em lugar de 22 tivesse apenas 11 ohms, a intensidade da corrente que permitiria passar, quando alimentada com 110 volts, seria de:

$$\frac{110}{11} = 10 \text{ ampères}$$

Neste caso, a quantidade de energia elétrica transformada em calor seria de:

$$110 \times 10 = 1100 \text{ Watts}$$

Para que o efeito térmico seja bem apropriado nestes aparelhos destinados a produzir calor, os condutores

empregados na confecção dos resistores aquecedores são de diâmetro reduzido. Em consequência da passagem da corrente, estes aquecem até uma temperatura elevada, sem contudo, atingir o seu ponto de fusão. Por esse motivo devemos ter cuidado de não ligar um dos aparelhos antes mencionados a uma fonte de tensão superior à correspondente, pois, neste caso, aumentar-se-ia também o calor produzido pelo efeito térmico e, com toda a certeza, fundir-se-ia o condutor usado na confecção do resistor.

Quando, porém, um aparelho destes for ligado a uma tomada de corrente que forneça tensão menor que a correspondente, menor será também o efeito térmico obtido e o aparelho não se aquecerá suficientemente para a finalidade a que se destina.

As ligações em série e em paralelo são encontradas também em grande proporção nos radioreceptores.

Exemplos típicos dessas ligações são oferecidos pelos sistemas empregados para a alimentação dos filamentos das válvulas com que estão equipados todos os radioreceptores, com exceção dos receptores de galeina ou transistorizados. As válvulas de rádio, para que possam desempenhar satisfatoriamente o seu serviço, deverão ser devidamente aquecidas. Por esse motivo, possuem um dispositivo aquecedor que se chama "filamento".

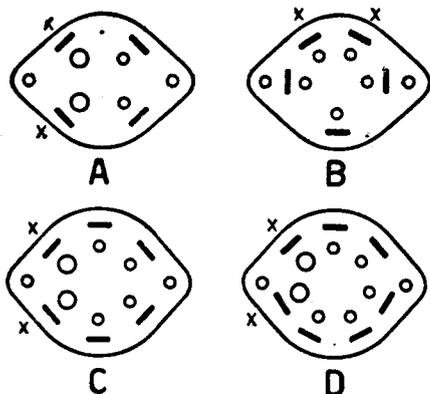
Entre as duas extremidades do filamento de uma válvula devemos aplicar uma tensão, a fim de que o mesmo seja atravessado por uma corrente de determinada intensidade, que o aquecerá.

As válvulas de rádio são fabricadas de maneira a permitir a sua fácil substituição. A ligação entre os diversos circuitos do aparelho e os elementos internos das válvulas é feita com o auxílio dos pinos que a válvula possui na base. Esses pinos serão introduzidos nos furos existentes nos porta-válvulas ("soquete") e aí se encaixarão de maneira



FIG. 2

exata. Desta forma, os soquetes podem ser montados de um modo definitivo sobre o chassi (base do aparelho), para que as ligações a serem



O SINAL X DESIGNA OS TERMINAIS
DE FILAMENTO

FIG. 3

executadas entre os diversos circuitos do aparelho e os eletrodos internos das válvulas se façam com o auxílio dos terminais, desde que estabeleça contato com os pinos das mesmas (fig. 2).

Os radioreceptores mais antigos são equipados com válvulas que podem possuir na base 4, 5, 6 e 7 pinos. Os soquetes, portanto, terão os mesmos números de furos (fig. 3).

Observando-se cuidadosamente os pinos existentes nestas válvulas notar-se-á que dois deles são um pouco mais grossos que os outros. Esses dois pinos mais grossos correspondem às duas extremidades do filamento aquecedor da válvula. Da mesma maneira que se tem dois pinos mais grossos na válvula, tem-se também dois furos maiores nos soquetes, para assim permitir o per-

feito encaixe dos pinos nos mesmos. Por conseguinte, a corrente destinada a alimentar o filamento da válvula será aplicada nos terminais que os soquetes possuem e que correspondem aos dois furos mais grossos. Logo que colocarmos a válvula na base, obteremos a união entre o circuito de alimentação e os pinos correspondentes da válvula.

Constitui exceção apenas a base com 5 pinos, pois, nesta, todos são da mesma grossura. Conhecem-se, porém, os de filamento, pois são os pinos do meio, dos quatro que se acham mais juntos (fig. 3-B).

Os radioreceptores menos antigos são equipados com válvulas de base especial, chamada base octal. Essas válvulas possuem 8 pinos, cuja distribuição se vê na figura 4. No centro da base temos mais um pino

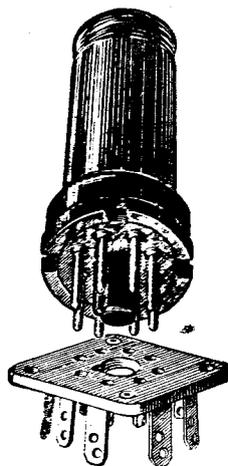
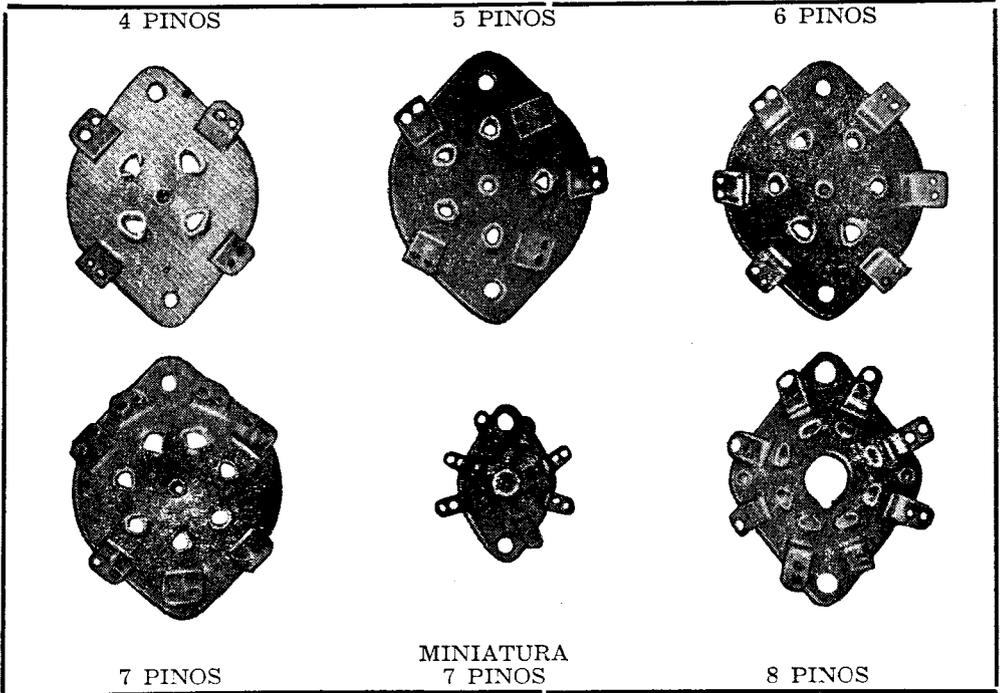
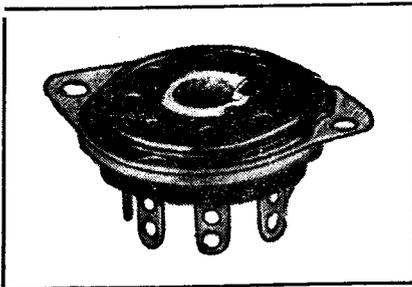


FIG. 4

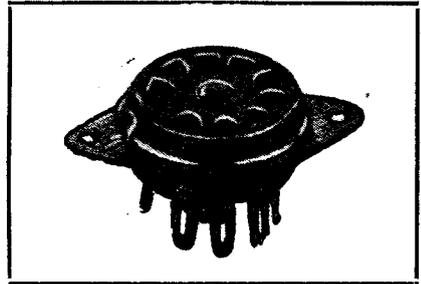


Os soquetes mais comuns para válvulas, vistos de baixo. Vêem-se claramente os furos para os pinos das válvulas, bem como os terminais aos quais são feitas as ligações. No soquete octal (à direita, em baixo) pode-se ver também o grande furo central, com a pequena fenda, a qual serve como guia para a contagem dos terminais.



8 PINOS
LOCTAL

Este soquete também possui 8 furos para os pinos das válvulas loctais, sendo, porém, os mesmos, de diâmetro bastante menor do que os das válvulas octais.



9 PINOS
MINIATURA

Muitas válvulas para televisão possuem 9 pinos, de diâmetro pequeno. São estes os soquetes apropriados para essas válvulas.

grosso, feito do mesmo material isolante da base, e que possui uma guia saliente.

Nos soquetes correspondentes a este tipo de válvula acharemos também 8 furos e, no centro, um furo maior com uma fenda especial. Por esta fenda passará a guia saliente do pino central da válvula. A finalidade desta guia é assegurar, de maneira perfeita, a colocação correta da válvula na base, pois os 8 pinos de metal, assim como os 8 furos correspondentes nos soquetes, são exatamente iguais em diâmetro e espaçamento. Nessas bases octais conhecem-se os pinos correspondentes ao filamento, pela posição dos mesmos com relação à guia do pino central. Se numerarmos todos os pinos existentes na base, começando pelo que fica à esquerda da guia, olhando para a válvula por baixo, e prosseguirmos no sentido da rotação dos pon-

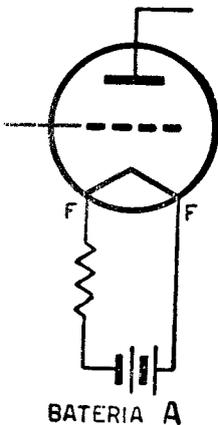


FIG. 5

teiros de um relógio, os pinos correspondentes aos filamentos seriam os números 2 e 7. Em algumas válvulas de aplicação especial, os pinos de filamento são os de número 2 e 8, ou então 7 e 8.

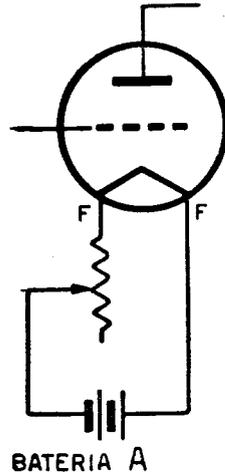


FIG. 6

Muitas válvulas não precisam de 8 pinos na base, pois, para realizarem a ligação dos seus eletrodos internos com os outros circuitos do rádio, bastam apenas 5 ou 6 contatos. Nessas válvulas só acharemos os pinos necessários para fazer a ligação, porém os de números 2 e 7, ou 2 e 8, serão sempre os correspondentes aos dois extremos do filamento.

Os últimos tipos de válvulas que apareceram, tanto no mercado norte-americano como no europeu, são totalmente de vidro e de tamanho bastante pequeno. Possuem na base

7 ou 9 pequenos pinos de ligação, existindo entre dois deles um espaço maior que entre os demais. Nestas válvulas, começa-se a numeração dos pinos a partir do espaço maior, contando no sentido dos ponteiros do relógio. Tratando-se de válvulas com 7 pinos, os de ns. 3 e 4 são geralmente os de filamento, enquanto que nos tipos de 9 pinos, correspondem ao filamento os de ns. 4 e 5.

Fazem exceção a esta regra as válvulas de 7 pinos, de tipo pequeno (miniaturas), que são destinadas especialmente a serem alimentadas por pilhas. Nestas válvulas, as duas pontas do filamento estão ligadas aos pinos 1 e 7.

As válvulas de rádio, em geral, requerem tensão muito baixa entre as extremidades dos seus filamentos. Como, porém, a corrente de alimentação de que se dispõe é, na maioria das vezes, de tensão muito elevada, devemos recorrer a diversos expedientes, para que a tensão efetiva aplicada entre os pinos de filamento das válvulas seja correspondente à indicada pelo fabricante.

Damos, a seguir, 3 exemplos do cálculo que deverá ser efetuado, para determinar o valor da resistência necessária para reduzir a tensão de alimentação do filamento ao valor adequado.

EXEMPLO Nº 1

Deseja-se alimentar o filamento de uma válvula de rádio com uma bateria de 2 pilhas, fornecendo cada uma 1,5 volt. A válvula em questão, de acordo com as indicações do seu fabricante, deverá ser alimentada com a tensão de 2 volts, sendo neste caso, a intensidade da corrente através do filamento de 0,06 ampère, isto é, 60 miliampères.

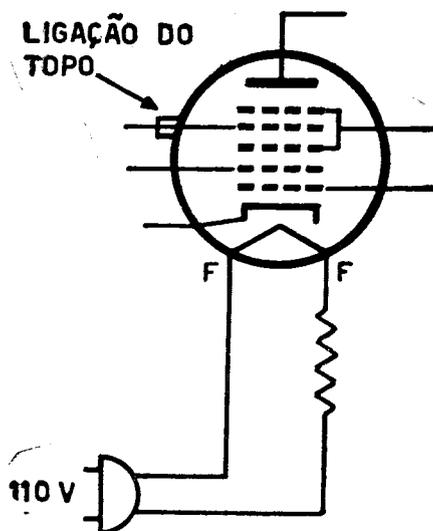


FIG. 7

* Esta válvula possui na base 4 pinos, dos quais os dois mais grossos correspondem aos 2 pinos de filamento.

As duas pilhas de 1,5 volt ligadas em série (isto é, o pólo positivo de uma ligado ao pólo negativo da outra) fornecerão, nos dois pólos que

ficaram livres, a soma das tensões fornecidas pelas pilhas. Ligadas de maneira contrária, isto é, com os dois pólos iguais unidos, a tensão que se obterá entre os dois pólos livres será igual a zero, pois, nesse caso, a força eletromotriz produzida por uma ficará anulada pela outra (as duas forças de polaridade idêntica pretendem fluir em sentido oposto).

Para se obterem os 2 volts exatos de que precisamos, entre os termi-

da corrente através do resistor redutor também deverá ser a mesma. Como já conhecemos a queda de tensão que o resistor deverá produzir, assim como a intensidade da corrente através do mesmo, podemos calcular, com o auxílio da lei de Ohm, o valor que deverá ter esse resistor:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{1 \text{ V}}{0,06 \text{ A}} = 16,6 \text{ ohms}$$

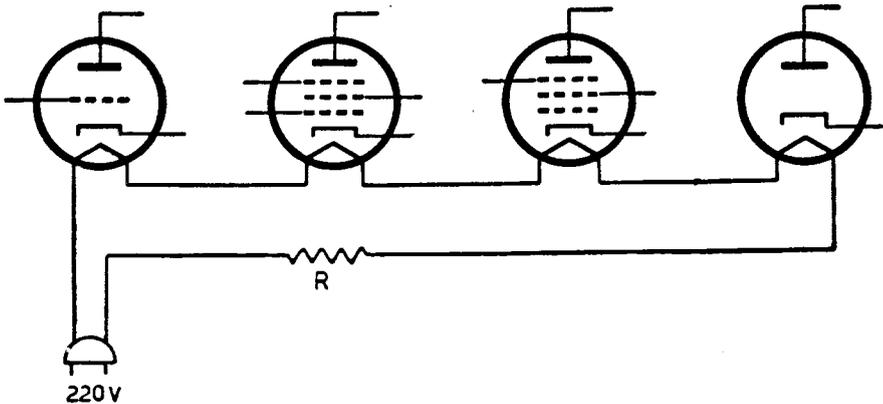


FIG. 8

nais que correspondem aos dois pinos mais grossos no "soquete" da válvula, devemos ligar, em série com a bateria de pilhas, um resistor redutor (fig. 5). **Esse resistor terá a missão de absorver a tensão excedente** fornecida pela bateria, sendo, no nosso caso, o excesso, de 1 volt. A intensidade da corrente através do filamento da válvula é de 0,06 ampère. Por conseguinte, a **intensidade**

Portanto, o resistor que será ligado entre um dos pinos do filamento da válvula, e um dos pólos da bateria, deverá ser de 16,6 ohms. A potência elétrica absorvida por este resistor será, naturalmente, transformada em calor. Por conseguinte, é preciso que o mesmo tenha uma capacidade de dissipação suficientemente grande.

Acharemos a energia transformada em calor, multiplicando a queda de potencial produzida no resistor pela **intensidade da corrente** que passa através da mesma:

$$W = E \times I = 1 \times 0,06 \text{ watt.}$$

Sendo a potência elétrica de 6 centésimos de watt transformada em calor, o resistor redutor deverá ter, no mínimo, uma capacidade de dissipação de 1 décimo de watt, a fim de trabalhar com alguma folga.

A tensão que fornecem as pilhas é, geralmente, muito variável, pois, quando as mesmas são novas, obtém-se uma tensão mais alta que a normal e, depois de algum tempo

A consequência de tudo isto será uma alteração sensível no rendimento do receptor. Para evitar este inconveniente, poderemos usar, no lugar de um resistor fixo, um reostato. Empregando este último, poderemos ajustar o seu valor de tal maneira que a tensão aplicada sobre os pinos de filamento da válvula será sempre a mesma (fig. 6).

Este expediente oferece ainda a vantagem de um melhor aproveitamento das pilhas, pois mesmo que estas estejam muito descarregadas, com a redução do valor do reostato poderemos obter os 2 volts necessários para alimentação da válvula.

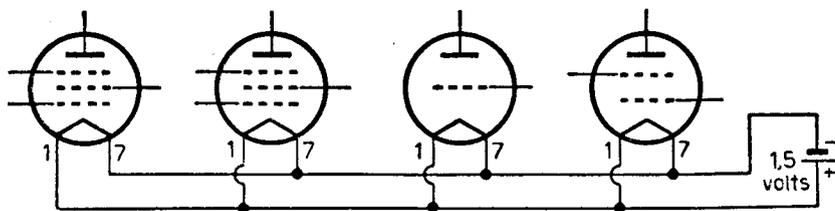


FIG. 9

de uso, a força eletromotriz existente entre os dois pólos ficará abaixo da tensão que lhe corresponde. Alimentando-se as válvulas com o emprego de um resistor redutor fixo, subsistirá o inconveniente de que, quando as pilhas são novas, a tensão nas extremidades do filamento das válvulas será muito alta e, depois de algum tempo de uso, ficará demasiado baixa.

NOTA: Como reostato emprega-se geralmente um potenciômetro, usando apenas a tomada variável (o terminal do centro) e um dos terminais laterais.

EXEMPLO Nº 2

Trata-se de alimentar o filamento de uma válvula diretamente da rede de luz e força de 110 volts. A válvula-

la em questão requer 25 volts para o seu devido aquecimento e a intensidade da corrente de filamento, com essa tensão, será de 0,3 ampère. Esta válvula possui uma base de 7 pinos, dos quais os dois mais grossos correspondem às extremidades do filamento.

Neste caso, devemos também usar um resistor redutor, que é ligado em

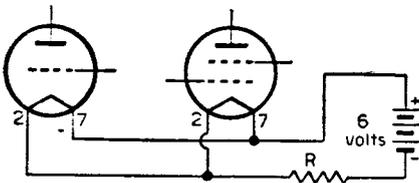


FIG. 10

série com a válvula e que produzirá uma queda de tensão equivalente à diferença existente entre a tensão na tomada e a requerida pela válvula (fig. 7).

Neste caso:

$$110 - 25 = 85 \text{ volts}$$

São, pois, 85 volts que devemos eliminar com o auxílio deste resistor redutor.

O valor do resistor achar-se-á empregando a lei de Ohm.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{85}{0,3} = 283$$

Por conseguinte, o resistor redutor terá, neste caso, 283 ohms. Es-

te resistor, naturalmente, deverá ser de capacidade adequada, para poder dissipar o calor produzido pela energia elétrica por ele absorvida e que é de:

$$85 \times 0,3 = 25,5 \text{ watts.}$$

Devemos, pois, empregar neste lugar um resistor cuja capacidade de dissipação seja de 40 ou 50 watts, pois só assim contaremos com uma razoável margem de segurança.

EXEMPLO Nº 3

Desejamos alimentar, diretamente da tomada de corrente, os filamentos das 4 válvulas de um receptor (fig. 8).

A tensão fornecida pela tomada é de 220 volts e a tensão requerida pelas válvulas é a seguinte: três delas precisam de 25 volts e uma apenas de 6,3 volts. O consumo de corrente, porém, é igual em todas elas, sendo de 0,3 ampère para cada uma.

Como as válvulas estão ligadas em série, a intensidade da corrente em todo o circuito deverá ser de 0,3 ampère e, por isso, só podemos utilizar válvulas que tenham idêntico consumo de corrente.

O resistor redutor terá de produzir uma queda de tensão igual à diferença existente entre a soma das tensões requeridas pelas válvulas e a tensão fornecida pela tomada da corrente.

A soma das tensões de filamento é:
 $25 + 25 + 25 + 6,3 = 81,3$.
 O resistor terá de eliminar:
 $220 - 81,3 = 138,7$ volts.
 O valor do resistor será de:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{138,7}{0,3} = 462 \text{ ohms.}$$

Assim, o resistor redutor, empregado para alimentação das 4 válvulas do receptor, deverá ter aproximadamente 460 ohms.

A capacidade de dissipação de calor do mesmo resistor será de:

$$138,7 \times 0,3 = 41,61 \text{ watts.}$$

Convém, porém, empregar um resistor cuja capacidade de dissipação não seja inferior a 75 watts, pois,

instruções para 3 exercícios diferentes, que deverão ser feitos na folha de trabalhos recebida pelo aluno.

EXERCÍCIO 1

Trata-se, neste caso, de alimentar 4 válvulas de um aparelho receptor a partir de uma pilha comum de 1,5 volt. Todos os filamentos das 4 válvulas em questão necessitam desta mesma tensão, para funcionarem corretamente. Assim sendo, não necessitam ligar, nem pilhas em série, nem resistor redutor em série no circuito de filamento do receptor; basta ligar todos os filamentos em paralelo com os dois bornes da pilha (fig. 9).

A corrente que deverá ser fornecida por esta pilha será a soma das

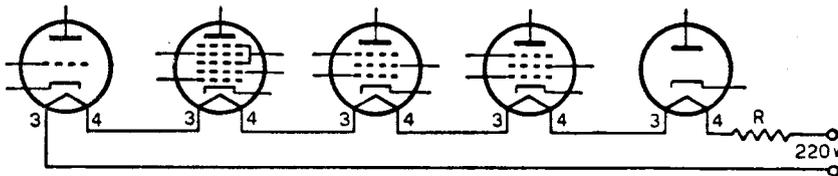


FIG. 11

assim, poderemos ter confiança na duração da mesma.

EXERCÍCIOS PRÁTICOS

Damos a seguir as instruções para que os alunos possam preencher a folha de trabalhos práticos nº 2. Constam nos parágrafos, a seguir,

correntes requeridas pelas válvulas individuais. Se, por exemplo, 3 das válvulas consumirem 50 mA (0,05 A) e a 4ª, 100 mA (0,1 A), então o consumo total de corrente será de $0,05 + 0,05 + 0,05 + 0,1 = 0,25$ A.

As válvulas em questão são todas miniaturas, tendo 7 pinos em sua

base. Portanto, também os soquetes terão 7 pequenos furos e 7 terminais de ligação. No desenho da folha de trabalhos práticos estão os filamentos de todas as válvulas em ligação, de um lado com o pino 1 e do outro com o pino 7. Desta maneira, as ligações que devem estar em conexão com os filamentos devem ser feitas aos terminais ns. 1 e 7 de cada soquete. O aluno deve, na folha de trabalhos práticos nº 2, exercício 1, indicar com traços a lápis os fios de ligação, para resultar o circuito da figura 9 desta lição.

EXERCÍCIO 2

Teremos que alimentar os filamentos de 2 válvulas, usando como fonte de corrente um acumulador de 6 volts. Ambas as válvulas requerem somente 1,5 volt em seu filamento, consumindo neste caso 0,1 ampère (1 décimo de ampère, ou sejam, 100 miliampères) cada. Ligando ambos os filamentos das válvulas em paralelo, elas necessitarão, em conjunto, de 1,5 volt com $2 \times 0,1 = 0,2$ ampère de corrente.

Como o acumulador fornece 6 volts, teremos de eliminar $6 - 1,5 = 4,5$ volts, por intermédio de um resistor, que será incluído então entre o circuito de filamento e um dos pólos do acumulador (fig. 10). Deste diagrama esquemático podemos deduzir que ambos os filamentos devem ser ligados em paralelo, estando

o resistor redutor (R) ligado em série com este conjunto.

O valor deste resistor pode ser calculado facilmente pela lei de Ohm, pois sabemos que a queda de tensão deve ser de 4,5 volts, sendo a corrente de 0,2 A.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{4,5}{0,2} = 22,5 \text{ ohms.}$$

A dissipação de potência deste resistor deve ser no mínimo:

$$4,5 \text{ volts} \times 0,2 \text{ ampère} = 0,9 \text{ watt.}$$

Usar-se-á, para maior segurança, um resistor de 1, ou, melhor ainda, 2 watts de dissipação. No exercício 2 da folha de trabalhos práticos, deverá o aluno indicar com traços de lápis as ligações a serem feitas, para que resultem equivalentes às indicadas na figura 10 desta lição. Os terminais do filamento são, neste caso, os de números 2 e 7.

EXERCÍCIO 3

Na figura 11 damos o circuito de filamento, tal como é usado em grande parte dos receptores pequenos (de cabeceira) de 5 válvulas. Estas válvulas todas necessitam de 0,15 A de corrente de filamento, porém as tensões requeridas variam; 3 das válvulas necessitam 12 volts, uma 35

e a última 50 volts. Todas elas, como estão ligadas em série, necessitam de $12 + 12 + 12 + 35 + 50 = 121$ volts no total e, com esta tensão, serão atravessadas pela corrente de 0,15 ampère. A tensão da rede que alimenta as válvulas, porém, é de 220 volts, sobrando assim $220 - 121 = 99$ volts, que devem ser absorvidos por um resistor redutor. O cálculo do valor deste resistor será feito conforme já foi explicado nos exemplos anteriores. O valor do resistor será:

$$R = \frac{I \cdot E}{E} = \frac{99}{0,15} = 660 \text{ ohms.}$$

A dissipação será de:

$$99 \times 0,15 = 14,85 \text{ watts.}$$

Usar-se-á um resistor de 660 ohms e 20 ou 25 watts de dissipação.

Todas as válvulas usadas neste exemplo são do tipo miniatura, com soquetes de 7 pinos, e em todas elas os pinos ns. 3 e 4 correspondem ao filamento. No exercício 3 da 2ª folha de trabalhos práticos, o aluno deve indicar com traços a lápis as ligações exemplificadas na figura 11 desta lição.

so deverá queimar-se o fusível que se acha junto à chave geral, interrompendo assim de uma vez o fornecimento da corrente a todos os circuitos ligados à mesma.

Os curto-circuitos podem produzir-se em alguns dos soquetes ou em alguma tomada, como também nos aparelhos ligados à tomada. Em todos esses casos, queimar-se-á o fusível que protege a instalação.

Produzindo-se, porém, o curto-circuito no interruptor, a

única consequência é que não se poderá apagar mais a lâmpada ligada em série com o mesmo.

Os curto-circuitos que se produzem dentro dos soquetes ou dentro dos aparelhos ligados às tomadas de corrente, geralmente são fáceis de achar, mas quando o curto-circuito se produz dentro do cordão condutor duplo que se costuma empregar para a execução das instalações elétricas domiciliares, o problema já é mais difícil de ser resolvido.

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR S/A.

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDÊNCIA

**01208 - RUA DOS TIMBIRAS, 263 - C. POSTAL 30.277 - S. PAULO - ZP-2
BRASIL**

SUPLEMENTO DO 1.º VOLUME

O QUE SÃO

VOLT

OHM

AMPÈRE

O principiante em assuntos radio-técnicos geralmente encontra suas primeiras dificuldades na compreensão do que seja o volt, o ampère, o ohm, o watt, etc. Como essas grandezas não podem ser demonstradas tão facilmente como as medidas comuns, ou seja, o metro, o quilo e o litro, tornam-se para o leigo assim como um bicho de sete cabeças, causando às vezes tremendas confusões na distinção entre o volt e o watt ou entre o ampère e o ohm, etc.

Entretanto, a determinação correta dessas grandezas torna-se essencial para que o principiante possa compreender a Lei de Ohm, sem o que estará impossibilitado de aplicá-la, não podendo assim efetuar os cálculos relativamente simples para a determinação de resistores redutores de tensão, sua dissipação, etc.

Eis porque, antes de entrarmos em detalhes sobre a citada Lei, explicaremos primeiro o que seja corrente, tensão e resistência elétrica, a fim de possibilitar ao principiante

compreender bem a distinção entre ampère, volt e ohm. Para maior clareza, tomemos, para efeito de comparação, uma substância que todos nós conhecemos e cujo fluxo obedece a leis bem parecidas com aquelas que regem a eletricidade. Essa substância é a ÁGUA.

Imaginemos primeiramente dois circuitos: um hidráulico (de água) e outro elétrico (fig. 1), e procuremos comparar o funcionamento de ambos. Como a figura nos mostra, não há uma diferença básica. Na instalação hidráulica, a água do reservatório flui pelo cano superior até a turbina, pondo-a em rotação. Da turbina, a água passa para a bomba, pela qual é levada novamente até o reservatório, e o ciclo recomeça.

No circuito elétrico o fluxo da corrente é idêntico; do **acumulador**, a corrente flui ao **motor**, pelo fio de **ligação superior**, pondo o mesmo em movimento. Do motor, a corrente passa para o gerador, o qual por sua vez, recarrega o acumulador.

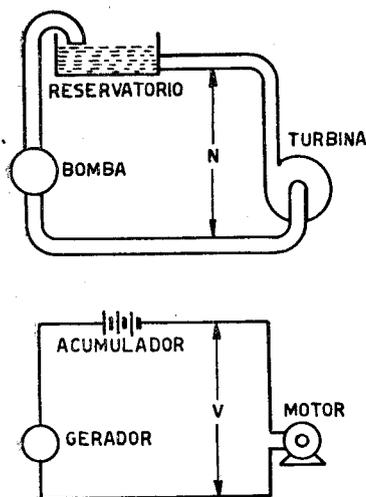


Figura 1

O circuito hidráulico pode ser perfeitamente comparado com o elétrico. A corrente elétrica corresponde à quantidade de água que circula nos canos. A tensão elétrica (V) corresponde, por sua vez, à pressão da água (N) e a resistência ao diâmetro dos canos.

Como vemos, o reservatório d'água e o acumulador possuem funções idênticas; a turbina corresponde ao motor, a bomba ao gerador e os canos aos fios.

O trabalho que pode fornecer a turbina durante certo período, depende:

- 1º) — da pressão da água sobre suas pás;
- 2º) — da quantidade de água que recebe por segundo.

A pressão da água, por sua vez, depende da altura em que se encontra o nível da mesma. Quanto mais alto esse nível, tanto maior peso terá a coluna de água e, portanto, maior será a pressão sobre as pás da turbina.

A quantidade de água que atinge a turbina, por segundo, depende, por

seu turno, da sua pressão e do diâmetro dos canos, pois é muito natural que quanto maior for o **diâmetro da abertura** dos canos, tanto maior quantidade de água poderá passar pelos mesmos.

No circuito elétrico, a pressão da água corresponde à "pressão dos elétrons". Só que, ao invés de chamarmos "pressão de elétrons", dizemos: **Tensão, Força Eletromotriz** ou ainda **Diferença de Potencial**.

Ora, quando num recipiente existe mais ou menos água, dizemos que ele tem mais ou menos litros. Quando um objeto é mais ou menos pesado, chamamos quilo a unidade de medida desse peso, isto é, quanto mais pesado, mais quilos ele terá. Com o comprimento dá-se o mesmo, sendo a unidade da medida o metro, isto é, um maior ou menor comprimento terá mais ou menos metros. Litro, pois, é a unidade de medida do volume. Quilo, é a unidade de medida do peso. Metro, é a unidade de medida do comprimento.

Da mesma forma, a tensão ou diferença de potencial também possui uma unidade de medida, que é chamada **volt**. Assim, quando num circuito elétrico existir maior ou menor "pressão de elétrons", dizemos que ele possui um número maior ou menor de volts.

A quantidade de água, na analogia que estamos fazendo, corresponde, no circuito elétrico, à **corrente elétrica**, a qual é medida em ampères, isto é, quando num circuito elétrico a corrente fluir em maior ou menor quantidade, dizemos que ela possui mais ou menos ampères.

Finalmente, o diâmetro dos canos no circuito hidráulico corresponde,

no elétrico, à **resistência elétrica**. Nos canos, por exemplo, existe uma certa resistência à passagem da água, isto é, ela não pode passar toda de uma só vez, mas sim aos poucos. Naturalmente, se os canos forem mais finos, como já dissemos atrás, passará por eles uma quantidade diminuta de água. Por canos grossos passará, logicamente, muito mais água. O mesmo acontece com os fios na electricidade. A corrente elétrica flui pelos fios tal como a água pelos canos. Naturalmente, se os fios forem grossos, poderá passar muito mais corrente do que se os fios forem finos, isto é, os fios, de acordo com seu diâmetro, oferecem uma resistência elétrica maior ou menor ao fluxo da corrente, deixando passar apenas uma pequena quantidade da mesma. Logo, um fio **mais fino** tem uma **resistência de mais ohms** e um fio mais grosso, de **menos ohms**.

Quanto ao seu comportamento, os dois circuitos (hidráulico e elétrico) ainda se identificam, isto é, ambos comportam-se da mesma maneira.

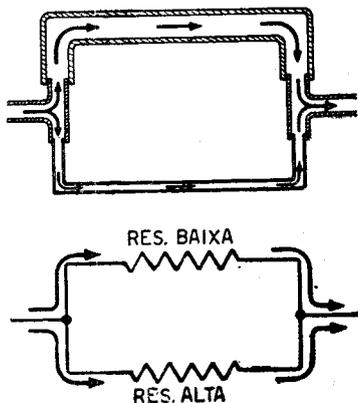


Figura 2

Na ligação em paralelo, a corrente de água e a electricidade se dividem, fluindo por ambos os ramos.

Imaginemos, por exemplo, que colocamos um registro no cano superior do circuito hidráulico e uma chave no lugar correspondente do circuito elétrico. Quando fechamos o registro, a pressão da água continua existindo na entrada do mesmo, porém, estando ele fechado, não pode haver circulação. A bomba, naturalmente, como é acionada por uma força exterior, continua a trabalhar, porém, sem transportar mais água e, conseqüentemente, gastando um mínimo apenas de energia exterior.

Ora, é óbvio que, se abrimos a chave colocada na entrada do circuito elétrico, o mesmo acontecerá. A interrupção da continuidade impedirá a criação da corrente e desta maneira, parará o motor. A tensão continuará existindo através dos contactos da chave, sem contudo haver circulação de elétrons. O gerador, por sua vez, continuará a funcionar, movido por uma força externa, porém não carregará mais o acumulador e, conseqüentemente, gastará mínima energia exterior.

Essa analogia entre circuitos hidráulicos e elétricos pode ainda ser demonstrada por muitos outros exemplos. Na figura 1 temos um circuito em que 2 canos, um grosso e outro fino, estão ligados em paralelo. O circuito equivalente está desenhado abaixo, correspondendo ao **cano grosso** uma **resistência pequena** e ao **cano fino** uma **resistência grande**. No circuito da água é muito natural que parte da mesma passe por um e parte por outro. Logicamente, pelo cano grosso passará muito mais água que pelo fino, pois encontrará no primeiro uma resistência muito menor. Se pudéssemos medir o fluxo de água em relação à variação dos diâmetros dos canos, veríamos que a quantidade de água varia proporcionalmente a esses diâmetros, ou melhor, se um fosse duas vezes mais

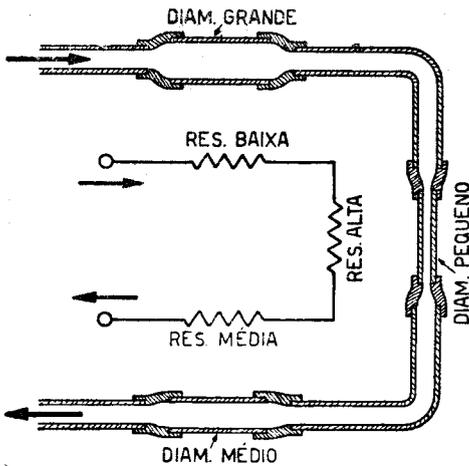


Figura 3

Na ligação em série, a corrente é igual em todos os trechos, pois é a mesma corrente que circula através de todas as resistências.

grosso do que o outro, a quantidade de água que passaria por ele seria também 4 vezes maior. Por outro lado, levando-se em conta não mais o diâmetro dos canos, mais sim a resistência que oferecem os mesmos ao fluxo da água, dizemos que: o **fluxo d'água em cada um dos canos é inversamente proporcional à resistência que os mesmos oferecem**. Esta mesma lei vale também para o circuito elétrico equivalente.

Façamos, então, uma pequena recapitulação das três grandezas elétricas fundamentais:

1º) — A corrente elétrica, ou seja, o número de elétrons que flui através de um fio, **por segundo**, é medida em **ampères**. Efetuando-se essa medida por meio de aparelhos aperfeiçoadíssimos achou-se que, circulando uma corrente de 1 ampère durante um segundo, fluem nesse ponto $6,3 \times 10^{18}$ elétrons, ou sejam, 6.300.000.000.000.000.000 (6,3 quintilhões de elétrons).

2º) — A tensão elétrica, ou seja, a "pressão eletrônica", é medida em volts. Quanto mais alto o número de volts, tanto maior a "pressão" com a qual a corrente é forçada através do circuito elétrico.

3º) — A oposição que os corpos oferecem ao fluxo eletrônico chama-se resistência e é medida em **ohms**. Esta oposição depende do diâmetro dos condutores, do seu comprimento e também do material de que é feito o corpo em questão. Há materiais bons condutores de eletricidade (por ex.: a prata, o cobre, etc.), maus condutores (como o níquel-cromo, o manganês, etc.) e materiais que praticamente possuem uma resistência infinita, isto é, através deles não passa, praticamente, corrente alguma. São chamados **isolantes** (porcelana, mica, etc.).

Agora que já se tornou mais clara a diferença entre corrente, tensão e resistência, vejamos a dependência entre essas grandezas.

Imaginemos um circuito composto de um gerador ao qual esteja incorporada uma resistência. Nos dois pólos do gerador está ligado um medidor que nos indica a tensão em volts.

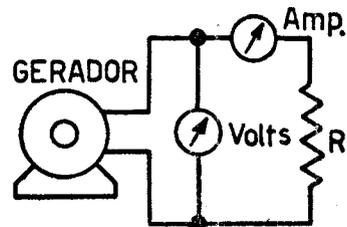


Figura 4

Para a determinação da Lei de Ohm, medimos a corrente e a tensão existentes num circuito que possui certa resistência R.

Entre o gerador e a resistência está ligado outro medidor, o qual nos indica quantos ampères circulam através do circuito (fig. 4).

Ajustamos a rotação do gerador, até que o voltímetro (aparelho medidor de volts) indique, por exemplo, a tensão de 10 volts. O amperímetro (aparelho medidor de ampères) estará indicando, por exemplo, 1 ampère. Sem modificarmos coisa alguma no circuito, aumentamos a rotação do dínamo (nome como também é conhecido o gerador) até que o voltímetro marque o dobro da leitura anterior, ou sejam, 20 volts. Veremos que o amperímetro, nesse caso, marcará 2 ampères. Aumentando a

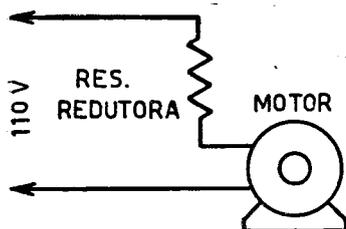


Figura 5

Ligação de um resistor para reduzir a tensão da rede para certo valor.

tensão para 30 volts, a amperagem aumentará para 3, e assim por diante. O aumento da tensão, portanto, sempre é acompanhado de correspondente aumento da corrente. Em outras palavras: sendo a resistência de um circuito constante, a corrente resultante sempre será proporcional à tensão aplicada.

Façamos agora outra experiência.

Mantenhamos a rotação do gerador constante, tendo assim a tensão no circuito um valor também constante, digamos de 100 volts. O am-

perímetro marcará, neste caso, 10 ampères. Ao invés de mudar a tensão, troquemos agora a resistência por uma outra que tenha a metade do valor da anterior. O amperímetro marcará, então, 20 ampères. Em seguida, colocamos no circuito outra resistência com o dobro do valor da primeira. Nesse caso, o amperímetro marcará somente a metade do valor marcado na primeira experiência, ou sejam, 5 ampères.

Desta experiência podemos deduzir que: sendo constante a tensão num circuito, a corrente será inversamente proporcional à resistência do mesmo.

E é da combinação dessas duas leis que resulta a célebre Lei de Ohm.

“A corrente num circuito é proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à sua resistência”.

Introduzindo o símbolo **I** para a corrente, **E** para a tensão e **R** para a resistência, podemos abreviar essa expressão pela fórmula:

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

na qual **I** vem sempre expresso em ampères, **E** em volts e **R** em ohms.

Se conhecemos, portanto, num circuito qualquer, a tensão aplicada e a sua resistência, poderemos facilmente calcular a corrente resultante. Por exemplo: à rede de 110 volts é ligado um resistor de 55 ohms. No nosso caso, **E** é igual a 110 e **R** a 55. 110 divididos por 55, resultam 2. Portanto, a corrente resultante terá 2 ampères.

A lei de Ohm pode ser também transformada para o cálculo da tensão ou das resistências, sempre que

os outros dois elementos do circuito forem conhecidos.

Para o cálculo da tensão, por exemplo, temos:

$$E = I \times R$$

Ao passo que, para o cálculo da resistência necessária para resultar determinada corrente, em se aplicando uma certa tensão, temos:

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

Daremos ainda uns exemplos de cálculo com esta última fórmula. Possuímos um motor elétrico que necessita de 60 volts para seu funcionamento e que, com esta tensão aplicada, consome 2 ampères. Queremos ligar este motor à rede de 110 volts através de um resistor redutor (fig. 5). Qual o valor que deverá ter esse resistor?

Primeiramente calculamos qual a queda de tensão que tem de provocar a resistência. Como são 60 os volts requeridos e 110 os existentes, sobre a resistência devem aparecer $110 - 60 = 50$ volts. A corrente que atravessa a resistência é a mesma que passa pelo motor, pois trata-se de ligação em série: 2 ampères. Temos, portanto, os dois dados necessários para o cálculo da resistência:

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

$$R = \frac{50}{2}$$

$$R = 25 \text{ ohms.}$$

Aqui está outro exemplo, bastante interessante, para a melhor compreensão do assunto: Queremos alimentar 3 válvulas de 6,3 volts e duas de 25 volts no filamento, da rede de 220 volts. Todas elas requerem 0,3 ampère para seu aquecimento e, portanto, podem ser ligadas em série. A tensão requerida para os filamentos é calculada somando-se todas as tensões de filamento: $6,3 + 6,3 + 6,3 + 25 + 25 = 68,9$; $220 - 68,9 = 151,1$ volts. A corrente que atravessa essa resistência é de 0,3 ampère. Aplicando-se a última fórmula, temos:

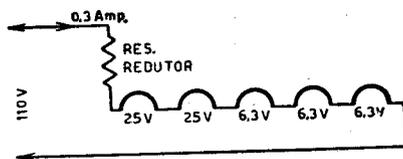


Figura 6

Ligação em série de filamentos de válvulas. O cálculo do resistor redutor é explicado no texto.

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

$$R = \frac{151,1}{0,3}$$

$$R = 503,7$$

Na prática, usaríamos uma resistência de 500 ohms, pois a pequena diferença de 3 ohms, (diferença abaixo de 1%) não influiria de forma alguma no funcionamento do receptor.