

BIBLIOTECA DE =
= ENSINO TÉCNICO
SEM PROFESSOR

*A electricidade
em acção*

PARCERIA A. M. PEREIRA, editora

BIBLIOTECA DE
ENUNO TECNICO
LIMA PERU

PARECIA A. S. BERRIA S. S.

Ofício Des.
Caturuma Camas
2019

A ELECTRICIDADE EM ACÇÃO

A ELECTRICIDADE EM AÇÓO

COMPOSTO E IMPRESSO NA
SOCIÉDADE INDUSTRIAL
DE TIPOGRAFIA, LDA.
RUA ALMIRANTE PESSANHA,
3 e 5 (AO CARMO) — LISBOA

BIBLIOTECA DE ENSINO TÉCNICO
(SEM PROFESSOR)

A ELECTRICIDADE EM ACÇÃO

POR

Luís de Sequeira Oliva Júnior

Mechanical & Electrical Engineer, pela University College, de Londres

(2.^a EDIÇÃO)



1937

—
PARCERIA ANTONIO MARIA PEREIRA

LIVRARIA EDITORA

Rua Augusta — 44 a 54

LISBOA

Re

62

Biblioteca de Ensino Técnico sem professor

Volumes publicados:

- Telefonia e telegrafia sem fios**, pelo engenheiro Oliva Júnior (manual de iniciação, facilimo de compreender).
- Construção de aparelhos eléctricos pelo amador**, pelo engenheiro Oliva Júnior (livro único no género ensinando a construir objectos e aparelhos eléctricos, utilizando processos acessíveis a qualquer amador).
- Chauffeur hábil**, pelo engenheiro Oliva Júnior (um completo e compreensível manual do motorista).
- A ciência e a indústria em nossas casas**, pelo Dr. Bento Carqueja (é como que um manual de química orgânica, explicada pelos exemplos e ensinando pequenas indústrias caseiras).
- Chave da electricidade**, pelo engenheiro Oliva Júnior (explica os fundamentos da electricidade e as suas unidades de medição).
- Electricidade em acção**, pelo engenheiro Oliva Júnior (descreve as aplicações da electricidade).
- Geradores e motores eléctricos**, pelo engenheiro Oliva Júnior (trata de dínamos e motores eléctricos contendo vários esquemas de enrolamentos).
- Soldaduras**, por Raul Boaventura Real (todos os processos de soldaduras, desde os primitivos até às mais modernas soldaduras eléctricas).
- Pinturas e fingidos**, por Carlos Alberto Correia (o verdadeiro manual do pintor, contendo páginas a cores com modelos de fingidos de mármore e madeiras).
- Indústria de brinquedos**, por M. C. & X. (ensina a construir brinquedos simples).
- Montador electricista**, pelo engenheiro Oliva Júnior (o livro indispensável para se fazerem instalações de luz, campainhas, pára-raios, etc., ensinando a descobrir e reparar avarias).
- Esmaltes artísticos e industriais**, por Artur Lobo de Avila (esmaltagens em jóias, retratos, placas, medalhas, objectos vários, etc.).

PREFÁCIO

As aplicações da electricidade são hoje tão numerosas e variadas que seria difícil incluir tôdas elas num só volume desta Biblioteca. Por êsse motivo, o autor dêste livro escolheu entre as várias aplicações modernas da electricidade aquelas que, pela sua natureza, mais se proporcionavam a englobar os princípios que regem o funcionamento de todos os aparelhos accionados pela electricidade, com excepção dos motores eléctricos que estão tratados no volume desta Biblioteca, e que se intitula **Motores e geradores eléctricos.**

É evidente que cada capítulo poderia formar só

por si um volume, se se desenvolvesse a matéria em conformidade com os grandes aperfeiçoamentos actuais da ciência. No entanto, o estudante encontrará em cada capítulo todos os esclarecimentos necessários para a boa compreensão do modo de funcionamento dos aparelhos eléctricos que lhe dizem respeito, e esta compreensão será ainda mais fácil para aqueles que tiverem estudado as matérias contidas no volume desta Biblioteca — **A chave da electricidade**, sendo agora êste volume por assim dizer a sua continuação.

Nos vários capítulos encontrará o estudante a maneira por que têm sido aproveitados os efeitos térmicos, químicos, mecânicos e outros, que a electricidade pode produzir, explicando bem claramente a maneira como êsses efeitos são produzidos, que é o essencial para se obter uma base sólida no estudo da electricidade.

Campainhas eléctricas, avisadoras de ladrões, alarmes, etc.

As campainhas eléctricas, avisadores de ladrões, alarmes e outros instrumentos semelhantes, fazem parte da *transmissão de sinais*, pois que em todos os casos a campainha eléctrica ou alarme constitui um sinal de que se conhece a significação.

A campainha eléctrica ordinária é um instrumento muito simples em princípio, bem que haja uma grande variedade de tipos em uso. A campainha mais simples consiste num electro-magnete ordinário, tendo em frente dos seus pólos uma armadura de ferro macio. Esta armadura suporta na sua extremidade livre um fio de arame com um batente ou martelo, o qual bate no timbre quando a armadura se move devido à atracção do magnete.

Além destes elementos há também um **estabelecedor de contacto** ou **vibrador**, com o fim de *interromper* e *estabelecer* o circuito alternativamente, fazendo com que a armadura se mova para diante e para trás duma maneira correspondente, resultando um bater contínuo do martelo no timbre enquanto a corrente passar pelo circuito.

As figuras 1 e 2 mostram as várias partes duma cam-

painha ordinária. Na campainha representada pela figura 1, o maquinismo está coberto com a caixa *C*, o que é geralmente feita para proteger as partes moveiças da poeira

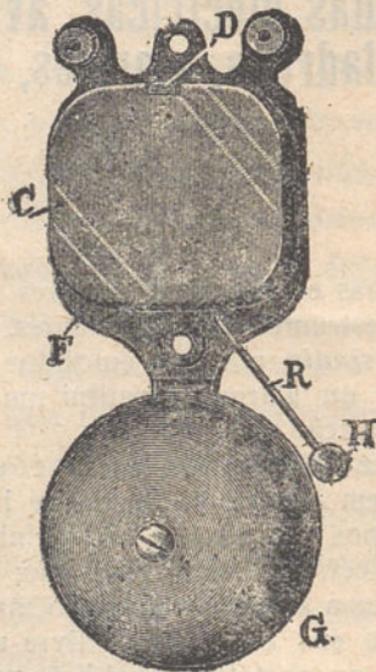


Fig. 1 — Campainha eléctrica ordinária

ou de choques acidentais. A caixa *C* é muitas vezes de madeira, outras de ferro, e está prêsa à armação ou base *E* por meio de uma mola *D*, que se vê no tôpo da caixa. A base *F* é usualmente de madeira, ou de ferro fundido,

suportando na sua parte inferior o *timbre* ou campainha pròpriamente dita, prêsa à base, no seu centro, por meio dum parafuso.

Na campainha representada pela figura 2, vê-se bem cla-

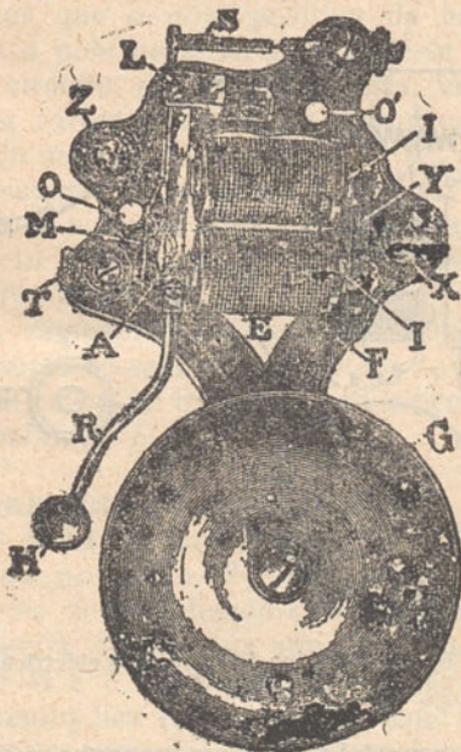


Fig. 2 — Detalhes da campainha eléctrica ordinária

ramente o maquinismo. *EE* é um *electro-magnete* formado por dois *núcleos* cilíndricos *II* de ferro macio ligados um ao outro pela culatra *Y*. Sôbre cada núcleo *I* está enrolada uma *bobina* de fio isolado, e as duas bobinas estão

ligadas uma à outra pelo *fio de ligação W*, formando assim um circuito contínuo.

Em frente dos pólos dêste electro-magnete está colocada a *armadura A* de ferro macio, que está articulada em *L*. Esta armadura suporta o arame *R* que tem na sua

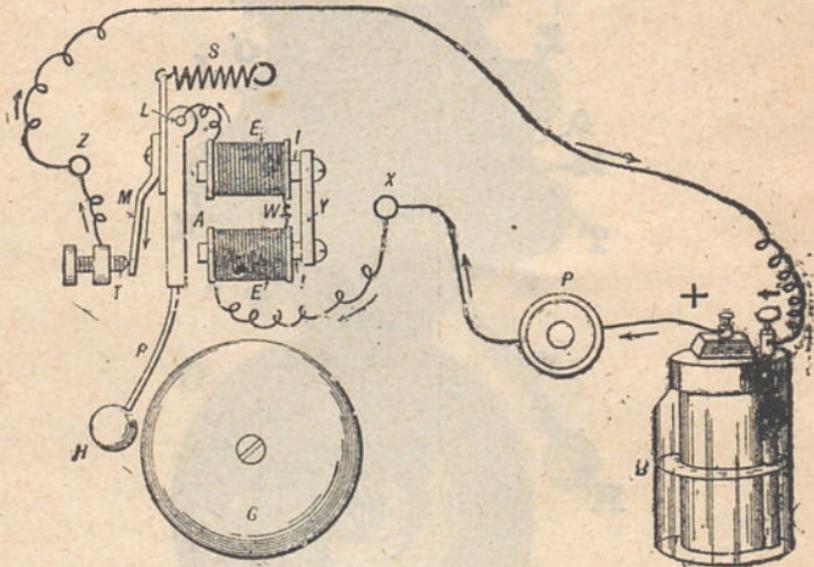


Fig. 3 — Circuito eléctrico da campainha eléctrica ordinária

extremidade o martelo *H*. Uma pequena *mola* de metal *M* está também segura, perto da parte articulada da armadura *A*, de maneira a descansar contra o *parafuso T* quando a armadura está livre, mas não faz nenhum contrato com êle quando a armadura é atraída.

X e *Z* são os bornes aos quais estão ligados os fios que vêm da bateria de pilhas, ou outra fonte de electri-

cidade. O e O' são *orifícios* para parafusos por meio dos quais a campainha pode ser suportada contra a parede.

O caminho da corrente vê-se claramente, referindo-nos à figura 3, na qual se empregam as mesmas letras que nas figuras 1 e 2 para designar os mesmos órgãos.

Suponhamos que o pólo positivo da bateria B está ligado a X e o pólo negativo a Z ; pode-se seguir então facilmente o circuito por meio das setas. Ver-se-á que a partir de X a corrente atravessa sucessivamente as duas bobinas EE do magnete, ligadas pelo fio W , e em seguida passa para o suporte da armadura L . Dali vai para a armadura A , passa à mola de contacto M e através do parafuso de contacto T ao borne Z , de onde finalmente volta ao pólo negativo da bateria.

Quando a campainha não está em funcionamento, a armadura conserva-se separada dos pólos do magnete pela mola S , a qual retém ao mesmo tempo a peça M em contacto com o parafuso T .

Funcionamento da campainha. — Suponhamos agora que se fecha o circuito entre X e Z , por exemplo, carregando no botão P ; a corrente passa através dos magnetes EE excitando-os, e que imediatamente atraem a armadura A . Mas esta atracção rompe também o contacto entre M e T , visto que M se move com a armadura A . O circuito fica assim imediatamente interrompido e os magnetes em excitação. A armadura é assim libertada de novo, e M é empurrado em contacto com T pelo braço da mola S . Assim que M e T se põem em contacto de novo, a corrente passa outra vez pelos magnetes, repetindo-se então a mesma série de operações, e esta acção continua enquanto a corrente fôr fornecida ao circuito, isto é, no nosso caso, enquanto se carregar no botão P .

Durante êste movimento de vai-vem da armadura, que é muito rápido, o pequeno martelo *H* está batendo violentamente no timbre *G*, que é o fim que se procura.

As campainhas descritas até aqui chamam-se campainhas *vibradoras*, visto que o martelo treme ou vibra continuamente, enquanto o circuito estiver fechado, interrompendo-se e estabelecendo-se o contacto duma maneira completamente *automática*. Notar-se-á que a acção descrita se effectuou fazendo a armadura da própria campainha parte do circuito eléctrico, de modo que a armadura está apta a estabelecer e a interrômper o circuito à medida que é atraída e libertada pelo seu electro-magnete,

Campainha de uma pancada só. — A campainha que vamos agora descrever chama-se *campainha de uma pancada só*, e é usada para dar um número definido de pancadas, que podem, por uma convenção anterior, representar um determinado sinal de modo a formar uma espécie de instrumento telegráfico rudimentar.

Na campainha duma pancada só, os fios da bateria são ligados aos bornes, mas daí estes fios vão sòmente às bobinas dos magnetes, sem passar pela armadura, como na campainha vibradora. Portanto, quando se fecha o circuito, o electro-magnete excita-se, a armadura é atraída para os pólos do electro-magnete e o martelo bate no timbre. Não há então nenhum outro movimento da armadura enquanto a corrente passar, visto que o seu movimento não interrompe o circuito como antes. O martelo dá portanto só uma pancada cada vez que se fecha o circuito; daí o seu nome de *campainha de uma pancada só*.

Se se interromper a corrente em seguida, a armadura é de novo libertada e volta para a posição primitiva, devido

à acção da mola da armadura, ficando a campainha pronta para outro sinal.

Campainha de chamada contínua. — O tipo imediato de campainhas a considerar é o conhecido pela designação de *chamada contínua*. Esta campainha está construída de modo que quando se fecha o circuito no botão de contacto, e se retira o dedo, abrindo-se o circuito de novo neste ponto, a campainha continua a tocar até que seja parada à mão, desligando-se o contacto que fechou automaticamente o circuito noutra ponto.

A utilidade dum tal aparelho é evidente quando se deseja estabelecer um alarme de qualquer espécie, como por exemplo para os ladrões, incêndio, ou ainda qualquer outro sinal que tenha de ser mantido em acção até que se tenham dado as providências que o caso requer. Assim, no caso de um avisador de ladrões, é evidentemente importante que o facto de uma porta ou janela ter sido aberta subrepticiamente, em casa, durante a noite, por pessoas estranhas, seja comunicado às pessoas interessadas e que o alarme seja mantido até que se tenham tomado as providências contra os intrusos.

Um alarme desta natureza é também algumas vezes empregado nas caldeiras de vapor com o fim de avisar o maquinista de que a água desceu abaixo do nível permitido. A campainha tocará então continuamente até que a atenção do maquinista tenha sido chamada para o caso e o defeito remediado.

Construção da campainha de chamada contínua. — A construção da campainha de chamada contínua difere muito pouco da campainha vibradora. Na fig. 4 vê-se o método de construção da campainha deste tipo.

Notar-se-á que em vez de dois bornes, como têm as campainhas descritas até aqui, esta tem três bornes *A*, *B* e *C*.

O borne marcado com a letra *A* está ligado da maneira usual do fio que conduz a um pólo da bateria; o outro

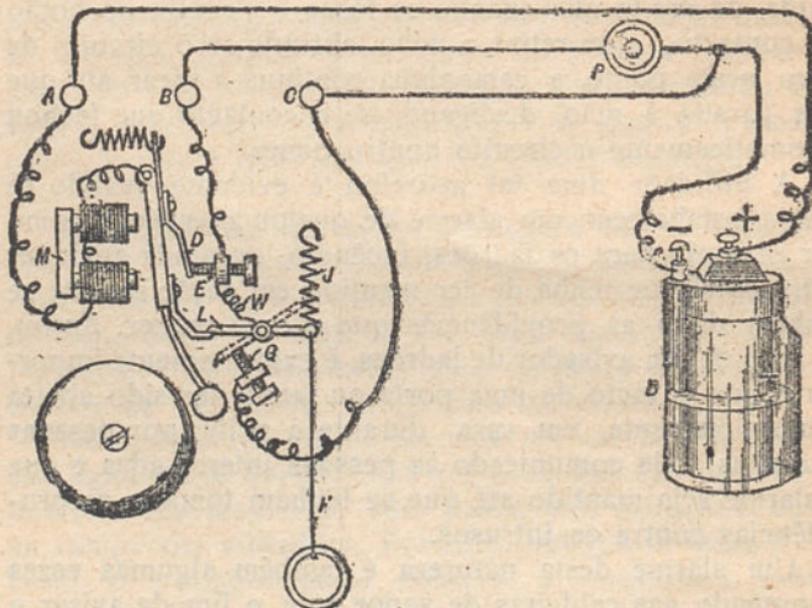


Fig. 4 — Diagrama do circuito da campainha de chamada contínua

representado por *B* está ligado ao outro fio da linha, e o terceiro *C* está ligado por uma derivação ao mesmo fio, mas um pouco além do botão de chamada *P*.

Funcionamento da campainha de chamada contínua. — A acção da campainha é a seguinte: Supo-

nhamos que se carrega no botão de chamada P , estabelecendo-se o contacto; então a corrente vai do pólo $+$ da bateria para o borne A , e daí para o electromagnete M excitando-o, passa aos contactos D e E e vai de volta pelo borne B para o pólo $-$ da bateria, através do botão de contacto então fechado.

O primeiro movimento da armadura para o electromagnete solta porém a alavanca L , que cai e faz contacto com o parafuso G , como se vê pelas linhas ponteadas.

Se se retirar agora a pressão do dedo no botão de chamada, o circuito abre-se imediatamente em P , mas fica ainda fechado através dum novo circuito, como se verá facilmente seguindo as ligações. A corrente vai do pólo $+$ da bateria, e chega ao borne A , vai ao electro-magnete excitando-o, e passa aos contactos D e E atravessando-os. Como agora o circuito está interrompido no botão de chamada, a corrente não pode voltar para a bateria pelo borne B , mas encontra uma passagem pelo fio W para a alavanca L e contacto G , visto que a alavanca repousa agora sôbre G . A partir de G a corrente vai ao borne C o qual está ligado ao pólo $-$ da bateria por meio da derivação.

Paragem da campainha de chamada contínua. — Notar-se-á que o segundo circuito é inteiramente independente do botão de chamada, com excepção do facto de necessitar que êle seja fechado em primeiro lugar para estabelecer o circuito e pôr a campainha em acção. A campainha continuará porém a tocar, uma vez posta em acção desta maneira, até que o circuito seja interrompido de novo à mão nos pontos G e L . Faz-se isto puxando para baixo pela corda H , ligada à alavanca L . A mola J opõe uma certa resistência a êste movimento da alavanca L , mas

quando a fôrça é suficiente, a alavanca L será de novo agarrada pela projecção da armadura, restabelecendo-se de novo a condição de *circuito aberto* e ficando então a campainha pronta para ser posta em movimento por meio do botão de contacto P .

Aparelhos auxiliares.— Os aparelhos mais importantes empregados com as campainhas eléctricas, e sem os quais elas seriam, por assim dizer, inúteis, são os *contactos, botões, interruptores, chaves, etc.*

Botões de contacto. — Os botões de contacto ou de chamada são feitos numa grande variedade de tipos. O princípio sôbre o qual são construídos é contudo muito simples, e com efeito bastam duas peças de metal, para estabelecer o contacto, às quais estão respectivamente ligados os bornes do circuito. O contacto é estabelecido exercendo uma certa pressão sôbre uma das peças de metal até que toque na outra.

A construção do botão de chamada vai claramente representada na fig. 5, na qual W é uma base de madeira ou outra matéria isoladora sôbre a qual estão aparafusadas duas peças de metal A e B , e que têm as suas extremidades livres uma por cima da outra. Essas peças formam os contactos, e a elas estão ligados os fios da linha L e L' nos parafusos M e N . Estes fios passam para a trazeira do botão de chamada através dos orifícios H e H' feitos na base.

A peça de contacto A está aparafusada, achatada sôbre a base. A segunda peça B é feita de latão de mola e está aparafusada numa extremidade; a outra extremidade C , desenvolvida na forma duma espiral, termina exactamente por cima da peça de contacto A , e permanece ali sem a

tocar, como se vê na fig. 5. Exercendo uma certa pressão sobre a extremidade *C*, por meio do botão *D*, a mola *B* põe-se em contacto com *A*, e quando se não faz mais pressão a sua elasticidade retira-a imediatamente do contacto com *A*.

A pressão sobre *C* é produzida usualmente por intermédio dum pequeno botão *D*, feito de porcelana, marfim,

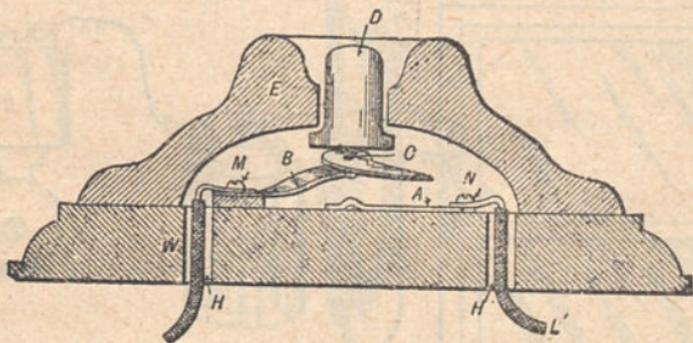


Fig. 5 — Secção do botão de chamada

ou borracha endurecida, o qual é suportado por cima das pontas de contacto por meio duma cobertura apropriada *E* que se adapta por cima de toda a base.

Estes botões de chamada são freqüentemente feitos com grande solidez e elegância e em várias formas, segundo o uso a que são destinados.

Trombeta ou **cega-rega eléctrica**.—Um pequeno instrumento muito útil, empregado nos locais em que seria pouco conveniente ouvir-se o som violento duma campainha eléctrica, é a **trombeta** ou **cega-rega eléctrica**. Este aparelho tem em geral a mesma construção que a

campainha, no referente ao magnete, mas o timbre é suprimido, e em vez dêle um disco fino de ferro é pôsto em circuito com os fios da linha e em frente dos pólos do magnete. Fechando o circuito magnetiza-se e desmagnetiza-se o electromagnete, pondo o disco em vibração rápida, o qual produz um som particular como o do zumbido de insecto ou de uma cega-rega.

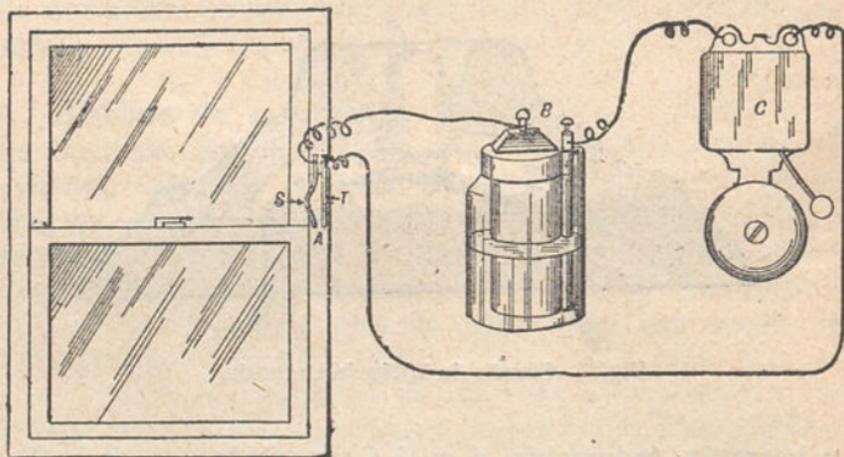


Fig. 6—Disposição do avisador de ladrões

Avisadores de ladrões.—Os avisadores eléctricos de ladrões são empregados numa variedade de formas, com contactos para portas, janelas, gavetas, cofres, etc., etc. Em todos os casos, porém, são construídos para que, pelo movimento não autorizado do objecto que se deseja proteger, se feche um circuito eléctrico, o qual acciona uma campainha de alarme. Um aparelho desta espécie para a protecção de janelas vai indicado nas figs 6 e 7. A janela

representada na fig. 6 está provida, num dos cantos superiores do caixilho inferior, duma mola de contacto *A*, representada em detalhe na fig. 7.

Quando se levanta o caixilho, a mola *S* do contacto *A* que, na sua posição natural projecta para fora da caixa da janela, é comprimida pelo caixilho, pondo-se em contacto



Fig. 7—Mola de contacto para janela, do avisador de ladrões

com a mola *T*, que fecha assim o circuito da bateria *B* e da campainha *C*, produzindo o alarme.

Defeitos do sistema de circuito aberto. — O alarme descrito no § precedente é do tipo de circuito aberto, dependendo o seu funcionamento do fechamento de um circuito normalmente *aberto*. Um grande defeito desta espécie de alarme é que se o circuito se interromper acidentalmente, o alarme não funciona, e sabendo isto o ladrão

astuto cortará sempre primeiramente quaisquer fios suspeitos que possa encontrar antes de abrir a porta ou janela.

Este defeito pode ser, porém, completamente eliminado por uma disposição em que o circuito esteja normalmente *fechado*; o alarme só tocará então quando se interromper o circuito. É, portanto, evidente que, num sistema desta espécie, de nada serviria ao ladrão cortar

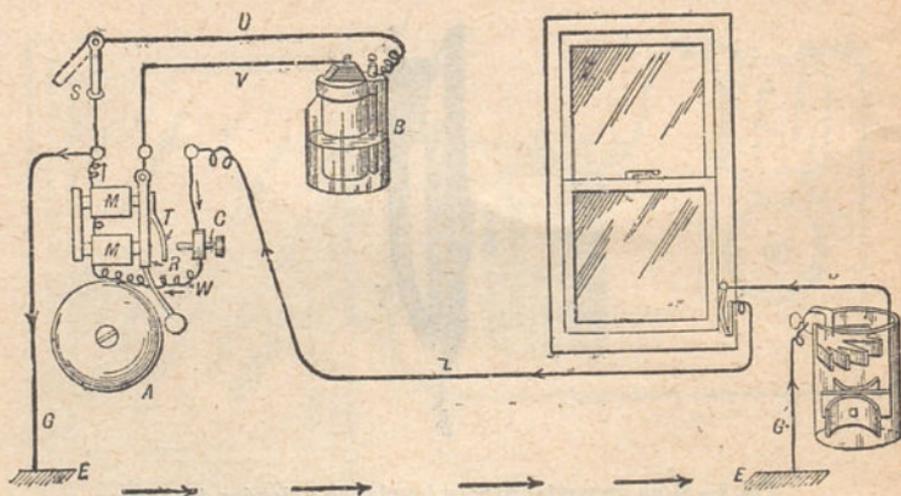


Fig. 8 — Sistema de avisador de ladrões, com circuito fechado

os fios, pois que, assim que fizesse isso, o alarme daria imediatamente sinal.

Sistema de circuito fechado. — A fig. 8 representa um circuito de alarme do tipo fechado. *A* é a campainha, que difere da do tipo de circuito aberto só nas ligações das bobinas do electromagnete e do vibrador; *D* é a bateria da linha; *B*, é a bateria local; *L* é o fio da

linha, e G G' são fios que conduzem a pratos E E' em contacto com a terra, ou a canalizações de gás ou água. Quando a linha L está contínua, a corrente da bateria D passará através de L , do fio W , das bobinas MM do magnete, através do fio G , da ligação à terra E , e daí através da terra para E' , e de volta para a bateria através de G' . A armadura R da campainha A é atraída e retida permanentemente em contacto com os pólos do electromagnete, fazendo assim com que a campainha não toque. Quando, porém, o circuito é interrompido em qualquer ponto da linha principal L , como por exemplo levantando o caixilho e abrindo a mola de contacto, ou cortando-o, a armadura R é libertada e a sua mola T faz contacto com o parafuso C do vibrador. A corrente de B' passará então através do fio U , das bobinas MM do magnete, do fio W , do parafuso C , da mola T e do fio V , fechando assim o circuito local da campainha.

A campainha tocará então, enquanto a linha do circuito estiver interrompida ou enquanto o circuito local estiver fechado. Um interruptor S pode ser introduzido no circuito local, podendo estar aberto quando se não necessita do alarme.

Alarmes de temperaturas e de caldeiras. —

Outros aparelhos baseados nos princípios descritos anteriormente são os alarmes de calor ou temperatura, os alarmes de caldeiras, etc. **O termóstato**, ou alarme de temperatura, é um dos mais úteis e eficazes; pode ser arranjado para anunciar uma alta ou uma baixa temperatura, e como é excessivamente sensível é muito rápido na sua acção.

Termóstatos de mercúrio. — A figura 9 representa uma forma de termóstato. Consiste num termómetro

ordinário, montado sôbre uma base apropriada, na qual estão colocados também os bornes *A* e *B*. Um fio *W* projecta para dentro do tubo até um ponto correspondente ao grau de temperatura em que o alarme tem de funcionar. O borne *A* está ligado ao fio *W*, e o mercúrio no reservatório do termómetro está ligado ao borne *B* por um fio de ligação. De *A* e *B* parte o circuito da bateria e da campainha.



Fig. 9 — Termóstato de mercúrio

Quando a temperatura está dentro dos limites de funcionamento, considerados normais em qualquer caso particular, o mercúrio não atinge o fio que projecta para dentro do tubo. Na figura 9 êste ponto crítico vê-se ser a 90°. Se por motivo de incêndio ou outro calor qualquer anormal, a temperatura se elevar além daquela para a qual o

instrumento está regulado — neste caso 90° — o mercúrio eleva-se e toca no fio superior: isto fecha o circuito entre *A* e *B*, e a campainha toca, dando o alarme.

Termóstatos de mola. — Outra forma de termóstatos é construída segundo o princípio do termómetro de mola metálica com dois metais des-semelhantes; noutros o calor anormal derrete ou amolece uma substância de modo a permitir que dois contactos se unam e fechem o circuito.

Bôcas de incêndio automáticas. — Algumas vezes o fechamento do circuito, pela fusão do metal, ou pela elevação do termómetro até o ponto limite, além de tocar o alarme, faz também com que uma válvula duma boca de incêndio se abra automaticamente, lançando água em tôdas as direcções no quarto donde o sinal foi dado. Estes aparelhos chamam-se *bôcas de incêndio automáticas*.

Alarmes para baixas temperaturas. — Se as ligações forem arranjadas semelhantemente, como no avisador de ladrões do tipo de circuito fechado (vêr fig. 8), pode-se usar igualmente um termóstato para dar um alarme quando se atingir um limite de baixa temperatura. Neste caso o fio de contacto *W*, figura 10, é feito de modo a projectar do tópo do tubo para baixo até um ponto *A* correspondente à temperatura crítica. Enquanto o mercúrio estiver acima dêste ponto, o contacto será mantido e o circuito principal ficará fechado. Tão depressa porém a temperatura cair abaixo do ponto crítico *A*, o circuito principal abrir-se-á; a armadura da campainha será assim libertada e como consequência o circuito local fechar-se-á tocando então a campainha.

Os alarmes desta espécie, juntamente com os alarmes

de calor, descritos atrás, são usados nas estufas e nas chocadeiras para avisarem quando a temperatura atinge o seu limite permitido, mais alto ou mais baixo, fazendo assim com que a pessoa encarregada efectue uma regulação apropriada do aparelho de aquecimento antes que ocorra algum acidente.

Alarmes para caldeiras. — Por meio dum flutuador que descansa sôbre a superfície da água, é possível

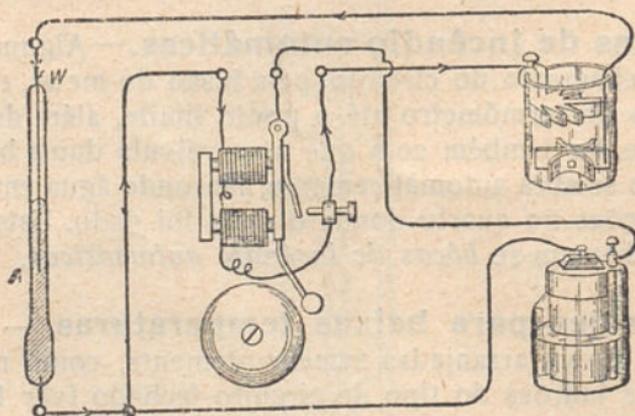


Fig. 10 — Alarme para baixa temperatura

dar sinal duma elevação ou abaixamento excessivo da água num tanque, reservatório ou caldeira.

Nos instrumentos desta espécie, o flutuador está provido dum braço munido dum contacto apropriado, de modo que quando a água se eleva até o nível do flutuador e o levanta, faz com que a peça de contacto complete o circuito. Noutros o flutuador está ligado a um braço que joga entre dois contactos fixos *A* e *B*, como mostra a figura 11. Enquanto, pelo movimento do flutuador para

cima ou para baixo, os dois pontos de contacto fixos não são atingidos, nenhum sinal é dado. O braço do flutuador tem uma peça de contacto *C* de cada lado, que pode tocar nos contactos fixos superior e inferior, conforme a água estiver alta ou baixa. Quando estes pontos anormais forem atingidos o alarme funciona.

Os quadros de chamada ou anunciadores e o seu emprêgo. — Os instrumentos que são construídos para acomodarem um grupo de aparelhos que indi-

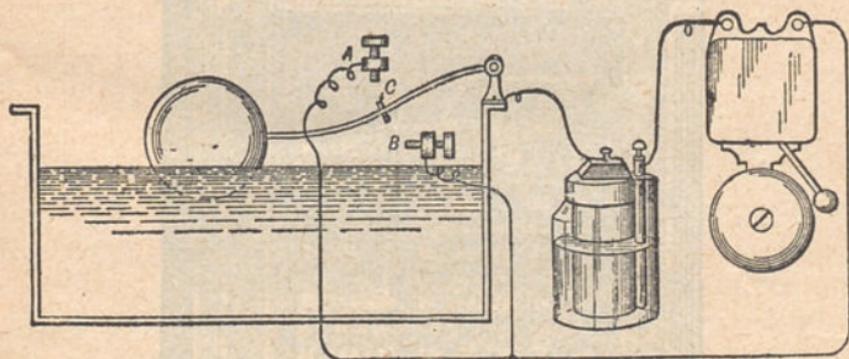


Fig. 11 — Alarme de caldeira

quem os sinais que chegam de pontos diferentes, chamam-se **anunciadores** ou **indicadores**, ou ainda **quadros de chamada**. Os quadros de chamada são muito empregados nos *hotéis* e também nas *casas particulares* em que se deseja que os ocupantes possam comunicar com facilidade e ser atendidos rapidamente pelos criados ou empregados, conforme o caso. Também são usados nos *elevadores* para indicarem de que andar foi tocada a campainha de chamada, e nos *sistemas de avisadores de ladrões* para

indicar que porta ou janela foi forçada. Nos *alarmes de incêndio* também são bastante empregados para indicar de que posto foi feita a chamada, etc.

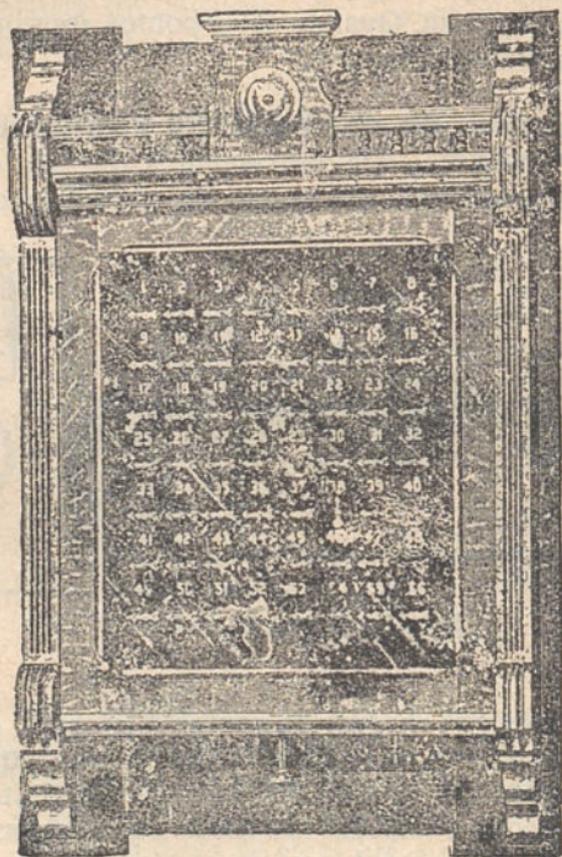


Fig. 12 — Quadro de chamada de hotel

Disposição dos anunciadores. — A aparência geral das duas formas principais de anunciadores vai

representada nas figuras 12 e 13. O primeiro é um anunciador de **ponteiro** e o segundo um anunciador de **disco**. Ambas as espécies dependem, para o seu funcionamento, da magnetização dum electromagnete pela mesma corrente que acciona a campainha eléctrica, a qual toca quando se dá o sinal. No anunciador de ponteiro a magnetização do electromagnete faz com que um ponteiro correspondente se volte da posição horisontal para a vertical. Na figura 12, que representa um quadro de chamada

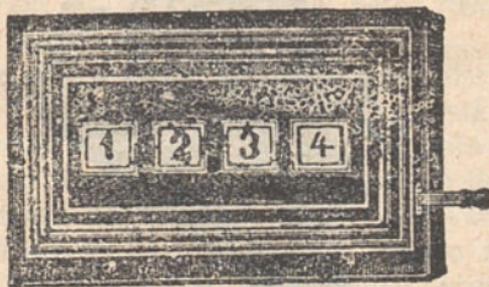


Fig. 15 — Quadro de chamada de disco

de hotel para 56 quartos, vê-se que o n.º 38 está justamente recebendo um sinal do quarto daquele número.

No tipo de disco, representado pela figura 13, o electromagnete excitado atrai a sua armadura, libertando o disco, o qual cai para uma posição em frente duma abertura, deixando assim vêr o número inscrito no disco, o qual corresponde ao número do quarto donde veio a chamada.

Quando os quadros de chamada de hotéis são do tipo de disco, êstes estão numerados para corresponder com o número dos quartos aos quais estão ligados.

Discos de quadros de chamada — A figura 14 mostra em detalhe um tipo de disco para quadro de chamada, com o seu electromagnete. *E* é o electromagnete com a sua armadura *A*, provida dum gancho *H* na sua parte inferior.

Este gancho *H* prende normalmente na sua abertura a alavanca de metal amarelo *L*, a qual comporta na sua extremidade o disco *D*, feito usualmente da mesma peça

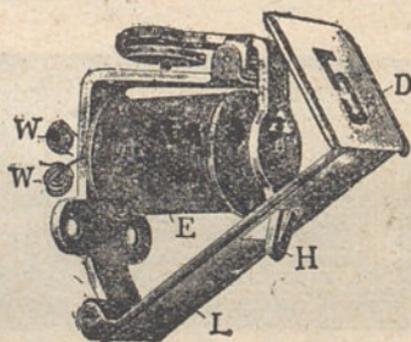


Fig. 14 — Disco de quadro de chamada

que a alavanca *L*. *W*, *W* são fios que vão ao quarto do qual os sinais devem ser enviados para o disco *D*.

Quando ainda se não deu sinal algum o disco *D* está na sua posição mais alta, sendo a alavanca *L* suportada pelo gancho *H* que está assim engatilhado. Se o circuito ligado aos fios *W*, *W* for fechado no botão de contacto no quarto correspondente, a campainha toca e ao mesmo tempo o electromagnete *E* excita-se; a armadura *A* é atraída, o gancho *H* desengatilha-se da alavanca *L* e o disco *D* cai para diante da sua abertura, ficando aparente.

É evidente que quando os discos caem necessitam de ser levados de novo para o seu lugar, de modo a estarem em condição de funcionamento para a chamada seguinte do mesmo quarto.

A colocação dos discos na sua posição normal é usualmente efectuada, voltando ou empurrando uma alavanca que acciona um aparelho mecânico dentro do quadro. Este aparelho é formado por um sistema de tirantes, um para cada disco, arrançados de modo que quando se acciona a alavanca são apanhados os discos que caíram, levantando-os até serem agarrados de novo pelos ganchos presos às armaduras dos electromagnetes.

As alavancas para este fim vêem-se claramente nas figuras 12 e 13. Na figura 12 a alavanca está situada no centro da parte inferior do quadro, devendo ser empurrada para cima para accionar o maquinismo de colocação dos discos no seu lugar. Na figura 13 a alavanca deve ser empurrada da direita para a esquerda para o mesmo fim.

Em vez do sistema mecânico manual, acima descrito, alguns quadros de chamada são construídos com aparelhos *eléctricos* para colocar os discos no descanso, actua-dos simplesmente pela pressão sôbre um botão. Neste caso um electromagnete inserido no circuito é excitado, carregando sôbre um botão, o qual acciona um sistema de tirantes semelhantes ao do tipo mecânico manual, que coloca os discos na posição de descanso.

Acumuladores eléctricos

Definição — Um acumulador eléctrico, também chamado algumas vezes *pilha secundária*, é um aparelho em

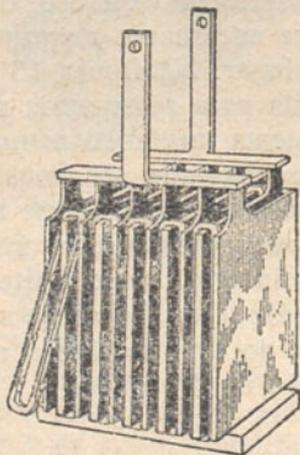


Fig. 15 Elemento de acumulador

que a energia eléctrica pode ser convertida, por meio duma acção electrolítica, em energia química e esta energia quí-

mica, por meio duma acção electrolítica inversa, pode ser convertida de novo em energia eléctrica.

Um acumulador, teòricamente considerado, difere só duma pilha primária em que a acção química da descarga pode ser invertida, sendo a bateria posta de novo na sua condição primitiva pela passagem da corrente duma fonte exterior na direcção inversa através dos elementos.

Êste *carregamento e descarregamento* alternativo dá a aparência de *acumulação* ou *armazenagem* da electricidade, da mesma maneira que se armazena a água numa cisterna; os próprios termos *carga* e *descarga*, que se empregam quando se descreve o que se passa nos acumuladores, são fundados na mesma idéia de armazenagem da electricidade, análoga à dos líquidos.

Um acumulador é formado por dois grupos de electrodos relativamente inertes, ou *placas*, imersos num electrólito incapaz de actuar apreciavelmente sobre êles, até que uma corrente tenha passado através do líquido, dum grupo de placas para o outro, e tenha mudado as suas relações químicas. A passagem da corrente numa direcção estabelece uma acção química, a qual produz uma força electromotriz na direcção oposta à da corrente de carga, e quando esta última é suprimida e se fecha o circuito, a acção química inverte-se espontaneamente, fornecendo uma corrente eléctrica na direcção oposta.

Princípio fundamental — O princípio fundamental que governa a chamada *acumulação* ou *armazenagem* da electricidade num acumulador é a *electrólise*. O método pelo qual é aplicado aos acumuladores e os resultados obtidos serão tratados mais adiante.



Partes essenciais — Um acumulador é formado pelas partes essenciais seguintes:

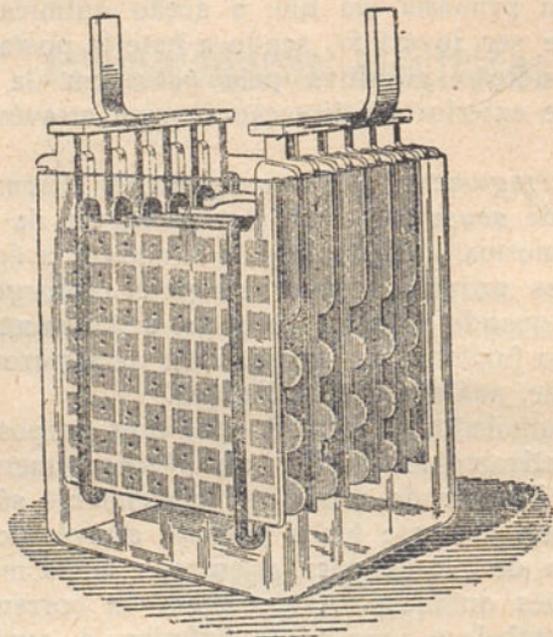


Fig. 16 — Pequeno acumulador de estação central

- (1) Vaso.
- (2) Placas de duas espécies, positivas e negativas.
- (3) A solução ou electrólito.
- (4) Os separadores isolantes ou suportes.

O grupo completo de placas, positivas e negativas, é frequentemente chamado o *elemento* do acumulador.

Partes constituintes e suas funções

Vaso — O vaso, jarro ou tanque é usualmente feito de *vidro*, *ebonite*, *celuloide* ou de *madeira* revestida interiormente de *folha de chumbo*. A sua função é simples-

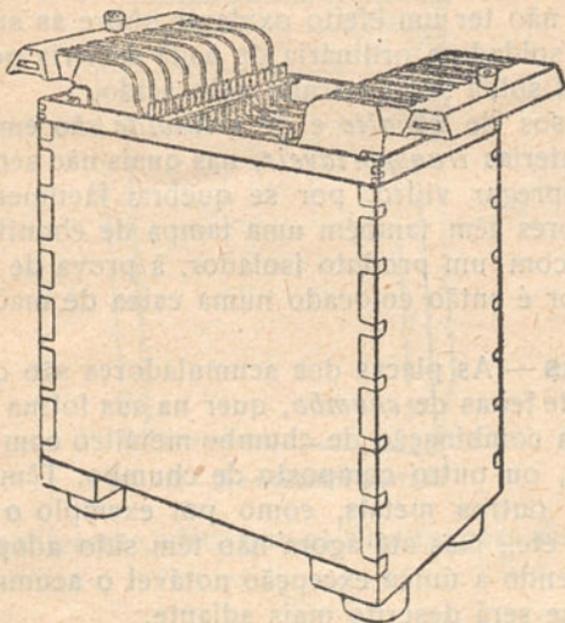


Fig. 17 — Grande acumulador de estação central

mente formar um receptáculo para as placas e para o electrólito, e como êste é uma solução ácida, o vaso deve ser à prova de ácido.

Os vasos de vidro são empregados para os pequenos

acumuladores em que os elementos não pesam mais do que 75 quilos, por exemplo; acima d'êste pêso é conveniente empregar outro material menos sujeito a fractura.

Para os *grandes* acumuladores empregam-se *tanques de madeira*, forrados interiormente com folha de chumbo, pois que podem ser feitos de qualquer tamanho e fortaleza, sendo a madeira protegida do ácido pelo chumbo. As juntas no revestimento de chumbo são feitas por soldadura, empregando-se uma chama de hidrogénio para êsse fim, visto não ter um efeito oxidante sôbre as superfícies a unir. A soldadura ordinária de nada serviria pois que o estanho da solda seria atacado pelo ácido.

Os vasos de *ebonite* e de *celuloide* são empregados para as baterias *transportaveis*, nas quais não seria conveniente empregar vidro, por se quebrar fàcilmente. Êstes acumuladores têm também uma tampa de ebonite, a qual é selada com um produto isolador, à prova de ácido. O acumulador é então côlocado numa caixa de madeira.

Placas — As placas dos acumuladores são quasi universalmente feitas de *chumbo*, quer na sua forma metálica, quer numa combinação de chumbo metálico com qualquer sal, óxido, ou outro composto de chumbo. Têm-se experimentado outros metais, como por exemplo o *zinco*, o *alumínio*, etc., mas até agora não têm sido adoptados na prática, sendo a única excepção notável o acumulador de *Edison* que será descrito mais adiante.

A função das placas é de formar elétrodos apropriados, sôbre os quais os gases, à medida que são desenvolvidos pela electrólise, possam actuar quimicamente, sendo a influência da acção química nêles, durante a *carga*, preparar as placas para a acção inversa, ou *descarga*.

As placas devem ser portanto construídas de modo a

facilitar esta acção química e permitirem que ela se produza no máximo possível, visto que a capacidade da bateria depende da quantidade de acção química. Se as placas não estiverem construídas apropriadamente, os gases desenvolvidos escapar-se-ão na forma de bôlhas e serão perdidos, em vez de produzirem a acção química sôbre as placas. As placas positivas e as negativas são usualmente de

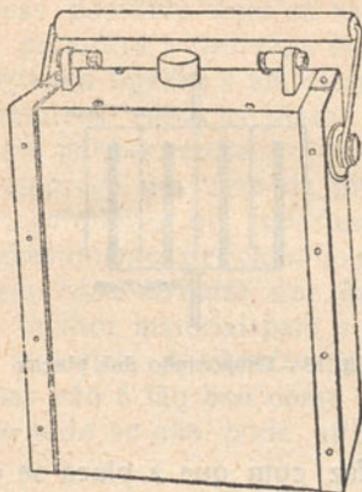


Fig. 18 — Acumulador portátil

construção diferente, visto que as suas funções são também diferentes.

Disposição das placas — As placas positivas e negativas são dispostas *alternadamente* no acumulador, de modo que de cada lado de uma placa *positiva* haja uma placa *negativa*, como se vê diagramaticamente na figura 19. Tôdas as placas da mesma polaridade estão ligadas entre si, formando assim dois grupos.

Notar-se-à haver mais uma placa negativa do que positivas num acumulador; faz-se isto para que haja uma placa negativa de cada lado duma placa positiva, garantindo assim uma acção química igual sôbre esta última.

Se assim não fôsse a placa positiva que tivesse só um lado exposto à acção química aquecer-se-ia. Não acontece isto com uma placa negativa, visto que a acção química é

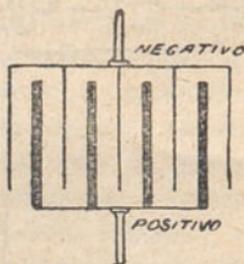


Fig. 19 — Disposição das placas

diferente e não faz com que a placa se dilate e se contraia como na positiva.

Electrólito — A electrólito num acumulador com elementos de chumbo é sempre *ácido sulfúrico* diluído em água, variando as proporções de ácido e da água conforme o tipo de acumulador, mas é geralmente cêrca de uma parte de ácido para três ou quatro partes de água, em volume.

A densidade da mistura duma parte de ácido para três de água é de 1,250, e duma parte de ácido para quatro de água é de 1,180. A densidade do ácido puro é de 1,845.

Separadores isolantes ou suportes — Os separadores dos acumuladores desempenham um papel mais importante do que geralmente se imagina. É necessário conservar a posição relativa apropriada entre as placas positivas e negativas, pois que se se puzerem em contacto umas com as outras, forma-se um caminho para a corrente sem que passe através do electrólito, não havendo portanto nenhuma electrólise. Ainda mais, se se puzerem em contacto as placas positivas com as negativas, formarão um circuito que permitirá a descarga do acumulador sem que os bornes estejam ligados a um circuito exterior. Um contacto desta natureza, entre as placas positivas e negativas, chama-se um *curto-circuito*.

Quando se emprega um vaso de madeira forrado de chumbo, êstes separadores ou suportes devem isolar os elementos do revestimento de chumbo; doutra maneira seriam postos em *curto-circuito* por êsse revestimento.

O *vidro* é o melhor material para a fabricação dêstes separadores ou suportes. A *ebonite* também se emprega para êsse fim, mas não é tão boa como o vidro, sendo só usada quando de todo se não pode utilizar êste último.

Reacções químicas nos acumuladores com elementos de chumbo

Materiais activos — As placas positivas e negativas, numa bateria com elementos de chumbo no seu estado final e quando completamente carregadas, contêm respecti-

vamente um revestimento ou depósito de *bióxido de chumbo*, PbO_2 e *chumbo poroso ou esponjoso* Pb .

Cada placa pode ser dividida em duas partes: (1) A *carcassa metálica* ou *grelha* e (2) o material sôbre ela, o qual está submetido à acção química e é chamado conse-

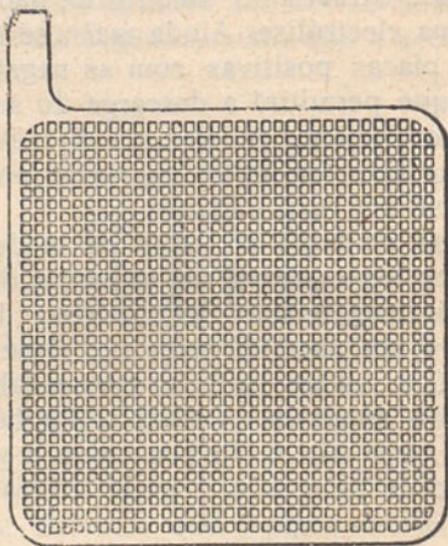


Fig. 20— Grelha ou suporte, de acumulador de formação artificial

qüentemente o *material activo*. Há muitos modos de preparar o material activo dum acumulador de elementos de chumbo e torná-lo apto a receber a acção química; estudaremos êsses vários métodos mais tarde, mas todos êles produzem o mesmo resultado, a saber, a *formação de bióxido de chumbo na placa positiva, e chumbo poroso ou esponjoso na placa negativa*.

O *chumbo poroso* ou *esponjoso* é simplesmente chumbo puro metálico numa forma granular, sendo nêsse estado extremamente poroso e susceptível de acção química.

Acção durante a descarga — Como vimos mais atrás, num acumulador completamente carregado tem-se bióxido de chumbo, $Pb O_2$ na placa positiva, e chumbo poroso ou esponjoso Pb na placa negativa, sendo o electrólito ácido sulfúrico diluído, $H_2 SO_4 + H_2 O$.

Quando as placas positivas e negativas estão ligadas através dum circuito externo, estabelece-se uma acção química secundária, a qual produz uma força electromotriz e conseqüente corrente eléctrica, partindo do acumulador da placa positiva.

Enquanto o circuito externo está fechado, produz-se, dentro do acumulador a acção química seguinte: O radical SO_4 no electrólito de ácido sulfúrico une-se com o material activo em ambas as placas, convertendo-o em sulfato de chumbo $Pb SO_4$. Na placa positiva os dois átomos de oxigénio O_2 , do bióxido de chumbo $Pb O_2$ são deslocados pelo radical SO_4 , unindo-se os dois átomos de O com quatro átomos de hidrogénio $2 H_2$, do electrólito decomposto, formando duas moléculas de água $2 H_2 O$. Na placa negativa o radical SO_4 , pondo-se em contacto com o chumbo esponjoso Pb , forma $Pb SO_4$ por combinação directa.

Enquanto houver algum material activo nas placas, que possa ser atingido pelo ácido, esta acção química continua, e a corrente eléctrica passa através do circuito externo; quando porém todo o material activo tiver sido convertido em sulfato de chumbo, atinge-se um equilíbrio entre as duas placas, deixando de existir a força electromotriz e a corrente eléctrica conseqüente.

Na prática, nunca se deve deixar ir a descarga até este ponto, pois que de nada serviria devido à baixa f. e. m. que forneceria, devendo ser parada antes que todo o material activo seja reduzido a sulfato de chumbo, e consequentemente antes que a força electromotriz comece a descer muito. A força electromotriz de um acumulador de elementos de chumbo completamente carregado é de 2 a 2,5 vóltios, e a descarga em funcionamento pratico nunca deve ir além do ponto em que a voltagem caia a 1,7 vóltio.

Durante a acção química da descarga a densidade do electrólito *diminui*, visto que os elementos do ácido sulfúrico estão entrando em combinação com o material activo nas placas, deixando uma maior proporção de água no electrólito.

Acção durante a carga — Durante a carga a acção química é invertida, a corrente eléctrica entra para o acumulador pela placa positiva, passa através dela e decompõe o electrólito, levando gás oxigénio para a placa positiva e hidrogénio para a placa negativa. Estes gases decompõem o sulfato de chumbo em ambas as placas. Na placa positiva o oxigénio desloca o radical SO_4 , formando bióxido de chumbo, Pb O_2 e libertando SO_4 , o qual se une com os átomos livres de hidrogénio, formando ácido sulfúrico $\text{H}_2 \text{SO}_4$. Na placa negativa, o hidrogénio combina-se com o radical SO_4 , formando ácido sulfúrico e deixando chumbo esponjoso Pb . Assim o ácido sulfúrico volta para o electrólito de ambas as placas, ao passo que o material activo na placa positiva é restabelecido em bióxido de chumbo e o da placa negativa em chumbo esponjoso ou poroso.

Durante a carga a densidade do electrólito *aumenta* à medida que o ácido sulfúrico volta para êle.

Quando todo o material activo nas placas for assim actuado e tiver voltado para a sua condição primitiva, os gases libertados pela decomposição do electrólito saíram das placas em forma de bôlhas, não havendo mais nenhum material activo não convertido para se unir com êles.

Fórmulas químicas — As reacções químicas que se produzem num acumulador com elementos de chumbo podem ser expressas em símbolos químicos pela maneira seguinte:

Reacção durante a descarga:

Na placa positiva: $\text{Pb O}_2 + \text{SO}_4 + 2 \text{H}_2 = \text{Pb SO}_4 + 2 \text{H}_2 \text{ O}$

No electrólito $\text{H}_2 \text{ SO}_4 + \text{H}_2 \text{ O} = 2 \text{H}_2 + \text{SO}_4 + \text{O}$

Na placa negativa: $\text{Pb} + \text{SO}_4 = \text{Pb SO}_4$.

Reacção durante a carga:

Na placa positiva: $\text{Pb SO}_4 + 2 \text{O} = \text{Pb O}_2 + \text{SO}_4$.

No electrólito: $\text{H}_2 \text{ SO}_4 + \text{H}_2 \text{ O} = 2 \text{H}_2 + \text{SO}_2 + \text{O}$.

Na placa negativa: $\text{Pb SO}_4 + \text{H}_2 = \text{Pb} + \text{H}_2 \text{ SO}_4$.

A fabricação das placas dos acumuladores

Método Planté — A forma primitiva das placas de acumuladores era uma *simplex fôlha de chumbo*. Estas placas eram submetidas a um longo processo de *forma-*

ção, a-fim-de preparar as suas superfícies e torná-las porosas, para facilitar a acção electrolítica. Este processo era realizado da seguinte maneira: Colocavam-se as placas lisas de chumbo num electrólito de ácido sulfúrico, como indicamos anteriormente, e eram carregadas durante bastante tempo. O oxigénio produzido na placa positiva, devido à decomposição da água no electrólito, corroía ou oxidava a superfície da placa de chumbo, formando ali um revestimento castanho de bióxido de chumbo, PbO_2 . O hidrogénio produzido na placa negativa escapava-se em bôlhas, pois a superfície lisa da placa de chumbo não oferecia nenhuma substância para a redução a chumbo poroso ou esponjoso. Depois de se carregar durante algum tempo, até se obter uma boa camada de bióxido na placa positiva, trocavam-se as placas ligando-se a positiva para negativa e vice-versa.

Começava então a carga nestas condições, sendo o resultado que o oxigénio produzido na placa lisa de chumbo a oxidava, produzindo ali um revestimento de bióxido, como no caso anterior, ao passo que o hidrogénio produzido na placa negativa (isto é, a que era positiva na carga precedente e sôbre a qual se tinha obtido a camada de bióxido de chumbo) convertia o seu revestimento em chumbo puro numa forma granulosa ou esponjosa.

Assim que todo o bióxido da placa negativa tinha sido reduzido a chumbo esponjoso, e que se tinha formado uma boa camada de bióxido na placa positiva, trocavam-se de novo as placas, e o processo era repetido alternativamente até que as superfícies de ambas as placas ficassem num estado perfeitamente poroso pelas várias cargas, formando-se assim uma quantidade considerável de material activo.

Este processo levava muito tempo a completar, pois o

regime de carga tinha de ser conservado bastante baixo visto que doutra maneira estragar-se-iam as superfícies das placas, saltando fora o material activo à medida que se ia formando. Eram precisas quinze a vinte horas para cada carga, e necessitava-se de um grande número de mudanças das placas para produzir uma capacidade que tornasse o acumulador verdadeiramente prático. A par disso, a quantidade de electricidade gasta nas várias cargas representava uma grande verba no custo dos acumuladores.

As placas assim formadas eram conhecidas pelo nome de *placas Planté*, nome derivado do físico francês Gaston Planté que inventou êste processo de formação em 1860. Um grande número de construtores empregaram êste processo, e hoje, bem que pareça estranho, tornou-se, com certas modificações, um dos *melhores* métodos de construção, suplantando muitos melhoramentos inventados desde o tempo de Planté.

Método Faure. — As objecções apresentadas contra o processo Planté, isto é, o tempo necessário para a formação do material activo, e o seu custo, junto à capacidade comparativamente reduzida que se obtinha, foram vencidas por *Camille A. Faure*, um químico francês, o qual, em 1881, concebeu a idéia de preparar e *aplicar mecânicamente* o material activo sôbre as placas de chumbo. Conseguiu isto, fazendo uma pasta de óxido de chumbo com a qual revestia uns suportes ou grelhas de chumbo. O óxido de chumbo era muito rapidamente actuado pela electrólise, formando uma grande quantidade de material activo num curto espaço de tempo e à custa de muito pouca corrente eléctrica.

O óxido de chumbo empregado por Faure era *minio*

$Pb_3 O_4$ ou $2 PbO + Pb O_2$, na placa positiva, e *lithargírio* $Pb O$, na placa negativa.

Éstes óxidos eram misturados com ácido sulfúrico, formando uma pasta (empregava-se ácido sulfúrico para a tornar melhor condutora durante a formação) a qual era aplicada sôbre as superfícies das placas de chumbo. Colocavam-se então estas placas num electrólito de ácido sulfúrico diluído, e dava-se-lhes uma boa carga (sem se trocarem as placas como no método de Planté) até que tôda a pasta de óxido assim aplicada sôbre a superfície da placa fôsse convertida respectivamente em bióxido de chumbo e chumbo esponjoso, pela acção electrolítica.

Era necessária uma carga de formação comparativamente pequena, pois que a pasta de óxido de chumbo tinha uma estrutura naturalmente porosa, sendo actuada muito mais facilmente pelos gases do que a fôlha lisa de chumbo, oferecendo portanto uma superfície muito maior à acção química.

Podia-se também utilizar uma grande quantidade de material activo numa pequena área da superfície da placa, dando-se portanto uma grande capacidade a uma bateria, a qual occupava portanto muito pouco espaço e era comparativamente muito mais leve, dois pontos importantes num acumulador.

Separação no material activo. — Quando Faure inventou o seu método, julgou-se que se tinha descoberto o acumulador ideal, mas a experiência diária mostrou pouco a pouco que esta crença era errônea.

A aplicação mecânica do material activo, ou antes material que se tornava muito facilmente activo com uma pequena carga, dava excellentes resultados ao princípio, mas depois de repetidas cargas e descargas viu-se que o

material activo se separava, ou perdia contacto com a placa que o suportava, fazendo portanto com que a acção química se não efectuasse convenientemente.

Experimentaram-se várias disposições para vencer esta perturbação, como por exemplo o uso de invólucros de vários metais, os quais eram colocados à roda das placas para conservarem o material em contacto com a placa de chumbo, e para evitarem a perfuração das placas suporta-doras, de modo a sustentarem melhor o material activo.

Grelhas. --- A forma de placa suportadora que deu melhores resultados e que foi mais geralmente adoptada era feita na forma duma grelha (figura 20), com aberturas especiais feitas de modo a suportarem fàcilmente em posição o material activo.

Êste tipo de placa foi um grande melhoramento sôbre tudo o que se tinha feito até então, formando-se muitas companhias para a fabricação de acumuladores com estas patentes.

Isto passava-se em 1883, e até 1892 êste tipo de acumulador, com pequenas modificações, foi o único empregado em quantidade apreciável. Empregou-se com efeito um grande número destas baterias, parecendo quâsi ilimitado o campo aberto para as suas applicações, mas a experiência mostrou que êste acumulador não era ainda o aparelho perfeito que se julgava, não suportando em muitos casos o trabalho que se lhes impunha.

Notou-se na prática que êste tipo de bateria necessitava muita atenção e um manejo muito cuidadoso. Funcionava com regularidade, e se se tivesse o cuidado de não deixar ir a descarga muito longe e de não conservar a bateria descarregada tempo algum, carregando-a imediatamente depois da descarga, êste tipo de acumulador dava

resultados satisfatórios, e ficava em bom estado durante um certo tempo; não se observando porém estas precauções, e se se lhe pedisse muito trabalho, descarregando-a em demasiado, e carregando-a depois sem cuidado, resultavam perturbações que arruinavam a bateria dentro de pouco tempo.

Descarga demasiada.—O resultado duma descarga demasiada, ou de deixar uma bateria descarregada muito tempo nesse estado, era a formação duma camada de sulfato branco de chumbo entre o material activo e a grelha.

Êste sulfato branco de chumbo, que se forma nestas condições, é diferente do sulfato de chumbo ordinário que se produz durante a descarga normal da bateria, sendo muito nocivo, pois é praticamente um não-condutor e é excessivamente duro para que se possa converter em material activo pela acção electroquímica. Forma-se sómente quando se deixa permanecer muito tempo o sulfato de chumbo ordinário, produzido durante a descarga, em presença do ácido sulfúrico, absorvendo mais sulfúrio e tornando-se um sulfato mais elevado, o qual é praticamente incapaz de ser actuado pela electrólise.

Quando se forma êste sulfato branco, o material activo torna-se inerte, de modo que quando se carrega a bateria de novo, os gases desenvolvidos, em vez de impregnarem o material activo e actuarem nêle, saem da grelha de chumbo em bôlhas, fazendo cair aos pedaços o material activo da grelha. Esta acção fazia também com que as placas se encurvassem, pois que se uma parte do material activo em certas porções da placa se tornasse inactivo, ao passo que o resto ficasse em boa condição, a placa funcionava desigualmente, torcendo-se ou encurvando-se.

Esta perturbação ocorreria principalmente na placa

positiva, visto que o chumbo esponjoso na placa negativa não se convertia tão facilmente em sulfato branco.

Esta perturbação nêste tipo de acumuladores podia ser bastante evitada, se se tivesse suficiente cuidado com a bateria, não se deixando nunca descarregar além do limite indicado pelos construtores. Não era porém possível garantir êsse tratamento cuidadoso quando passavam para as mãos dos compradores; a verdade é que na maior parte dos casos não se prestava atenção alguma à bateria, usando-se enquanto fornecia corrente eléctrica e depois deixava-se nêsse estado bastante tempo até que houvesse occasião de a carregar.

Considerava-se uma bateria de acumuladores simplesmente como um reservatório que podia ser vasado e enchido à vontade, ignorando-se por completo a sua acção química bastante complexa.

Duração. — Para que uma bateria de acumuladores seja comercialmente prática deve poder suportar algumas negligências e mesmo alguns abusos, sem o que nunca dará resultados satisfatórios, bem que à medida que o seu uso se generaliza e começam a ser compreendidas melhor, se comece a dar mais atenção a elas e a tratá-las melhor. Uma boa bateria de acumuladores, como veremos mais adiante, é capaz de suportar bastantes mais descuidos do que as primitivas, tendo todos os melhoramentos introduzidos convergido para as fazer mais duradoiras e apropriadas às condições em que devem funcionar, a-fim-de as tornar verdadeiramente comerciais.

Acção do gás oxigénio. — Um outro ponto fraco na bateria de acumuladores do tipo Faure era a grelha de chumbo da placa positiva, que, com o tempo, era atacada

e finalmente destruída pela acção do gás oxigénio. Esta acção penetrava gradualmente na grelha de chumbo até que o metal se tornava tão fraco que a placa se desfazia em pedaços. A acção oxidante que se produz na placa positiva é como o enferrujamento do ferro, comendo gradualmente a grelha, até que finalmente se tornava fraca de mais para suportar o material activo, o qual caía então aos pedaços.

Este inconveniente foi um tanto ou quanto vencido fabricando a grelha com uma mistura de *chumbo* e *anti-mónio*, combinação que produz uma liga muito dura e muito densa, e que não é facilmente atacada pela acção electrolítica; formava também um suporte muito mais rijo e mais resistente.

Acção do gás hidrogénio. — A acção na placa negativa é diferente. O gás hidrogénio não tem efeito algum penetrante; reduz simplesmente o material activo a chumbo puro esponjoso, não tendo conseqüentemente acção alguma sobre a grelha.

Falta de robustez mecânica. — Além destes pontos fracos neste tipo de acumulador, uma das causas de perturbação era a sua *pouca robustez mecânica*, devido a construírem-se as baterias leves de mais. Os consumidores pediam naturalmente baterias de acumuladores o mais leves possível, e os construtores sacrificavam a sua duração para satisfazerem os pedidos. Não se pensava nessa ocasião que para se produzir uma bateria de acumuladores, realmente satisfatória e prática, era preciso empregar o chumbo ou liga suficiente para tornar as placas robustas e duráveis, o que necessariamente devia aumentar-lhes o seu peso.

O acumulador de cloreto. — Há também um tipo de acumulador que difere um pouco do tipo Faure, ou de formação artificial. Êste tipo, conhecido pelo nome de acumulador de cloreto, foi descoberto em 1893 e era em muitos pontos superior ao de Faure, marcando a sua aparição uma época na história dos acumuladores.

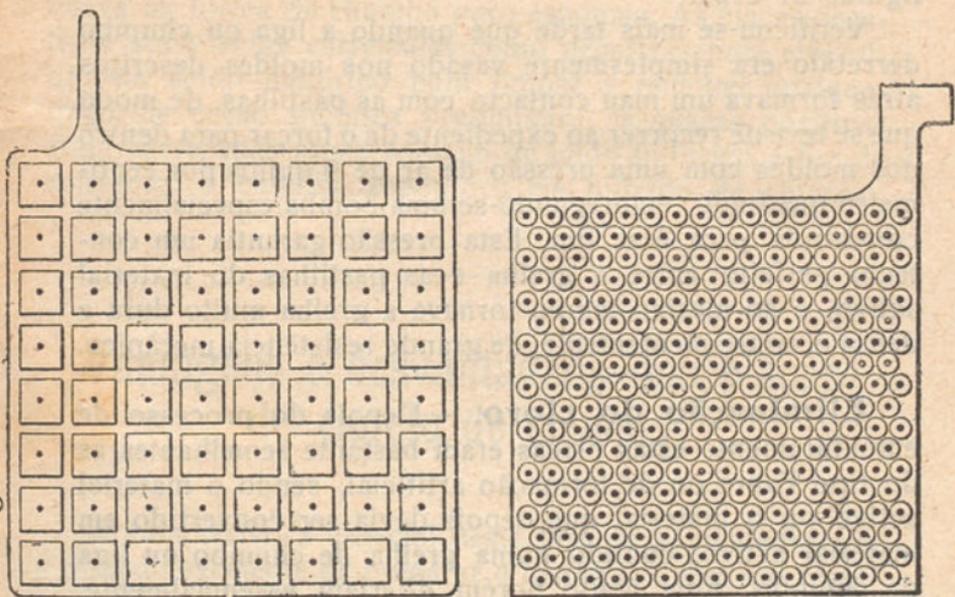


Fig. 21 e 22 — Grelhas suportando as pastilhas

O acumulador de cloreto diferia dos outros tipos na maneira como o material activo era preparado. Em vez de empregar uma pasta de *óxido de chumbo* misturava-se *cloreto de chumbo* com uma pequena proporção de *cloreto de zinco*, derretendo-os num forno. Esta mistura, uma vez

em fusão, torna-se muito líquida, correndo quasi tão facilmente como a água. Deitava-se em moldes de ferro, formando pequenos blocos ou *pastilhas*, os quais, depois de frios, eram muito duros, bem que um tanto ou quanto quebradiços. Estas pastilhas tinham umas ranhuras em toda a roda e eram colocadas em molduras ou moldes, nos quais se fazia correr o metal em fusão, chumbo ou liga, que formava a grelha ou suporte, como mostram as figuras 21 e 22.

Verificou-se mais tarde que quando a liga ou chumbo derretido era simplesmente vasado nos moldes descritos atrás formava um mau contacto com as pastilhas, de modo que se teve de recorrer ao expediente de o forçar para dentro dos moldes com uma pressão de ar de 9 quilos por centímetro quadrado, empregando-se uma bomba especialmente construída para esse fim. Esta pressão garantia um contacto perfeito entre a grelha e as pastilhas do material activo, e ao mesmo tempo tornava a grelha muito dura e densa e, conseqüentemente, de grande resistência mecânica.

Eliminação do cloro. — Depois do processo de emolduramento estas placas eram bastante semelhantes às do tipo Faure ou de formação artificial, sendo o material activo ou o material que depois devia ser convertido em material activo, contido numa grelha de chumbo ou liga de chumbo; num ponto porém diferiam essencialmente, pois que estas placas tinham de ser submetidas a um processo químico preliminar antes de serem formadas eléctricamente. Tinha-se que eliminar o cloro; fazia-se isto mergulhando as placas, depois de elas serem retiradas dos moldes, num banho de cloreto de zinco no qual estava também mergulhada uma prancha de zinco metálico. O resultado prático desta operação era a formação duma pilha,

em que o zinco actuava como eléctrodo positivo, ao passo que as pastilhas constituíam o eléctrodo negativo. Produzia-se uma acção química que resultava na combinação do cloro das pastilhas com o zinco, continuando esta acção até que se tivessem retirado os últimos traços de cloro das placas, formando cloreto de zinco que ia para dentro da solução.

Depois dêste processo o material activo nas placas ficava na forma de chumbo puro esponjoso. As placas negativas eram então carregadas como negativas num electrólito de ácido sulfúrico para limpar e remover qualquer traço de acção química preliminar; as placas positivas eram carregadas numa solução de ácido sulfúrico, a-fim-de converter o chumbo esponjoso em bióxido de chumbo.

Vantagens e desvantagens das placas de cloreto de chumbo

A característica especial dêste tipo de acumulador era o método excelente de preparar o material activo que resultava numa substância muitíssimo porosa, oferecendo portanto uma grande superfície à acção química, e sendo ainda assim bastante forte mecânicamente.

Por outro lado, o processo de fundir as grelhas à roda do material activo, enquanto êste estava num estado sólido e rijo, garantia um bom contacto e suportava o material activo numa posição fixa, impedindo-o de saltar fora da grelha.

As placas positivas deram muito bons resultados durante algum tempo, mas, no fim dalgumas cargas e descargas, o material activo amolecia gradualmente, perdia a sua formação cristalina e caía finalmente da grelha como se fôsse lama, reduzindo assim a sua capacidade. Êste tipo de acumulador não estava sujeito às perturbações que se produziam no tipo Faure, era mais como o tipo Planté; porém a perda de capacidade na placa positiva, devida ao apodrecimento do material activo, tornou-o pouco satisfatório e de curta duração.

Processo Planté aperfeiçoado — Enquanto os tipos de acumuladores de formação artificial e de cloreto estavam sendo construídos e usados, tôdas as companhias, nos Estados-Unidos, na Inglaterra, França e Alemanha, faziam numerosos ensaios para melhorar a duração e rendimento dos acumuladores, e o resultado bastante curioso destas experiências é que tôdas elas tendiam a voltar a um tipo modificado de placa positiva **Planté**, como sendo a mais satisfatória e prática.

Descobriu-se um novo processo de formação das placas em que se reduzia consideravelmente o tempo e a corrente necessária, tornando-as comercialmente práticas.

Êste processo de formação era baseado no facto de o chumbo ser solúvel no ácido nítrico. Se se expuzer uma placa de chumbo à acção do ácido nítrico, a sua superfície é facilmente atacada, penetrando o ácido muito rapidamente no metal, formando nitrato de chumbo.

Tirou-se vantagem disto no novo processo de formação Planté, formando-se as placas num electrólito de ácido sulfúrico, contendo uma pequena percentagem de ácido nítrico. O resultado era que a oxidação se efectuava muito mais rapidamente, obtendo-se um bom revestimento

de bióxido de chumbo em algumas horas, o mesmo que antes levava dias a fazer, e além disso não era preciso trocar as placas.

A acção oxidante é tão rápida e violenta com este processo que só se pode usar uma diminuta quantidade de ácido nítrico, devendo-se regular muito bem a duração da carga de formação; doutra maneira as placas seriam *forçadas de mais*, deteriorando-se. Com este processo era absolutamente essencial fazer desaparecer qualquer traço de ácido nítrico das placas depois de completada a carga de formação, pois que se ficasse algum nas placas, quando eram transferidas para o electrólito ordinário de ácido sulfúrico para o trabalho usual, o ácido nítrico continuaria o processo de formação e estragaria as placas, formando nelas bióxido de chumbo em demasia.

Vantagens do processo Planté aperfeiçoado

— Neste processo de formação tôdas as placas que se querem formar são positivas durante a carga, empregando-se como negativas simples placas de chumbo; estas últimas não são por assim dizer atacadas, servindo quasi indefinidamente.

Um outro melhoramento feito neste tipo de placas foi o aumento da sua superfície. Como já dissemos num parágrafo anterior, a capacidade dum acumulador depende inteiramente da extensão de superfície do material activo exposta à acção electrolítica; no tipo Faure ou de formação artificial, obtém-se isto pela aplicação mecânica dum material activo poroso, e no último tipo Planté construindo a placa de modo a apresentar uma grande superfície em virtude da sua forma ou contôrno.

Várias formas de placas

Placas de grande superfície — Construíram-se muitas formas engenhosas de placas para darem a superfície desejada, sem aumentar as dimensões nem o peso da placa. Num dos casos a superfície exposta chegou a catorze vezes a sua área, mas isto só se obteve numa placa que não podia ser usada praticamente devido à falta de robustez mecânica.

Vamos agora descrever alguns dos métodos mais empregados para obter esta grande superfície, mostrando assim a variedade de meios de que se lançou mão para obter o resultado desejado.

Placas em forma de favo de mel — Um dos métodos consistia em construir tanto a placa positiva como a negativa de chumbo poroso, obtido pela fusão dum grande bloco de chumbo no qual se introduzia durante o seu estado líquido um sal qualquer ou outra substância que pudesse ser depois dissolvida, deixando o bloco de chumbo na forma dum favo de mel, ou cheio de pequenos poros e orifícios. Serravam-se então êstes blocos de chumbo poroso em placas de cêrca de 1 centímetro de espessura, às quais se soldava uma fita de chumbo sólido para as ligações, e eram então submetidas ao processo de formação. Êste tipo de placa, conhecido pelo nome do seu inventor, Crompton Howell, deu resultados excelentes no referente à capacidade, mas faltava-lhe a robustez mecânica necessária.

Placas de fita de chumbo — Experimentou-se também construir uma placa com finas camadas de fita de chumbo de 1,25 cm. de largura por 15 a 20 cm. de comprimento e cêrca de $\frac{1}{2}$ milímetro de espessura. Êstes pedaços de fita de chumbo eram soldados nas suas extremida-

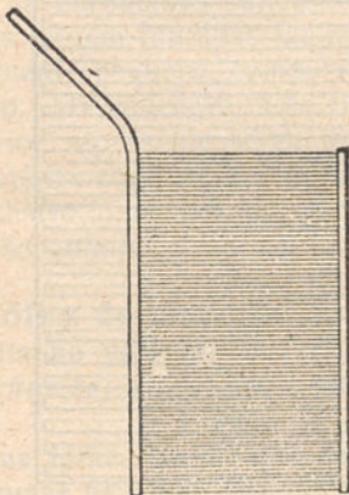


Fig. 25 — Placa de fita de chumbo

des (vêr a figura 23), deixando um pequeno espaço ou intervalo entre si.

Esta placa dava resultados bastante satisfatórias, mas era também fraca mecânicamente; de facto êste era o defeito da maior parte dos métodos engenhosos experimentados para aumentar a superfície das placas.

Placas de chumbo fundido — A experiência mostrou que para se obter a robustez mecânica necessária, a placa devia ter uma estrutura ou suporte rígido, conduzindo

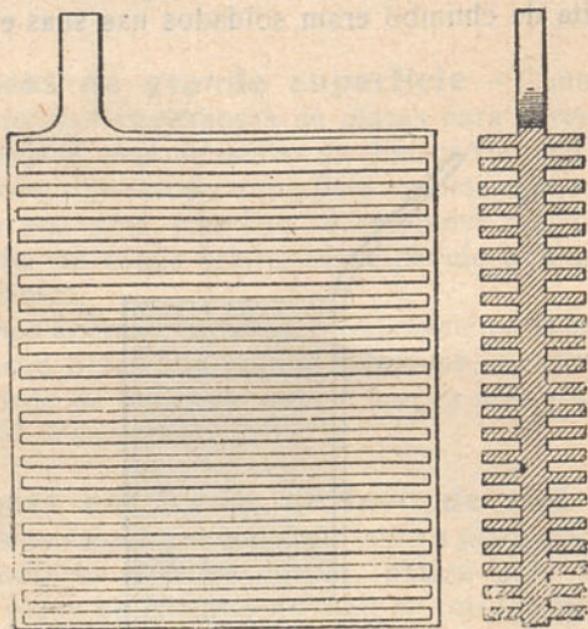


Fig. 24 — Placa de chumbo fundido

isto a construir as placas de chumbo fundido, numa forma semelhante à da fig. 24.

Esta placa tinha robustez mecânica suficiente, devido à estrutura sólida central de chumbo, apresentando ao mesmo tempo as fôlhas salientes ou *barbatanas* uma grande superfície para o material activo. Verificou-se contudo

que para se obter sufficiente superfície, as barbatanas ou projecções tinham de ser muito finas e numerosas, sendo difíceis de fundir; não se conseguia facilmente que o chumbo derretido penetrasse nas finas aberturas dos moldes, sendo difficil prover os canais para a saída do ar.

Isto, junto à difficuldade de retirar as placas dos moldes depois de feitas, devido às barbatanas com grandes superfícies que aderiam a êles, tornou-as pouco práticas, pois que uma grande parte das placas ficava imperfeita.

Se se faziam as barbatanas sufficientemente espessas, para que as placas fôsem fundidas facilmente, a superfície era demasiadamente pequena, comparativamente ao seu pêso. Exceptuando esta objecção, êste tipo de placa era bastante satisfatório; a-pesar-de serem fundidas numa só peça era difficil obtê-las completamente homogêneas, sendo o chumbo mais denso nuns pontos que noutros, produzindo-se uma acção química desigual.

Placas de fôlha de chumbo. — Para se vencer a difficuldade descrita no parágrafo anterior fizeram-se placas de *fôlha de chumbo*, a qual devia ser necessariamente homogênea.

Tomava-se uma fôlha espessa de chumbo e abriam-se nela sulcos com umas navalhas, produzindo um resultado semelhante ao das placas fundidas; ou então numa forma um pouco diferente, a fôlha de chumbo era colocada numa prensa, na qual se abriam sulcos rectangulares, deixando a placa como mostra a fig. 25.

Em tôdas as placas feitas de fôlha de chumbo falta porém a rigidez e a robustez das placas fundidas. Quando se fabricam estas placas é difficil conservar as navalhas afiadas, gastando-se antes que se tenha feito um número sufficiente de placas para pôr o seu custo dentro de limites

comerciais. Tomando todos os pontos em consideração, a placa fundida dá sem dúvida melhor resultado e se não se procurar reduzir muito o pêso, pode-se fabricar uma placa excessivamente satisfatória e durável, bem que esteja de tôdas as maneiras sujeita aos inconvenientes da expansão e encurvamento.

Êste último defeito não é contudo muito sério se na construção do elemento se deixar espaço suficiente para as placas positivas e forem suportadas de modo a poderem expandir livremente para não causarem um encurvamento demasiado.

Placas negativas. — Êste processo aperfeiçoado de formação para a placa positiva não mudou de maneira alguma a fórma da placa negativa. Se se empregava uma placa negativa do tipo Planté, era feita reduzindo uma placa positiva formada, sendo suficiente uma carga para isso. Verificou-se porém que uma placa negativa, formada pelo processo Planté, não era tão satisfatória como a de formação artificial (com pasta) pois que a primeira depreciava-se rapidamente, devido a que o material activo saltava fora a pouco e pouco, em escamas, da placa de chumbo. Na maior parte dos casos empregava-se, portanto, a combinação dum positivo Planté e um negativo de formação artificial ou de cloreto.

Placas de fios de chumbo. — As companhias que fabricavam as placas de cloreto voltaram também a sua atenção para o positivo do tipo Planté, mas utilizaram êsse método duma maneira que combinava as melhores características suas e as da construção pelo método Planté. Retiveram a sua própria grelha, a qual provou ser tão forte e duradoira, mas prepararam o material activo na

placa positiva pelo método Planté em vez de usar o cloreto de chumbo.

O primeiro tipo de placa positiva, feita desta maneira, consistia numa grelha de liga usual, tendo os seus orifícios circulares cheios com molhos de fios de chumbo atados. Esta combinação, representada pela fig. 26, dava uma

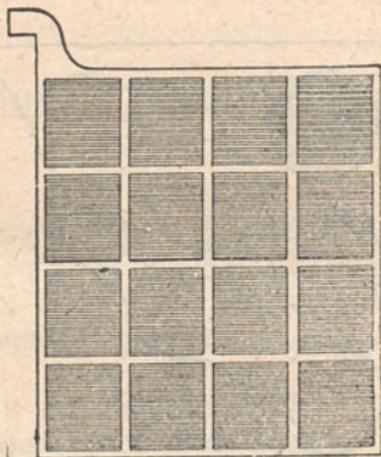


Fig. 25 — Placa de fôlha de chumbo

grande superfície ao material activo, e permitia uma circulação livre do electrólito, formando os molhos de fios de chumbo, rolhas perfuradas ou porosas.

Fita de chumbo enrugada. — O plano exposto anteriormente foi modificado duma maneira que simplificava o processo de fabricação e ao mesmo tempo dava uma melhor condutibilidade ao material activo. Em vez de usar molhos de fio de chumbo, tomava-se um pedaço de fita de chumbo, de cêrca de $1,5^{\text{mm}}$ de espessura e 13^{mm}

de largura. Esta fita era então ondulada dum lado só, era curtada em comprimentos apropriados e enrolada em espiral. Estas espirais eram colocadas nos orifícios da grelha de chumbo ou liga e eram formadas pelo processo Planté, de ácido nítrico.

Vê-se ràpidamente que isto produzia uma rôlha de material activo, muito semelhante em fôrma aos molhos de fio

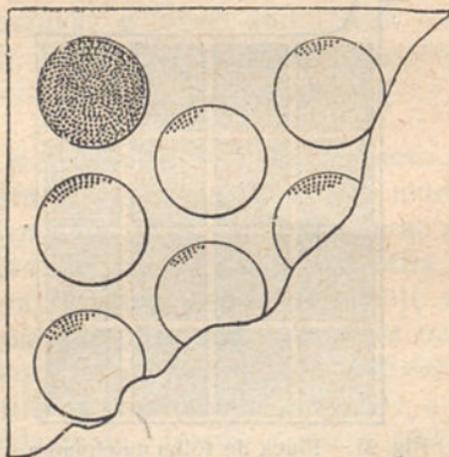


Fig. 26 — Placa de fios de chumbo

de chumbo, com a excepção de que havia continuidade em todo o comprimento da rolha, o que aumentava consideravelmente a condutibilidade, a qual não dependia assim do simples contacto entre os fios de chumbo.

Êste tipo de placa continha indubitavelmente mais pontos de mérito do que qualquer outra placa positiva feita até então. Possuía uma armação forte e durável, com um material activo poroso do tipo Planté, o qual

oferecia uma grande superfície ao electrólito, e que não se separava da placa. A sua fabricação era bastante barata e não necessitava grande cuidado no seu manejo.

O acumulador de ferro-níquel de Edison

No acumulador de *Edison*, o material activo das placas positivas, correspondentes ao bióxido de chumbo do acumulador de chumbo, é *ferro*; o material activo das placas negativas correspondentes ao chumbo esponjoso é *óxido de níquel*.

O electrólito é uma solução de cerca de 20 por cento, em peso, de *potassa cáustica* em água.

As placas positivas e negativas são mecânicamente iguais; cada placa consiste numa chapa de aço delgada, níquelada, na qual foram feitos orifícios rectangulares, de modo a deixar uma grelha semelhante ao caixilho duma janela.

No tamanho ordinário, apropriado para o uso nos automóveis, há três filas horisontais de 8 orifícios, ou seja 24 aberturas no total. Cada abertura recebe uma caixa perfurada de pouca altura, de aço níquelado, de cerca de 2,5 mm. de espessura, a qual contém um briquette de material activo.

Os briquetes *positivos* são feitos misturando uma composição de *ferro*, finamente dividido (obtido nêsse estado por um processo químico especial), com um volume pouco

mais ou menos igual de *grafite*; esta mistura é feita em lâminas muito finas, de uma área muito maior do que as perfurações nas caixas de aço. Coloca-se a mistura em moldes rectangulares e é submetida a uma pressão hidráulica de cerca de duas toneladas por polegada quadrada, sendo o tamanho dos briquetes de cerca de 7,5 cm. por 1,25 cm.

Os briquetes *negativos* são feitos da mesma maneira, misturando uma composição de *níquel*, finamente dividido, obtido também por um processo químico especial, com um igual volume de finos flocos de *grafite*, e solidificando a mistura num molde, em briquetes do mesmo tamanho que os outros.

A grafite não entra em nenhuma das acções químicas, servindo somente para aumentar a condutibilidade dos briquetes.

Junta-se um número conveniente de placas positivas e negativas, sendo separadas umas das outras somente por uma fina fôlha de *borracha endurecida*. As placas assim reunidas são colocadas num vaso de fôlha de aço que contém a solução de potassa, a qual, bem entendido, não ataca o aço.

A vantagem do acumulador de *Edison* consiste em que, devido ao emprêgo do aço na sua estrutura, se obtém a robustez e rigidez com um pêso mínimo de material inactivo. Bem que a F. E. M. do acumulador de *Edison* seja só um pouco mais do que a metade da do acumulador de chumbo, parece contudo poder acumular duas vezes mais energia do que um acumulador de chumbo do mesmo pêso total.

Detalhes de construção

Regime de descarga — Uma razão para a mudança do tipo Faure ou placa positiva de formação artificial para o tipo Planté foi a necessidade de se obter um acumulador que pudesse ser descarregado muito rapidamente sem inconveniente.

O tipo primitivo de acumulador de formação artificial era limitado pelos seus construtores no regime de descarga, sendo oito horas o tempo mínimo concedido para a descarga completa do acumulador. Ficou isto conhecido pela designação de *regime de oito horas*, sendo considerado como regime normal de descarga.

Relação da capacidade para o regime de descarga — Nos primeiros tempos, os acumuladores eram empregados principalmente nas estações centrais de iluminação, necessitando êste serviço uma grande capacidade e um baixo regime de descarga, sendo portanto suficiente o regime de oito horas.

À medida porém que as vantagens das baterias de acumuladores foram sendo reconhecidas e as suas aplicações estendidas às centrais de força, achou-se que, a não ser que as baterias pudessem ser descarregadas mais rapidamente do que no regime de oito horas, o seu emprêgo neste género de serviço seria limitado, pois que necessitava uma corrente muito intensa só durante curtos períodos, por exemplo, uma ou duas horas. Se o regime de oito horas não pudesse ser melhorado, seria necessário usar uma bateria bastante grande para dar a grande

intensidade desejada dentro do limite de regime das oito horas, mas que seria utilizada só durante uma ou duas horas. Seria portanto necessário que a bateria tivesse 4 a 8 vezes a capacidade necessária e o seu custo seria proibitivo.

Descarga rápida — Tendo os fabricantes de acumuladores constatado quanto isto limitava o seu negócio, viram a necessidade de construir baterias que pudessem descarregar-se num regime de uma ou duas horas sem deterioração.

Na bateria de formação artificial, a placa positiva (em que a acção química é mais severa) não suportaria êste elevado regime de descarga, sendo as duas principais razões: 1.º que o material activo não apresenta uma superfície suficientemente grande ao electrólito para permitir que a acção química se exerça com rapidez suficiente e 2.º que o material activo na forma de pasta se desfaria e caíria da grelha se a acção química fôsse muito violenta.

Na placa positiva Planté, o material activo, em vez de estar na forma dum revestimento espesso na grelha, como no tipo de formação artificial, está distribuído num revestimento delgado sôbre a grande área da placa; por conseguinte, a acção electrolítica pode ter lugar muito mais rapidamente e sem deterioração.

A questão de grandes regimes de descarga e a capacidade das baterias nestas condições serão consideradas mais adiante.

Ligação das placas — O bom funcionamento duma bateria de acumuladores depende não só da construção das placas, no referente ao material activo e às acções electroquímicas, mas também da construção mecânica do elemento

no seu todo, isto é, o método de suportar as placas e de as ligar entre si, o tipo de separador empregado, e todos os detalhes necessários para tornar uma bateria robusta, e que possa ser facilmente manejada e conservada em ordem.

Na maior parte dos tipos primitivos de acumuladores, tinha-se desprezado por completo estas condições mecânicas de construção, tendo-se dado tôda a atenção às condições químicas, e ainda que êsses acumuladores fôsem bem construídos sob êsse ponto de vista, no referente à parte mecânica eram muito fracos e pouco satisfatórios.

Em primeiro lugar as placas devem ser *fortes e rígidas*, as ligações entre as próprias placas, num elemento, devem ser fortes e de secção suficiente para apresentarem a condutibilidade e a capacidade necessárias para a corrente que tem de as atravessar.

Isto refere-se também às ligações entre cada acumulador quando estão ligados em bateria. *Não se deve usar nenhum metal para estas ligações, que possa ser atacado e corroído pelo ácido; nem se devem usar ligações aparafusadas ou com rebites*, pois que com o tempo o ácido pode-se introduzir entre as suas superfícies, causando uma grande resistência. O método mais satisfatório de ligar entre si as placas da mesma polaridade, num elemento, é de as soldar a uma fita, ou directamente às barras omnibus.

Êste método de ligação forma um circuito metálico contínuo que não pode ser afectado pelo ácido e que não permite que as juntas se tornem lassas.

Suportes das placas — É muito importante que as placas sejam *suportadas convenientemente* no seu vaso ou tanque, sendo o método mais moderno e melhor em

todos os sentidos o de as *suspender* ou *pendurar* por meio de caudas, fundidas especialmente no tampo das placas, para êsse fim.

Quando o vaso é de vidro, as placas podem ser penduradas nos próprios lados do vaso, e nos tipos maiores em que se usa um tanque de madeira, revestido interiormente de fôlha de chumbo, empregam-se lâminas de vidro que repousam no fundo do tanque por um lado, e sôbre outro descansam as caudas suportadoras.

É essencial que a parte suportadora, da qual estas caudas estão suspensas, esteja *superior* à placa e fora do electrólito. Quando ao princípio se adotou êste método de suspensão, as caudas eram suportadas abaixo da superfície do electrólito e conseqüentemente o lugar sôbre a qual elas repousavam formava um leito onde se podia juntar um depósito de material activo, causando uma descarga de corrente entre as placas. Êste efeito era de tal maneira pronunciado que se planejaram muitos sistemas para suportar as placas positivas e negativas sôbre diferentes superfícies, mas todos êles tiveram de ser postos de parte em favor do suporte mais alto que a superfície do electrólito.

Expansão e contracção das placas — As placas devem ser suportadas de modo que possam *expandir-se e contrair-se livremente*; se fôsses suportadas rigidamente em posição, estariam sujeitas a encurvar-se durante as acções e reacções químicas repetidas. É pois importante que haja espaço suficiente entre o fundo das placas e o fundo do vaso, de modo que o material activo, que durante o funcionamento do acumulador se despega das placas em pequenas partículas, não possa subir a ponto de formar um curto-circuito entre as placas.

Só por esta razão, é muito melhor pendurar as placas

no tampo do acumulador do que suportá-las sobre blocos isoladores no fundo do vaso, pois que estes blocos formariam lugares sobre os quais o depósito se podia elevar rapidamente, unindo entre si as placas.

Separadores. — A questão dos *separadores* é também muito importante. Devem ser feitos de material *que não absorva o ácido, saturando-se com êle*, tornando-os portanto mais ou menos condutores e causando descarga entre as placas positivas e negativas. A sua forma deve ser tal que *não ofereça projecções ou lugares para o depósito do material activo*. Devem-se empregar *quantos menos separadores* melhor, somente um número suficiente para conservar as placas espaçadas igual e regularmente. *Não se devem colocar as placas muito perto umas das outras*; deve-se deixar um espaço de 1,25 cm. entre elas quando fôr possível.

Os melhores separadores são formados por *tubos de vidro* e o melhor método de os conservar na posição apropriada é suspendê-los do tampo das placas por meio dum rebordo que deve ser moldado ou soprado numa das extremidades do tubo. Nos acumuladores portáteis os separadores de vidro não são práticos, sendo a melhor forma um *garfo de boriacha endurecida* que deve ser introduzido pela parte superior das placas.

Electrólito. — Quando se construi um acumulador, deve-se prever bastante lugar para o electrólito.

É um grande erro fazer trabalhar um acumulador com muito pouco electrólito; reduz-se a sua capacidade e aumenta-se a sua resistência interna à medida que a descarga se vai produzindo, pois que, como o ácido sulfúrico do electrólito se combina com as placas, a condutibilidade do

electrólito diminui. No quadro seguinte, vê-se a condutibilidade relativa das soluções de ácido sulfúrico, contendo diferentes proporções de ácido e água a várias temperaturas.

Condutibilidade do electrólito de ácido sulfúrico

Densidade	Resistência específica em ôhmios, a várias temperaturas em graus C.							
	0°	4,5°	8°	12°	16°	20°	24°	28°
1,10	1,37	1,17	1,04	0,925	0,845	0,786	0,737	0,709
1,20	1,33	1,11	0,926	0,792	0,666	0,567	0,486	0,411
1,25	1,31	1,09	0,896	0,743	0,624	0,509	0,734	0,358
1,30	1,36	1,13	0,940	0,79	0,662	0,561	0,472	0,394
1,40	1,69	1,47	1,30	1,16	1,05	0,964	0,890	0,839
1,50	2,74	2,41	2,13	1,89	1,72	1,61	1,32	2,43
1,60	4,32	4,16	3,62	3,11	2,75	2,46	2,21	2,02
1,70	9,41	7,67	6,25	5,12	4,23	3,57	3,07	1,71

Qualidade do material. — Outro ponto muito importante a notar na fabricação dos acumuladores é de *empregar só material puro em tôdas as partes*. Nada é mais prejudicial e mais capaz de afectar o funcionamento dum acumulador do que as impurezas no material empregado, pois que determinarão acções químicas secundárias com o material activo, tornando-o impróprio para o emprêgo no acumulador.

Em primeiro lugar, deve-se empregar *chumbo puro*; as

principais impurezas que se devem evitar nêles são o *cobre* e a *prata*, ambos os quais são muito prejudiciais, pois que estabelecerão uma *acção local* com o material activo.

O *ácido sulfúrico* deve estar isento de *ácidos clorídricos* e *nítricos*, assim como de *arsénio*, *ferro* e *cobre*. O ácido sulfúrico é freqüentemente feito de *pirites*; êste ácido não é apropriado para o funcionamento dos acumuladores. Deve-se empregar só a *melhor qualidade de ácido* feito de *sulfur*.

Tôdas as impurezas metálicas num acumulador são arrastadas pela acção electrolítica e são depositadas na placa negativa, causando uma *acção local* com o chumbo esponjoso, em presença do ácido sulfúrico. Esta *acção local* converte a porção do material activo envolvido, e torna-o inútil para o funcionamento do acumulador, isto é, faz com que a placa se descarregue por si mesma localmente.

As impurezas de *ácidos clorídricos* e *nítricos* affectam principalmente a placa positiva, destruindo o chumbo e enfraquecendo a placa.

Construção geral. — As placas dos acumuladores devem ser construídas de modo a facilitarem as acções químicas. Devem apresentar *a maior superfície possível de material activo* à acção electrolítica, de modo que a sua capacidade seja a maior possível, e a acção química deve ter lugar rapidamente para permitir regimes rápidos de descarga.

As placas devem ser construídas mecânicamente, e o acumulador todo êle fabricado de modo a ser *forte e durável*, sendo ao mesmo tempo *tão leve quanto possível*, sem sacrificar a durabilidade. *As ligações devem ser sólidas*, de ampla capacidade condutora para a corrente que

as atravessa, e de *metal que não seja atacado*. Devem oferecer também a *menor resistência possível*. As placas devem ser separadas umas das outras e do recipiente, de modo que não se possam produzir curtos-circuitos nem descarga espontânea.

Os acumuladores deveriam ser construídos de modo que se pudesse cortar do circuito uma placa qualquer e retirá-la, sem perturbar o resto do elemento.

Usos e funcionamento dos acumuladores

Funções duma bateria de acumuladores. —

Em geral, a função duma bateria de acumuladores é de armazenar a electricidade numa ocasião em que pode ser produzida barata e convenientemente, e de a descarregar ou restituir quando fôr muito cara, ou mesmo impossível de gerar.

Instalações particulares. — Nas *instalações particulares*, em que na maior parte do tempo só se necessita duma pequena intensidade de corrente, seria pouco económico fazer funcionar constantemente as máquinas produtoras. Neste caso, uma bateria de acumuladores pode ser utilizada para fornecer a corrente desejada, quando as necessidades são pequenas, permitindo portanto às máquinas produtoras estarem paradas durante êsse tempo, e trabalharem só quando as necessidades são suficientes para garantir o seu funcionamento económico.

Estações centrais. — Numa estação central de luz e fôrça, para o fornecimento do público, as necessidades de corrente são muito irregulares, ocorrendo a máxima intensidade pedida, só durante uma hora ou duas no dia.

Ampérios

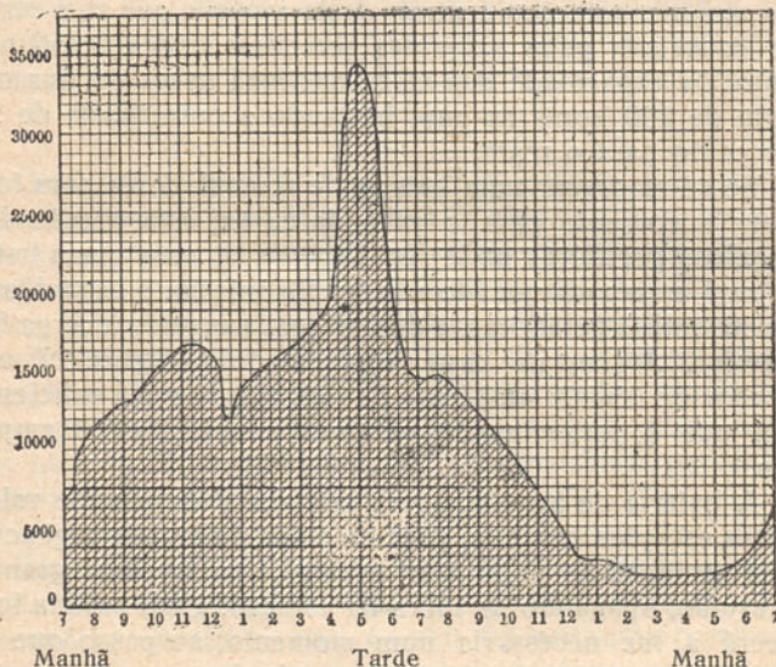


Fig. 27 — Curva de carga duma central eléctrica de fôrça e luz

Uma bateria de acumuladores reduzirá a potência das máquinas geradoras necessárias, acumulando a electricidade quando a carga é pequena, e descarregando-se quando a carga é grande, ajudando assim os geradores.

A figura 27 representa a curva de carga numa tal estação central para luz e fôrça ; ver-se-á que um grande pico ocorre na curva durante uma hora ou duas, o qual se fôsse suprido pelas máquinas geradoras, necessitaria o emprêgo duma máquina ou máquinas de grande potência total, as quais só funcionariam a plena carga durante um pequeno espaço de tempo. A experiência tem mostrado nalgumas das maiores estações centrais desta espécie, que se a carga fôr suportada pelas máquinas geradoras, cêrca de 50 por cento da capacidade das máquinas será usada só durante perto de 200 horas no ano, bastando a outra parte de 50 por cento para o resto.

Se se empregar uma bateria de acumuladores para fornecer a corrente para o pico da curva, esta porção das máquinas geradoras pode ser dispensada, pois que a bateria será carregada quando a carga fôr inferior à capacidade das máquinas geradoras, e descarregada quando a carga fôr superior. Assim, no caso representado na figura 27, um gerador de 15.000 ampérios de capacidade seria suficiente bem que o fornecimento máximo exceda 35.000 ampérios.

A bateria de acumuladores também é de grande valor nestas estações centrais, para os casos de grande urgência. Uma tempestade pode por exemplo causar uma grande escuridão, apagando as luzes na estação. Uma bateria fornecerá a luz necessária num momento, ao passo que se não houvesse bateria alguma, as máquinas geradoras não poderiam ser postas em marcha a tempo, a não ser que uma grande proporção estivesse preparada para isso, o que na prática seria muito pouco económico.

Centrais de fôrça. — Nas centrais eléctricas de caminhos de ferro e de tranvias e estabelecimentos seme-

lhantes, em que as necessidades de corrente são extremamente flutuantes, uma bateria de acumuladores igualizará a carga nas máquinas geradoras, descarregando-se quando vêm os grandes pedidos repentinos, e carregando-se quando a carga na instalação é muito pequena. O uso de uma bateria de acumuladores reduz desta maneira o tamanho das máquinas geradoras a empregar, sendo só necessário instalar o suficiente para a carga média, em vez da máxima, e além disso, a carga nas máquinas geradoras é mantida dentro dum valor quasi constante, em vez de flutuar.

Outros empregos. — Há um grande número de aplicações para a energia eléctrica de uma bateria de acumuladores, quando se necessita um fornecimento de electricidade em lugares onde é impossível ter uma estação geradora: por exemplo, para *veículos eléctricos, iluminação de carruagens, ignição de motores de gás ou gasolina, serviços telefónicos, etc., etc.*, os quais podem ser fornecidos por baterias de acumuladores, que podem ser levados, quando fôr necessário, para uma instalação geradora, a-fim-de serem carregados.

Funcionamento. — O funcionamento de uma bateria de acumuladores é bastante dessemelhante do de qualquer outro aparelho, isto é, não há nenhuma parte em movimento ou outro sinal visível de qualquer quantidade de energia estar sendo fornecida; de facto, pela aparência de uma bateria de acumuladores é praticamente impossível dizer se está descarregando, se está inactiva, ou se se está carregando. Só quando está quasi carregada é que se vêem escapar bôlhas de gás das placas; isto é devido a que o material activo, estando todo convertido, é incapaz de

absorver todo o gás produzido pela acção electrolítica, sendo portanto libertado na forma de bôlhas,

Funcionamento durante a descarga.—Durante a descarga da bateria a voltagem baixa à medida que se torna exausta; começa a cêrca de 2 vóltios e em funcionamento prático pode ser levada até 1,75 ou 1,7 vóltio. Na figura 28 a curva inferior mostra a queda de voltagem durante a descarga da bateria. Notar-se-á que a voltagem fica quási constante durante a maior parte da descarga, e cai rápidamente no fim quando o material activo foi usado.

Quanto maior fôr o regime de descarga a que um acumulador fôr submetido, mais baixa será a voltagem; isto resulta da perda na resistência interior do acumulador e é semelhante a qualquer perda I^2R , sendo a voltagem nos bornes do acumulador a voltagem efectiva e não a voltagem verdadeira do acumulador.

Funcionamento durante a carga.—Durante a carga da bateria a voltagem de cada acumulador sóbe. Começa a cêrca de 2,1 vóltios e eleva-se até 2,5 vóltios quando está completamente carregado. Esta elevação é devida ao aumento natural da voltagem do acumulador à medida que se torna completamente carregado, e a alta voltagem no fim da carga é provàvelmente devida à presença de gases nas placas que produzem uma fôrça electromotriz fictícia. Depois de se carregar um acumulador até 2,5 vóltios, descontinuando então a carga, achar-se-á que a voltagem do acumulador cai imediatamente a 2,1 vóltios aproximadamente, e assim que a descarga começa, cairá até a voltagem normal ou de funcionamento

do acumulador, a qual é de 2 vóltios ou um pouco menos, dependendo do regime de descarga.

A curva superior na figura 28 mostra a mudança na voltagem durante a carga no acumulador; notar-se-à que

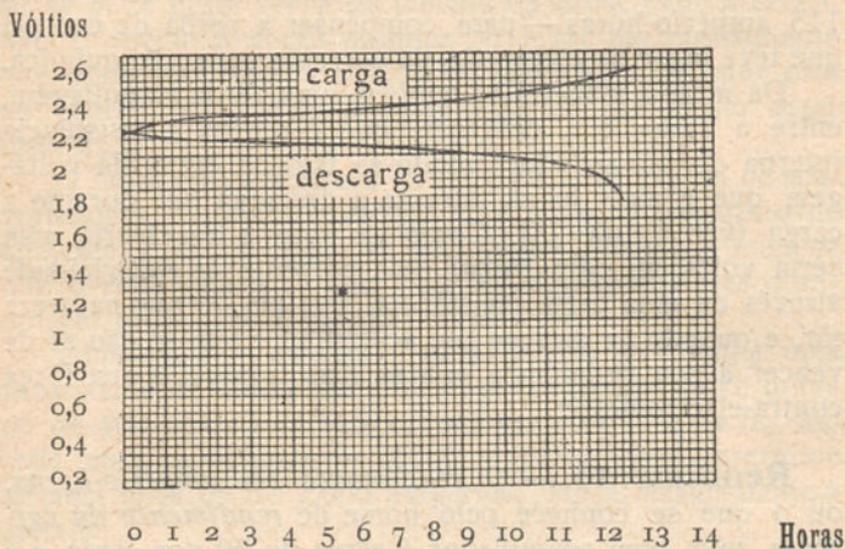


Fig. 28

Curva mostrando as variações de voltagem durante a carga e a descarga

para o fim da carga a voltagem eleva-se rapidamente, da mesma maneira que cai no fim da última parte da descarga.

Perda de carga. — Há uma certa quantidade de *perda* no funcionamento de uma bateria de acumuladores, pois que a quantidade de corrente que se envia para dentro dos acumuladores durante a carga não pode ser restituída tôda durante a descarga. Por exemplo, se uma bateria de

acumuladores tiver uma capacidade de 100 ampério-horas e estiver completamente carregada, poderemos obter dela 100 ampério-horas durante a descarga; para carregar esta bateria completamente de novo será necessário fornecer-lhe 10 a 15 por cento mais de corrente — isto é 110 a 115 ampério-horas — para compensar a perda de energia que teve lugar na conversão da corrente em acção química.

Da mesma maneira há também uma perda na voltagem, entre a carga e a descarga, que é devida à resistência interna do acumulador, vendo-se isto na curva da voltagem que é mais baixa durante a descarga que durante a carga (vêr figura 28). Como se sabe é necessária uma certa voltagem para forçar uma corrente de electricidade através de uma certa resistência, seja ela de que natureza fôr, e quando se carrega um acumulador tem-se não só de vencer a sua resistência interna mas também a sua fôrça contra-electromotriz.

Rendimento. — O *rendimento em ampério-horas*, ou o que se conhece pelo nome de *rendimento da corrente*, num bom acumulador é cêrca de 90 por cento, e o *rendimento da voltagem* cêrca de 85 a 90 por cento, dando um rendimento total ou rendimento de energia de cêrca de 75 a 80 por cento. Chama-se a isto o *rendimento dos wátios*.

Por exemplo, se um acumulador tiver um rendimento de corrente de 91 por cento e um rendimento de voltagem de 87 por cento, o rendimento dos wátios será:

$$0,91 \times 0,87 = 0,792 \text{ ou } 79,2 \text{ por cento}$$

Capacidade. — A *capacidade* de um acumulador varia segundo o regime de descarga; com um regime

baixo, por exemplo, durante oito ou dez horas, a capacidade máxima pode ser obtida, e esta diminui à medida que o regime de descarga aumenta, até que, por exemplo, quando se atinge o regime de uma hora de descarga, só se pode obter cerca de metade da capacidade máxima. Isto é devido à acção química ter lugar tão rapidamente que pode só atingir a porção do material activo que está na superfície, ficando a parte interior por assim dizer intacta.

O facto da capacidade efectiva de uma bateria de acumuladores diminuir à medida que o regime de descarga aumenta, é frequentemente mal compreendido, e julga-se que o rendimento de uma bateria de acumuladores diminui em proporção à capacidade efectiva.

Tome-se, por exemplo, uma bateria que tenha uma capacidade de 4.000 ampério-horas no regime de 10 horas ou de 400 ampérios; esta bateria (veja-se a curva fig. 29) teria uma capacidade de 2.000 ampério-horas no regime de uma hora ou de 2.000 ampérios, isto é, exactamente a metade.

Conseqüentemente, se esta bateria fôr descarregada no regime de 2.000 ampérios em vez de 400, ficará exausta numa hora. Depois de ter sido descarregada no regime de uma hora, e se tenha obtido uma capacidade de 2.000 ampério-horas, a bateria está vazia; quando porém fôr carregada de novo, serão necessários só 2.000 ampério-horas e mais dez por cento para a perda do rendimento, para levar a bateria ao estado de plena carga.

Isto é devido ao facto de que, enquanto a bateria está aparentemente vazia e completamente descarregada no fim de uma hora de descarga, todo o material activo não foi convertido como numa descarga completa no regime das 10 horas, devido à rapidez da acção química, a qual, como

já se explicou anteriormente, tocou somente o material activo na superfície da placa e não penetrou no interior.

Se depois de ter sido descarregada desta maneira, no regime rápido, se deixar uma bateria repousar durante algum tempo, o electrolito penetrará no material activo, atingindo a porção não convertida, podendo a descarga ser continuada então de novo.

Vê-se pois, assim, que com a descarga intermitente, num regime rápido, se pode obter uma capacidade maior do que com uma descarga contínua com o mesmo regime rápido. Esta acção particular é comum tanto às placas positivas como negativas.

Densidade do electrólito. — Como já se explicou anteriormente, a densidade do electrólito num acumulador *baixa durante a descarga e eleva-se de novo durante a carga*. Esta mudança tem lugar em proporção ao número de ampério-horas retirados ou enviados para dentro dum acumulador.

Este facto é de grande importância para determinar o estado de carga duma bateria; deve-se porém notar que bem que a densidade seja estritamente proporcional ao número de ampério-horas, é independente do regime de descarga; portanto quando se determina a quantidade de carga que fica numa bateria, pela densidade do electrólito, deve-se tomar em linha de conta o regime da descarga anterior. Por exemplo, quando uma bateria de 1.000 ampério-horas de capacidade fôr completamente descarregada num regime de 10 horas, a queda na densidade baixará de 1.200 para cêrca de 1.150. Se a mesma bateria fôr completamente descarregada no regime de uma hora, a capacidade obtida será de 500 ampério-horas e a queda na

densidade baixará de 1.200 para cêrca de 1.175, isto é, metade da queda do regime de descarga em 10 horas.

Funcionamento das baterias de acumuladores. — O funcionamento duma bateria de acumuladores introduz métodos diferentes dos empregados no funcionamento de qualquer outro aparelho eléctrico e isto foi por muito tempo um contra para as baterias, julgando-se ser necessário prestar-lhes uma atenção muito especial. Porém,

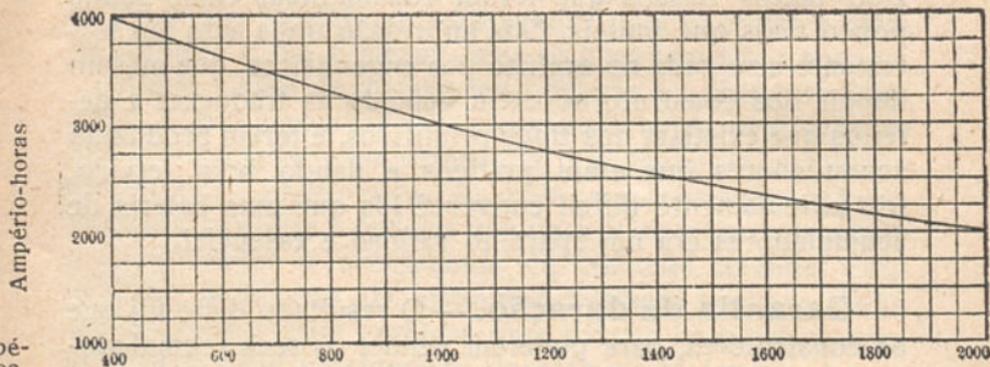


Fig. 29

Curva mostrando a relação da capacidade para o regime de descarga

com o tipo moderno de acumuladores, notou-se que estes, bem que necessitem uma atenção regular e metódica que pode ser prestada por qualquer mecânico, não estão sujeitos a qualquer perturbação ou interrupção, dando um aviso prévio com bastante avanço de qualquer depreciação. De facto, se uma bateria de acumuladores fôr forçada de qualquer maneira (excepto se não tiver carga, pois que em tal caso seria tentar tirar alguma coisa de nada) o resultado

não se vê imediatamente (como numa máquina ou num dínamo, os quais darão uma prova visível do seu abuso) aparecendo somente numa depreciação prematura das placas.

Primitivos abusos com as baterias de acumuladores. — É um facto bem conhecido que, nos primeiros tempos, as baterias de acumuladores eram applicadas a usos e condições para os quais eram totalmente impróprias, na forma então construídas, tendo-se produzido tantos fiascos que foram consideradas como sendo pouco mais que inúteis. Esta impressão tinha sido tão fortemente arreigada no espírito dos engenheiros, que mesmo depois dos construtores terem vencido as fraquezas e defeitos que existiam nos tipos primitivos, e terem produzido acumuladores que eram práticos e dando bom serviço, foi extremamente difficil convencê-los que uma bateria de acumuladores era um aparelho valioso e essencial.

Garantia de duração. — O resultado disto foi que os construtores, para poderem vender os seus acumuladores, tinham de garantir o seu bom funcionamento, não só durante uma experiência, quando instalados, mas também deviam reter a sua capacidade e rendimento durante um certo número de anos, e o custo da sua conservação nesse estado não devia exceder uma certa soma por ano. No caso de, por qualquer razão, o custo da sua conservação exceder a soma estipulada, o custo seria por conta do construtor e não do cliente.

Esta é uma garantia que nunca foi dada com qualquer outro aparelho, tais como máquinas a vapor, caldeiras ou dínamos.

Aplicações práticas das baterias de acumuladores

Pequenas centrais. — Nas pequenas centrais para o fornecimento de luz, e às vezes de fôrça para alguns pequenos motores numa residência particular, a bateria fornece a maior parte do tempo a corrente necessária, sendo as máquinas produtoras empregadas para carregar a bateria durante o dia e mesmo isso só duas vezes por semana.

Nesta classe de instalações a bateria é o elemento principal. A sua capacidade é determinada pela quantidade de corrente necessária, enquanto que o tamanho das máquinas produtoras é muito reduzido, pois que sendo só empregadas para carregar a bateria não necessitam ter a capacidade correspondente à necessidade da corrente máxima. Uma pequena instalação de máquinas, bastante pequena, pode ser empregada para carregar uma bateria bastante grande, se se conservar funcionando durante muito tempo.

A relação usual entre a bateria e a máquina geradora em tais casos é a seguinte: Suponhamos que a residência tem uma instalação de 300 lâmpadas, ou o seu equivalente.

Deve-se instalar uma bateria que tenha uma capacidade para 200 lâmpadas, durante oito horas, ou 300 lâmpadas durante um período menor. A máquina geradora deve ter uma capacidade para 100 lâmpadas.

Nalgumas instalações desta espécie a bateria é só suficientemente grande para alimentar uma porção de lâmpadas e isto é a condição normal; quando em casos excep-

cionais se necessitam tôdas as lâmpadas, faz-se funcionar o dínamo em paralelo com a bateria durante a descarga.

A fôrça motriz nestas instalações é usualmente um motor a gás ou a gasolina e o dínamo deve ser enrolado em derivação. É sempre melhor empregar um dínamo desta espécie para carregar baterias de acumuladores, pois que se por qualquer razão a voltagem do dínamo se tornar inferior à da bateria, enquanto estão ligados em paralelo, e a bateria se descarregar através do dínamo, fará simplesmente que êle funcione como motor, girando na mesma direcção; se se empregasse um dínamo compound e acontecesse isso a direcção de rotação da máquina seria invertida e seria com tôdas as probabilidades queimada. Nas pequenas instalações, emprega-se um interruptor automático para impedir que a bateria se descarregue através do dínamo, sendo construído de modo que quando a corrente de carga cair a zero, se abre o circuito.

Regulação da voltagem. — A voltagem duma bateria de acumuladores pode ser regulada de duas maneiras: 1.º por acumuladores de fôrça contra-electromotriz ou 2.º por acumuladores nos extremos.

No primeiro caso, a bateria principal fornece a voltagem máxima desejada, ligando-se um número de acumuladores em opposição à bateria principal e dispostos de tal maneira que qualquer número dêles possa ser introduzido no circuito, reduzindo assim a F. E. M. da bateria principal.

No segundo caso, a bateria principal dá a máxima voltagem desejada, havendo um número adicional de acumuladores, dispostos de maneira que a voltagem da bateria possa ser aumentada na quantidade desejada.

Regulação da voltagem por elementos de força contra-electromotriz. — A regulação da voltagem da bateria é efectuada neste sistema, introduzindo ou suprimindo no circuito acumuladores de força contra-electromotriz. Estes elementos são por assim dizer acumuladores ordinários, mas são feitos com placas de chumbo ou liga. Estes tomam o lugar de resistências reguladoras e são muito mais convenientes, pois que a sua força contra-

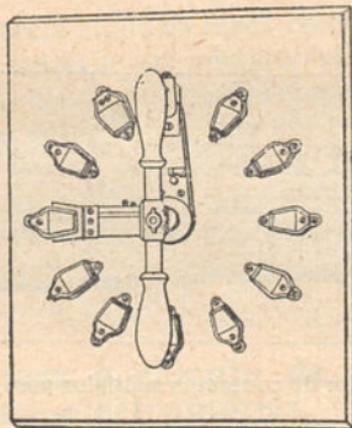


Fig. 30— Comutador de contactos múltiplos para pequenas instalações

-electromotriz fica praticamente a mesma com qualquer corrente que passe, ao passo que com uma resistência óhmica a queda de voltagem é proporcional à corrente.

Estes acumuladores de força contra-electromotriz estão ligados a um comutador de contactos múltiplos, de modo que se possa introduzir no circuito qualquer número deles.

Comutador de contactos múltiplos. — Um comutador ordinário de contactos múltiplos em que o braço da alavanca faça contacto com o borne seguinte antes de ter deixado o último, não convirá para as baterias de acumuladores, pois que o elemento ligado entre dois contactos seria pôsto em curto-circuito durante a mudança dum contacto para o outro.

Para vencer esta dificuldade, emprega-se um comutador construído especialmente, em que o braço, alavanca ou

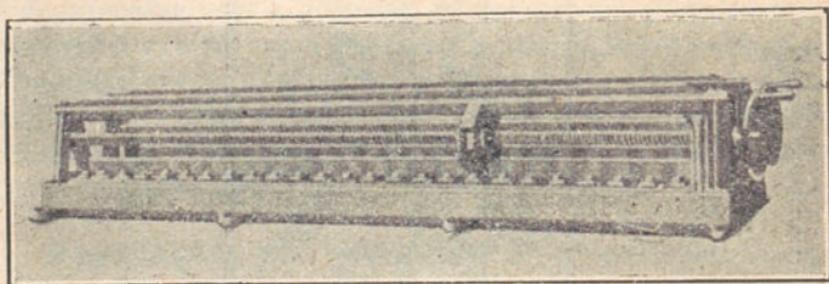


Fig. 51 — Comutador de contactos múltiplos para grandes instalações

escôva, conforme o caso, está dividido em duas secções, entre as quais vai inserida uma resistência, de modo que quando o comutador é movido dum ponto para o seguinte, o acumulador intermediário não é pôsto em curto-circuito, mas sim em derivação pela resistência, e ao mesmo tempo o circuito é conservado fechado. Éste método é empregado em todos os tipos de comutadores de acumuladores extremos, sendo modificado mais ou menos para convir às várias construções. A resistência entre as duas secções do

braço e da alavanca deve ser proporcionada de modo que quando estiver ligada entre os bornes do acumulador a corrente que passa através dela não exceda o regime de descarga do acumulador. As figuras 30 e 31 mostram duas formas de comutadores para pequenas e grandes instalações, respectivamente.

Os acumuladores de força contra-electromotriz são colocados no circuito entre a bateria e as lâmpadas; o seu número é determinado pelas necessidades do serviço, conforme houver lâmpadas ou não no circuito quando se carrega a bateria.

Se se empregarem algumas luzes enquanto se carrega a bateria, deve-se empregar um número suficiente de acumuladores de força contra-electromotriz para reduzir a voltagem máxima de carga da bateria até à voltagem normal das lâmpadas; se as lâmpadas, porém, se poderem passar para outro circuito enquanto se carrega a bateria, só será necessário empregar elementos de força contra-electromotriz suficientes para regular a voltagem durante a descarga.

Exemplo para o cálculo de acumuladores de força contra-electromotriz. — Sendo o número de acumuladores na bateria principal de 61, que tantos são os necessários para manter a tensão das lâmpadas a 110 vóltios, quando os acumuladores estão quasi descarregados e têm baixado até 1,8 vóltio por acumulador, deseja-se saber qual será o número necessário de acumuladores de força contra-electromotriz.

(a) Para carregar 61 acumuladores enquanto as lâmpadas estão em serviço é necessária uma voltagem máxima de $61 \times 2,5 = 152,5$ vóltios, devendo-se prover bastantes acumuladores de força contra-electromotriz para reduzir a

voltagem de carga a 110 vóltios. A voltagem da bateria de força contra-electromotriz deve ser portanto de $152,5 - 110 = 42,5$ vóltios. Supondo que os acumuladores de força contra-electromotriz têm cada um uma tensão de 2,2 vóltios, o número de acumuladores é neste caso de $42,5 \div 2,2 = 20$ acumuladores.

(b) Se a bateria fôr carregada quando não há lâmpadas nenhuma em uso, êste número pode ser consideravelmente reduzido da seguinte maneira: A voltagem máxima necessitada por acumulador é de 2,1 vóltios; voltagem total de carga $2,1 \times 61 = 128,1$ vóltios; portanto a voltagem necessária da bateria de força contra-electromotriz será de $128,1 - 110 = 18,1$ vóltios. Conseqüentemente o número de acumuladores de força contra-electromotriz neste caso será de $18,1 \div 2,2 = 9$ acumuladores.

Vantagens da regulação por acumuladores de força contra-electromotriz. — Nas pequenas centrais é de grande importância que o seu funcionamento seja bastante simples, e que necessite a menor atenção possível. É por isso que a regulação por acumuladores de força contra-electromotriz é empregada de preferência à de acumuladores extremos neste género de instalações. Quando se empregam acumuladores de regulação desta espécie, a bateria é carregada e descarregada igualmente como um todo; quando porém se emprega a regulação por acumuladores extremos, estes últimos são postos em acção desigualmente e necessitam por conseguinte maior atenção durante a carga, pois que doutra maneira podem ser carregados demasiadamente.

É para evitar esta complicação de mudança que a regulação por acumuladores de força contra-electromotriz é geralmente usada nestas instalações; a sua simplicidade

de funcionamento é preferível ao grande rendimento da regulação com acumuladores extremos. A figura 32 repre-

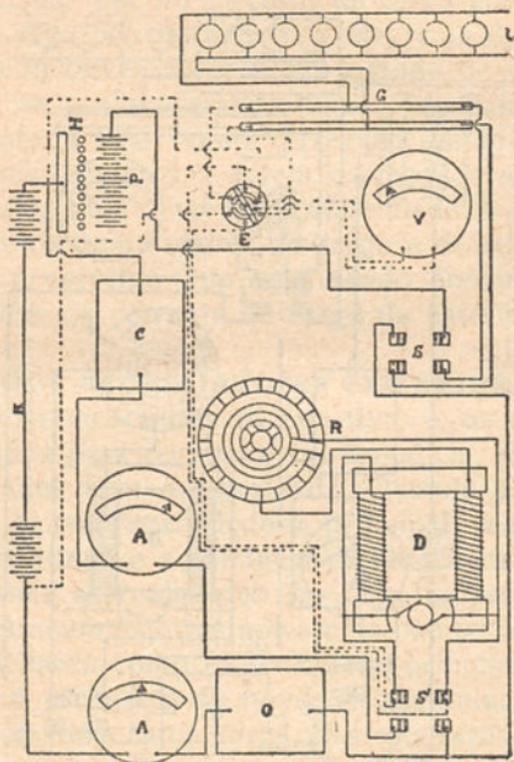


Fig. 32 — Diagramas das ligações com acumuladores de força contra-electromotriz

Legenda — A, amperímetro — V, voltímetro — E, interruptor de voltagem — G, barras onibus — L, lâmpadas — D, dinamo — R, reóstato no circuito do campo do dinamo — S, interruptor de sobrecarga — S', interruptor automático — K, bateria — H, comutador dos acumuladores de força contra-electromotriz — P, acumuladores de força contra-electromotriz

senta um diagrama de ligações para uma pequena central com regulação por força contra-electromotriz.

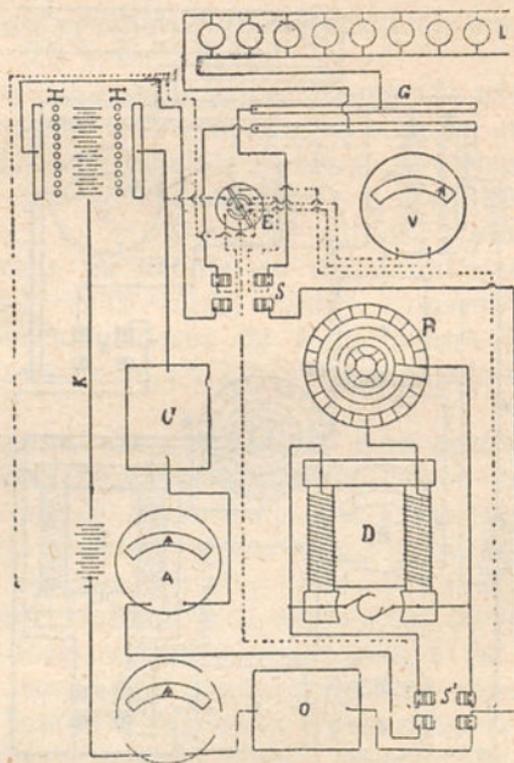


Fig. 55 — Diagrama das ligações para a ligação dos acumuladores extremos

Legenda — A, amperímetro — V, volímetro — E, interruptor de volímetro — G, barras-omnibus — L, lâmpadas — D, dínamo — R, reóstato no circuito do campo do dínamo — S, interruptor das lâmpadas — S', interruptor do dínamo — O, interruptor de sobrecarga — C, interruptor automático — K, bateria — H, interruptor dos acumuladores extremos,

Regulação por acumuladores extremos. —

Quando a regulação é obtida por acumuladores num extremo da bateria, empregam-se dois comutadores de múltiplos contactos, um no circuito de carga e outro no de descarga. A fig. 33 representa o diagrama das ligações.

Um dos inconvenientes dêste método de regulação é que quando se usa um grande número de lâmpadas, enquanto a bateria está sendo carregada, os acumuladores extremos estão sujeitos a serem carregados num regime muito elevado, pois que estes acumuladores, que estão ligados entre os comutadores de carga e de descarga, têm de receber a corrente que está sendo consumida pelas lâmpadas, além da corrente de carga da bateria.

Carga dos acumuladores extremos. — Os acumuladores extremos numa bateria, isto é, os acumuladores empregados para regular a sua voltagem, são forçosamente utilizados com desigualdade. Quando começa uma descarga só se emprega a bateria principal; à medida que a descarga continua e a voltagem da bateria cai, devem-se introduzir mais acumuladores no circuito para manter a tensão. Êstes acumuladores adicionais não se descarregam naturalmente tanto como os da bateria principal e quando esta última é carregada de novo, os acumuladores extremos não necessitam tanta carga. Por esta razão os acumuladores extremos estão usualmente ligados a um *comutador de voltmetro de contactos múltiplos* que permite introduzir um voltmetro de baixa leitura entre os bornes de qualquer dos acumuladores extremos. Quando se começa uma carga, todos os acumuladores que foram empregados na descarga anterior são postos em circuito e o voltmetro de baixa leitura é ligado ao último acumulador. Quando êste acumulador tem 2,5 vóltios durante a carga,

move-se o comutador dos acumuladores extremos um ponto para diante, pondo assim êsse acumulador fora do circuito; êste processo é continuado até que todos os acumuladores extremos que foram descarregados desigualmente estejam carregados, ficando então em circuito os acumuladores da bateria principal, usados para a descarga total. Se não se der atenção ao exposto, o rendimento da bateria será diminuído, devido à energia que se gasta inutilmente em carregar demasiadamente estes acumuladores extremos.

Grandes instalações centrais. — Um outro tipo de estações centrais é aquele que se encontra algumas vezes nas fábricas, grandes armazens ou depósitos etc., em que a bateria é empregada somente como elemento auxiliar e forma só uma pequena proporção de toda a instalação. Nêstes casos, a bateria é empregada para fornecer só a corrente necessária depois de se terem parado as máquinas, quando a carga é muito pequena, sendo o seu uso principal alimentar o pequeno número de lâmpadas utilizadas durante a noite. Uma tal bateria pode ter uma capacidade entre 50 e alguns centos de lâmpadas, e é carregada pelas máquinas principais durante o dia.

A instalação de máquinas funciona normalmente com a voltagem das lâmpadas, ao passo que para carregar a bateria é preciso uma voltagem mais elevada. Esta voltagem adicional, que varia entre 10 e 50 vóltios (numa instalação de 110 vóltios), conforme o estado da bateria, é usualmente fornecida por um *dinamo booster* que está ligado em série entre o gerador principal e a bateria.

O *booster* é formado por um pequeno dinamo que tem uma capacidade de corrente igual ao regime de carga da bateria com uma F. E. M. máxima de 50 vóltios e é accio-

nado por um motor alimentado pela corrente do circuito principal. O dínamo e o motor estão usualmente montados sôbre a mesma base e as suas árvores são comuns.

Nêste tipo de estações centrais emprega-se geralmente a reguição por acumuladores extremos, pois que há sempre alguém encarregado da vigilância da instalação e além disso, nêste caso, a economia é um factor importante do funcionamento.

Acumuladores para elevadores eléctricos. —

Há uma terceira classe de estações centrais que difere um tanto ou quanto dos dois tipos anteriores, bem que se encontre também nos edifícios de escritórios, armazens, etc. É empregada quando os elevadores eléctricos são accionados pelas máquinas geradoras.

Éstes elevadores tornam a carga extremamente fluctuante, devido à grande intensidade de corrente necessária para o seu arranque e também ao serviço irregular a que estão sujeitos. Quando os elevadores eléctricos são accionados directamente pelas máquinas geradoras numa instalação desta espécie, sem uma bateria, é necessário fazê-los funcionar por meio de geradores independentes, pois que se fôssem accionados pelos mesmos que fornecem a corrente para as lâmpadas, a carga fluctuante dos elevadores perturbaria a voltagem a um tal grau que as lâmpadas teriam a luz tão pouco firme que o seu serviço não seria satisfatório. Fazer funcionar geradores separados para cada serviço, desta maneira, seria muito pouco económico. Durante a maior parte do tempo, a carga de luz é tão pequena que o gerador está só parcialmente carregado e além disso os dínamos que alimentam os elevadores estão trabalhando muito pouco economicamente com

uma tal carga bastante variável, além de estarem sujeitos a esforços rápidos e violentos.

Nestas condições, uma bateria de acumuladores tomará conta das flutuações causadas pelos elevadores e fará com que toda a carga possa ser fornecida pelo mesmo gerador. Em adição a isto, a bateria pode ser usada para suportar a carga toda durante a noite. As dimensões de

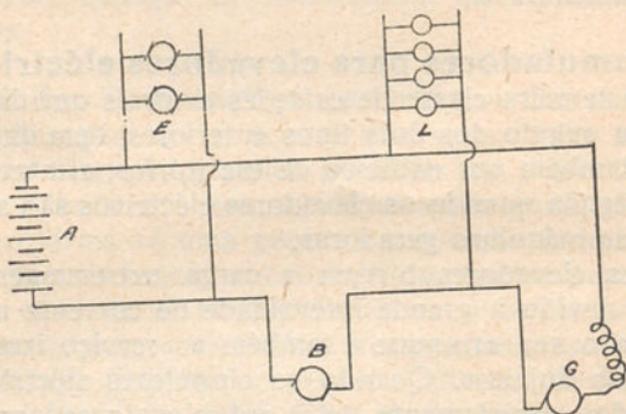


Fig. 34 — Ligações das barras onibus para uma instalação de elevadores

uma tal bateria são geralmente determinadas pela importância da carga dos elevadores; isto necessita usualmente uma bateria maior que a necessária para a carga durante a noite.

O método de empregar uma bateria numa instalação desta espécie, de modo a manter uma carga constante nos geradores, é de separar a carga constante da iluminação, da carga flutuante do elevador, ligando-os a diferentes barras onibus no quadro de distribuição. A bateria A, fig. 34,

está ligada às barras onibus do elevador e o gerador G às barras onibus da iluminação. Estes dois grupos de barras onibus estão então ligados entre si, como mostra a figura 34, através dum *booster* B , especialmente enrolado e construído, de modo a conservar constante a corrente que passa do gerador para a bateria, independentemente das condições variáveis no circuito do elevador. E representa os motores dos elevadores e L as lâmpadas.

O *booster* tem de fornecer à bateria e circuitos dos elevadores a quantidade média de corrente necessária para fazer funcionar os elevadores, mais a quantidade de corrente necessária para carregar a bateria depois do trabalho da noite anterior.

O funcionamento de uma tal instalação, bem construída e montada, é muito interessante. A carga nos elevadores variará nalguns casos tanto como 250 cavalos, enquanto que a carga nos geradores ficará praticamente constante, sendo só atingidos por cerca de 7% das flutuações; isto não é suficiente para perturbar a voltagem da instalação de luz.

Aplicações das baterias de acumuladores no serviço de caminhos de ferro. — Estas aplicações podem ser divididas em duas classes:

1.º Quando a bateria está instalada na central eléctrica, e é usada para igualar as flutuações e manter uma carga constantes nos geradores;

2.º Quando a bateria está instalada na extremidade de um alimentador (*feeder*) para manter uma voltagem constante nesse ponto sob as variáveis condições da carga.

Estas duas classes são inteiramente diferentes no seu método de instalação e funcionamento.

A bateria na central eléctrica. — Quando há uma bateria instalada na central eléctrica, está ligada em paralelo com os geradores no quadro de distribuição.

Actualmente os geradores para caminhos de ferro e tranvias têm um enrolamento hipercompound, de modo que quanto mais forte se tornar a carga, mais a voltagem aumentará. Faz-se isto para manter uma voltagem constante em toda a rede.

Uma bateria de acumuladores actuará exactamente no sentido inverso; quando a carga se tornar mais forte, a voltagem baixará; portanto para que a bateria tome nessas condições o repentino aumento de carga, e por conseguinte mantenha uma carga constante nos geradores, é necessário fazê-la igualmente hipercompound ou mesmo ainda um pouco mais do que os geradores. Obtém-se isto pondo um *booster* em série com a bateria, o que dará um aumento na voltagem, à medida que a carga aumenta. Este *booster* é de excitação compound com os enrolamentos série e em derivação, proporcionados de modo que quando a carga se torna forte faz com que a bateria se descarregue, e quando a carga é pequena carregue a bateria. Desta maneira a bateria regula a carga nos geradores e ao mesmo tempo é conservada carregada, de modo que está sempre pronta em caso de urgência.

Se se empregarem geradores em derivação na central eléctrica, em vez de compound, não será necessário um *booster*, pois que neste caso a voltagem baixa à medida que a carga aumenta e como a bateria está ligada directamente em paralelo com elle, tomará conta das flutuações automaticamente.

Bateria na extremidade de um «feeder». — No segundo caso, a bateria, em vez de estar instalada na

central eléctrica, é posta na linha na extremidade de um *feeder*.

Neste caso não é preciso nenhum *booster*, pois que a queda de voltagem sobre a linha entre a bateria e a central é suficiente para que a bateria a regule.

Num caso particular, a bateria foi instalada cêrca de 6,5 quilometros distante da central eléctrica. Sem a bateria a variação da voltagem neste ponto era de 300 a 600 vóltios, ao passo que com a bateria a voltagem na extremidade do *feeder* era razoavelmente constante, variando só entre 500 e 550 vóltios.

Uma instalação de acumuladores desta espécie, além de manter a voltagem sobre tôda a linha, aumenta consideravelmente o rendimento do sistema, pois que não é necessário transmitir ao ponto distante a quantidade máxima de corrente necessitada ali, mas somente a média, evitando por conseguinte uma grande perda nos *feeders*. A bateria que é alimentada constantemente pela corrente média descarregar-se-à, quando fôr necessário fornecer uma intensidade mais elevada.

As vantagens duma bateria nesta condições vêm-se imediatamente, comparando o custo da bateria com o custo do cobre que seria necessário para manter as mesmas condições sem a bateria. Além disso, há também a considerar o custo da energia perdida nos *feeders*.

Distribuição da energia centralizada.— O aumento de pedidos de energia eléctrica para tôdas as aplicações está conduzindo à centralização das máquinas produtoras numa grande estação central, situada num local em que haja grandes facilidades para a produção barata da energia. Desta central eléctrica a energia é transmitida a numerosas sub-estações que se tornam centros

de distribuição e estão situadas nos pontos mais vantajosos.

Para se realizar este plano de distribuição econômica, empregam-se correntes alternativas de alta tensão para a produção da energia e sua transmissão às sub-estações, nas quais por meio de convertidores rotativos, são convertidas em corrente contínua para a distribuição.

As baterias de acumuladores formam uma parte indispensável deste plano de distribuição; igualizam a carga nas várias sub-estações em que estão instaladas, assegurando ao mesmo tempo uma voltagem constante em todos os pontos do sistema; também reduzirão a quantidade de cobre necessária para a rede de distribuição.

As baterias são carregadas pelos convertidores nos momentos de pequena carga e descarregarão em paralelo com êles nos momentos de grande carga. Um ponto interessante deste sistema é a possibilidade das baterias podem descarregar-se através dos convertidores rotativos, fornecendo corrente alternativa ao circuito de alta tensão; isto dá grande flexibilidade ao sistema e é excessivamente útil em caso de necessidade urgente.

A iluminação eléctrica

Arcos voltaicos

A faísca eléctrica. -- A faísca eléctrica é um fenómeno conhecido de quasi tôdas as pessoas que têm examinado um dínamo ou um motor eléctrico em funcionamento, ou que têm trabalhado com a simples bateria que acciona uma campainha eléctrica. A causa desia faísca não é geralmente muito bem conhecida e contudo forma a base da indústria de iluminação por arcos voltaicos.

Interrupção de um circuito eléctrico. -- Quando se interrompe um circuito eléctrico activo qualquer, a corrente não se extingue immediatamente, mas tende a continuar através do espaço formado, da mesma maneira que uma corrente de água, correndo por um cano tenderia a continuar a passar se o cano fôsse repentinamente quebrado ao meio e se separassem gradualmente as duas peças quebradas.

No primeiro caso, isto é, na interrupção dum circuito eléctrico a corrente continuará a passar através do espaço

de ar formado, se esse espaço não fôr muito grande e se a força electromotriz da corrente fôr também bastante grande. Em vez, porém, de continuar a passar tranquila e invisivelmente, a corrente mostra então a sua existência por meio de uma chama que se estabelece entre os dois extremos do circuito interrompido.

Causas da chama eléctrica. — Se se iuvestigar a causa da existência desta faísca eléctrica ou chama,

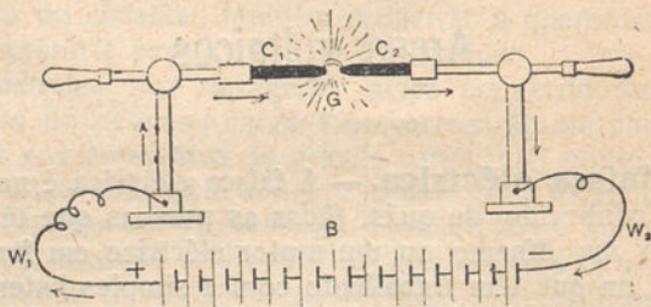


Fig. 35—O arco eléctrico

vêr-se-à que é devida a uma combustão dos extremos do circuito interrompido, os quais são fundidos ou queimados pelo intenso calor produzido.

Experiências primitivas. — A chama eléctrica, produzida desta maneira, era provávelmente conhecida dos primeiros investigadores depois da descoberta da bateria voltaica em 1796. Foi contudo o célebre químico inglês *Sir Humphry Davy* o primeiro a fazer uso da faísca eléctrica de uma maneira em que até então não se pensava.

Concebeu êle a idéia de utilizar esta pequena chama para a iluminação e fêz experiências com êsse fim utilizando uma potente bateria de pilhas voltaicas.

Verificou por essa ocasião que a faísca ou chama obtida entre os dois extremos de um fio metálico quebrado era demasiado fraca no ponto de vista das suas qualidades para produzir luz, de modo a ser comercialmente prática, e portanto fêz experiências com outras substâncias além do metal.

Pontas de carvão. — Entre as várias substâncias que êle experimentou havia ródos de carvão que êle dispoz da maneira indicada peia figura 35, na qual *B* é a bateria de pilhas; *C*₁ *C*₂ são dois ródos de carvão que estão ligados à bateria por meio de dois fios de cobre *W*₁ *W*₂. Desta maneira o próprio fio da bateria acha-se ligado pelo fio *W*₁, ao carvão *C*₁ e o pólo negativo pelo fio *W*₂ ao rôdo *C*₂. Quando os carvões estão em contacto, todo o conjunto fórma um circuito fechado.

Formação do espaço de ar para o arco. — Depois de ter completado esta disposição, as extremidades dos dois ródos de carvão *C*₁ e *C*₂ eram postos em contacto, passando a corrente da bateria através do circuito na direcção indicada pelas setas. Em seguida, Davy separou um pouco os dois ródos *C*₁ e *C*₂, formando assim o pequeno espaço de ar *G*, e o resultado foi a aparição duma chama crepitante de grande brilho e sob a acção da qual os extremos dos ródos se tornam rubros.

O arco. — O intenso brilho desta chama convenceu Davy imediatamente de que tinha encontrado o novo meio de iluminação em que êle pensava. Os dois ródos de car-

vão foram chamados os *eléctrodos* e devido à forma curva que a chama tomava, Davy deu-lhe o nome de **arco**, do qual é derivado o nome moderno de *arco voltaico*.

Funcionamento do arco. — Antes de estudarmos a maneira pela qual esta chama ou arco foi utilizada como

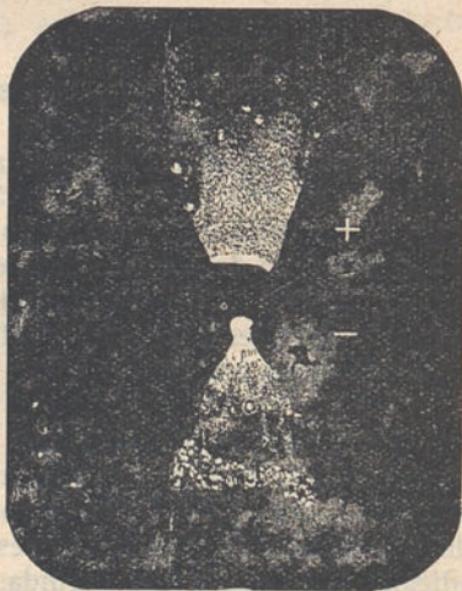


Fig. 36—Aparência das pontas de carvão

iluminante para uma lâmpada eléctrica, investigaremos, primeiro que tudo, o funcionamento do arco eléctrico, formado desta maneira entre dois ródos de carvão. Este assunto é muito interessante, envolvendo mesmo muitos problemas ainda não resolvidos.

Mudanças nos eléctrodos. — Suponhamos que o arco na figura 35 esteve ardendo durante algum tempo e que em seguida foi apagado para se examinarem os eléctrodos. Ver-se-á então que houve grande mudança nas suas pontas e que a sua aparência é pouco mais ou menos a da figura 36. Nesta figura o eléctrodo superior é o que está ligado ao borne positivo do circuito, ao passo que o inferior é o que está ligado ao borne negativo.

O arco é demasiadamente brilhante para ser observado directamente a olho nu, sendo conveniente empregar um vidro fumado ou de côr quando se examina.

Se o arco estiver ardendo convenientemente e o espaço *G*, figura 35, fôr de cêrca de $\frac{1}{8}$ de polegada, êste espaço será ocupado por uma chama curva azulada que contudo será consideravelmente menos brilhante que as pontas dos próprios rôdos.

A cratera. — Depois do arco ter ardido durante algum tempo, verificar-se-á que o carvão superior ou positivo se torna ôco na ponta, formando-se aí uma depressão como se fôra um copo. Esta pequena cavidade que se forma no eléctrodo positivo chama-se a *cratera*.

Por outro lado, a superfície oposta do eléctrodo negativo tomará uma forma mais aguda ou projecção directamente oposta à cratera.

Brilho do arco e do carvão. — Ver-se-á também que, bem que ambos os eléctrodos negativo e positivo estejam mais brilhantes do que a chama no espaço *G*, o carvão positivo e particularmente a cratera é o ponto mais brilhante de todos; conseqüentemente a maior parte da luz do arco é emitida pela cratera no carvão positivo, donde resulta que se se deseja utilizar esta luz para a ilumina-

ção para baixo é conveniente ter o carvão positivo na parte superior, de modo que a luz mais intensa possa ser dirigida para baixo.

A cratera do carvão positivo nesta posição actúa ao mesmo tempo como um reflector para a luz emitida pelo carvão negativo.

Deslocamento da cratera. — Uma particularidade da cratera é de não manter a sua posição original, deslocando-se à roda da ponta de carvão de tempos a tempos. Isto é devido ao facto do arco tender a manter-se entre dois pontos mais próximos dos dois carvões, isto é, entre o espaço mais curto. Êste deslocamento da cratera é muito inconveniente, pois produz o tremido da luz, sendo necessário empregar meios para o evitar.

Carvões com núcleo. — Com o fim de reduzir o mais possível o deslocamento da cratera, os carvões são construídos algumas vezes com um pequeno diâmetro, limitando assim a distância através da qual o deslocamento pode ter lugar; mas como a sua secção deve ser suficiente para deixar passar a corrente necessária, atinge-se rapidamente o seu limite, devendo-se empregar portanto outro expediente. Consiste êste em moldar os carvões de maneira que a porção central ou núcleo seja de uma composição mais branda do que a parte exterior. O núcleo macio é então mais facilmente aquecido pela corrente eléctrica de modo que o arco tende a manter a cratera no centro dos carvões.

Temperatura da cratera. — Como o poder iluminante dum corpo aquecido aumenta rapidamente com a sua temperatura, resulta daí que a parte mais intensamente

iluminada dum corpo deve ter a temperatura mais elevada; portanto a cratera no carvão positivo deve ser a parte mais quente do arco. Se se examinarem cuidadosamente os extremos dos carvões, encontrar-se-ão pequenos glóbulos espalhados pela sua superfície. Estes glóbulos são particulas fundidas de impurezas minerais, muitas vezes contidas no carvão. Quanto mais puro fôr o carvão empregado, tantos menos glóbulos se encontrarão.

Investigações mais modernas mostraram que o fenómeno produzido na cratera dum arco voltaico é a ebulição do carvão. A temperatura à qual o carvão ferve é de cêrca de 3.500° C.; portanto a temperatura da ponta do carvão positivo deve estar muito próxima dêsse valor.

Esta temperatura é a mais alta que se tem podido produzir e conseqüentemente na chama do arco as substâncias mais refractárias (não fusíveis), como, por exemplo, a silica, a platina, etc., derretem-se nêle, como a cêra ou a estearina com a chama duma vela.

Amolecimento do carvão. — Os eléctrodos de carvão, empregados nos arcos voltaicos, são excessivamente duros, mas depois de terem suportado um arco durante algum tempo, as suas extremidades sob a influência da alta temperatura são convertidas em carvão brando chamado *grafite*.

Arco voltaico de corrente alternativa. — O arco descrito até aqui foi obtido pelo emprêgo de corrente contínua, isto é, por uma corrente de electricidade que gira continuamente na mesma direcção.

O arco pode contudo ser formado por meio de corren-

tes alternativas, ou seja por correntes que giram alternativamente em direcções opostas.

Quando se empregam correntes alternativas, não se podem formar nem a cratera no carvão positivo nem a projecção característica do carvão negativo, devido ao facto de que, com esta corrente, cada carvão é alternativamente positivo e negativo.

Consumo dos eléctrodos. — Durante a existência do arco, os carvões são consumidos gradualmente, isto é, gastam-se. Este desgaste é devido a queimarem-se por oxidação no ar e também por volatilização ou evaporação produzida na cratera.

Ao passo que o carvão positivo é consumido, tanto por se queimar como pela volatilização, o carvão negativo é consumido somente por combustão, de modo que o carvão positivo gasta-se necessariamente com muito maior rapidez do que o carvão negativo. É mesmo consumido duas vezes mais depressa quando se usam correntes contínuas. Nas lâmpadas de arco de corrente alternativa, o consumo de ambos os carvões é naturalmente igual.

Arcos ruídosos. — Muitas vezes a formação do arco é acompanhada por sons característicos, que são devidos a distância imprópria entre os eléctrodos ou a impurezas nos carvões, os quais podem ser inteiramente evitados tomando certas precauções.

Formação do arco. — Quando os dois carvões da figura 35 arderem algum tempo, a distância entre elles tornar-se-á finalmente tão grande que a fôrça electro-motriz da bateria não poderá por mais tempo forçar a corrente através do espaço de ar, resultando daí a extinção do arco.

Para acender de novo o arco, é necessário pôr os carvões juntos até que se toquem e em seguida separá-los até à distância apropriada, formando-se de novo o arco.

Regulação das lâmpadas de arco. — Para que não necessitem uma atenção contínua, as lâmpadas de arco práticas são providas dum maquinismo que forma automaticamente não só o arco quando se põe a lâmpada em serviço, mas que regula também a distância entre as pontas de carvão.

Nas boas lâmpadas o maquinismo regulador actúa para as mais pequenas mudanças no comprimento do arco, de modo que o movimento dos carvões é imperceptível.

O modo como êste maquinismo da lâmpada é disposto na prática será descrito adiante.

Funções do maquinismo das lâmpadas de arco. — Em tôdas as lâmpadas de arco as três principais operações que o maquinismo deve desempenhar automaticamente são as seguintes:

(1) Deve pôr juntos os dois carvões de modo a fazerem bom contacto.

(2) Deve separar os carvões até uma certa distância bem definida.

(3) Deve fazer com que os dois carvões se movam um para o outro, de modo a mantê-los à mesma determinada distância, à medida que os carvões se consomem.

Disposição do maquinismo das lâmpadas de arco. — Do exposto acima, é evidente que para uma boa lâmpada de arco é necessário que a distância entre as pontas de carvão seja conservada constante; é portanto esta a função do maquinismo da lâmpada de arco para ali-

mentar os carvões, aproximando-os de modo a compensar exactamente o seu consumo.

O maquinismo da lâmpada de arco ordinária está disposta para causar sòmente o movimento do carvão superior, ou positivo, sendo o carvão inferior ou negativo fixo. Numa lâmpada assim disposta o arco move-se gra-

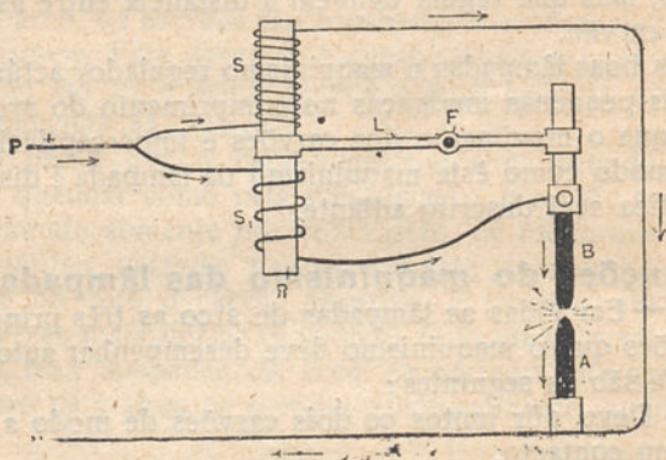


Fig. 37—Princípio do maquinismo da lâmpada de arco

dualmente para baixo à medida que o carvão se gasta, e quando atinge a posição mais baixa perto do suporte devem-se renovar os carvões.

Nalgumas classes de lâmpadas, porém, tais como *projectores* e *farois*, o arco tem não só de ser conservado constante, mas também exactamente no mesmo ponto. Em tais casos ambos os carvões têm de ser movediços e o maquinismo deve ser disposto de maneira a avançar cada

carvão de per si, conforme a rapidez com que é consumido.

Quando se emprega corrente contínua, o carvão positivo deve, nessas lâmpadas, mover-se com uma rapidez duas vezes maior do que a do carvão negativo.

Construção do maquinismo das lâmpadas de arco. — Os vários requisitos acabados de mencionar são completamente desempenhados nas lâmpadas modernas de arco pelo uso de electro-magnetes dispostos de maneira a moverem o rôdo ao qual o eléctrodo positivo de carvão está ligado.

Há centenas de construções diversas, mais engenhosas umas que as outras, para obterem o mesmo resultado, quasi tôdas baseadas no princípio de fazer com que a corrente que mantém o arco excite os electro-magnetes que accionam o rôdo do carvão.

Princípio da lâmpada de arco diferencial.
— A figura 37 representa um esquema do princípio da lâmpada conhecida pelo nome de «**Lâmpada de arco diferencial**».

O comprimento apropriado do arco é neste caso mantido por um método de regulação que depende da resistência eléctrica do arco; qualquer variação ou diferença na resistência normal faz com que o maquinismo regulador actúe.

O arco, que forma uma parte do circuito, tem resistência eléctrica exactamente como um certo comprimento de fio. Se o comprimento do arco aumentar, a resistência aumentará também, e se a distância entre os carvões diminuir, a resistência do arco será também diminuída.

O maquinismo é construído de tal maneira que o car-

vão movediço se aproxime automaticamente do carvão fixo quando a resistência do arco aumenta em virtude do acréscimo no seu comprimento. Semelhantemente os carvões separar-se-ão automaticamente quando a resistência do arco é diminuída. Só numa posição dos carvões é que a força tendente a juntá-los é contrabalançada exactamente pela força que tende a separá-los, e esta posição é a que corresponde à distância apropriada do arco.

Se houver uma diferença qualquer entre estas duas forças, a lâmpada regular-se-á pela maneira descrita, até que a diferença seja igualada. Desta acção foi derivado o nome de **lâmpada de arco diferencial**.

Este método de regulação vai representado claramente pelo diagrama da figura 37, em que *A* representa o carvão negativo, cuja posição é fixa, enquanto que *B* representa o carvão positivo movediço. Este último está ligado a um núcleo de ferro *R* por meio duma alavanca *L* que está articulada em *F*. O rôdo de ferro macio *R* forma o núcleo de duas bobinas *S* e *S*₁. A bobina é constituída por algumas voltas de fio de cobre grosso, através do qual passa a corrente para o carvão positivo *B*, enquanto que a bobina *S* está ligada em derivação à roda do arco e é formada por muitas voltas de fio fino de grande resistência, de modo que só uma pequena porção da corrente total passa através da bobina *S* em condições normais. Há assim dois caminhos para a corrente: um através da bobina *S*₁ e do arco, e o outro através da bobina *S*.

A corrente total que passa de *P* para *N* através da lâmpada é constante. *S* e a corrente que entra pela bobina principal *S*₁ é reduzida, a da bobina *S* é aumentada e vice-versa. Qualquer mudança na resistência do arco produz variações da corrente na bobina principal *S*₁; portanto uma mudança na direcção oposta será produzida na bobina em

direcção S. Como se sabe uma bobina de fio com corrente exerce uma atracção sôbre um rôdo de ferro que passe atra-

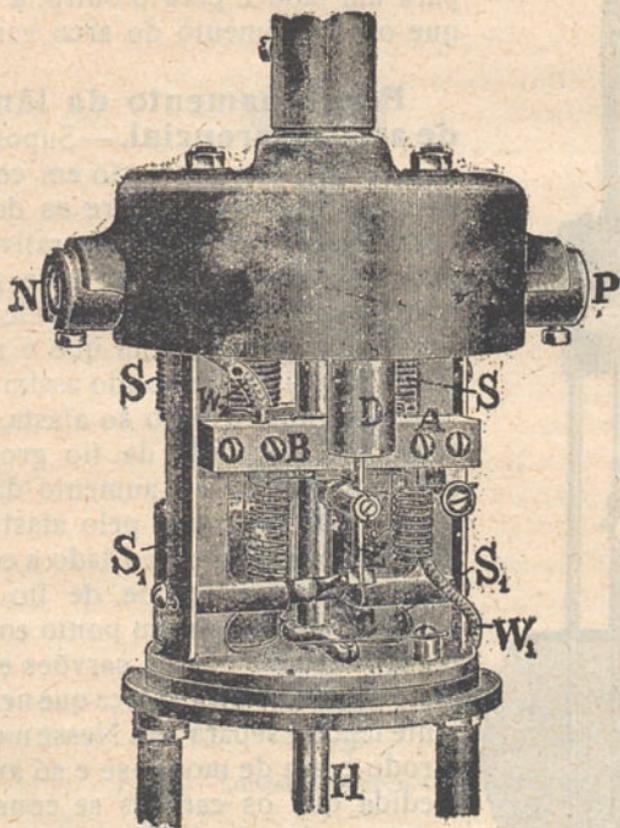


Fig. 38—Maquinismo da lâmpada de arco.

vés dela, e a fôrça desta atracção depende da intensidade da corrente. O núcleo R é portanto actuado por ambas as bobinas, tendendo S a puxá-lo numa direcção e S1 na

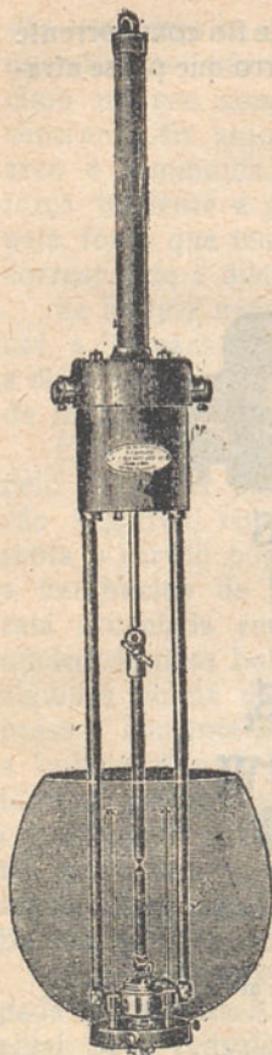


Fig. 59—Lâmpada de arco completa

lâmpada baseada

outra. A posição resultante do núcleo depende portanto, a cada instante, das correntes nas bobinas, sendo movido para um lado e para o outro, à medida que o comprimento do arco varia.

Funcionamento da lâmpada de arco diferencial.

— Suponhamos que os dois carvões estão em contacto. Como a resistência entre os dois carvões neste instante é comparativamente pequena, uma forte corrente passará através da bobina ou solenoide de fio grosso S_1 , fazendo com que o rôdo se mova para cima, formando assim o arco. À medida que o rôdo se afasta, a corrente no solenoide de fio grosso S_1 diminui, devido ao aumento da resistência que se produz pelo afastamento dos carvões. Por outro lado a corrente que gira no solenoide de fio fino S aumenta até atingir um ponto em que a tendência para pôr os carvões em contacto contrabalança a fôrça que nesse instante tende a separá-los. Nesse momento o rodo cessa de mover-se e só avança à medida que os carvões se consomem, conservando-se a distância do arco praticamente constante.

Maquinismo da lâmpada de arco.— A construção prática duma lâmpada baseada neste princípio vai representada na

figura 38. Há duas bobinas S e outras duas S_1 , tendo cada jôgo de bobinas ou solenoides verticais núcleos de ferro (não visíveis na figura) que estão ligados entre si e actuam juntos.



Fig. 40 — Lâmpada de arco ornamental

A corrente entra pelo borne positivo P da lâmpada, passa para o suporte do carvão H , daí através do carvão e vai para cima pelo fio W_1 para o parafuso-borne A ; a partir dêste ponto a corrente passa através dos solenoides

S , S para o parafuso-borne B , o qual está ligado pelo fio W ao borne negativo N da lâmpada.

Os solenoides S_1 , S_1 estão ligados ao circuito nos pontos A e B , estabelecendo assim o caminho em derivação à roda do arco. O movimento dos ródos de ferro é transmitido ao rôdo E que acciona a garra C . Esta última sustenta o suporte H quando está na sua posição mais elevada, e deixa-o escorregar quando é movida para baixo pelo rôdo E . Qualquer leve movimento para baixo da garra faz com que o suporte escorregue através dela e o carvão positivo é levado para baixo pelo seu próprio pêso. Para evitar um movimento demasiadamente violento da garra, a parte superior do rôdo E tem um «dash-pot» D .

A figura 39 mostra o maquinismo encerrado numa simples caixa e a lâmpada completa para o emprêgo, numa fábrica ou noutro lugar. Para iluminar os edificios publicos, casas particulares, lojas etc., empregam-se construções ornamentais, tais como a da figura 40, etc.

Ligações das lâmpadas de arco. — As lâmpadas de arco podem ser ligadas em *série* ou em *paralelo* e são feitas tanto para sistemas de *corrente constante* como de *potencial constante*.

Lâmpadas de arco em série. — No **sistema em série** de lâmpadas de arco, figura 41, o borne positivo da primeira lâmpada está ligado ao fio que vem do gerador, ao passo que o seu borne negativo está ligado ao borne positivo da segunda lâmpada, a qual por sua vez tem o seu borne negativo ligado ao borne positivo da terceira lâmpada e assim por diante. Neste sistema a mesma corrente passa duma lâmpada para a outra até ter passado por tôdas elas.

Se neste caso se apagar uma lâmpada, todo o grupo será apagado, a não ser que se empregue uma disposição apropriada para um tal caso. Obtém-se isto utilizando em cada lâmpada um interruptor por meio do qual se põe a lâmpada em curto circuito através duma resistência, de modo que a corrente passa à roda da lâmpada *apagada*.

Lâmpada de arco em paralelo. — O sistema em paralelo de lâmpadas de arco vai representado na

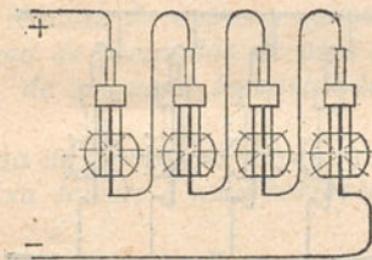


Fig. 41 — Sistema em série de iluminação com arcos voltaicos

figura 42. Aqui todos os carvões positivos estão ligados ao fio positivo da linha, e todos os carvões negativos ao fio negativo. A corrente total do gerador vai até à primeira lâmpada; neste ponto a porção suficiente para uma lâmpada deixa o fio positivo e volta para o gerador através da primeira lâmpada e do fio negativo. A corrente restante vai para a segunda lâmpada; aqui uma porção semelhante é dividida, a qual, depois de passar através da lâmpada, volta da mesma maneira para o gerador, e assim por diante até à última lâmpada.

Como neste sistema cada lâmpada é independente das outras, qualquer delas ou umas poucas podem ser apagadas sem affectarem as restantes.

Energia necessária para a iluminação com lâmpadas de arco em série e em paralelo. — Uma lâmpada de arco ordinária de 2000 velas, corrente contínua, necessita uma intensidade de corrente de cêrca de 10 ampérios e uma fôrça electromotriz de 45 vóltios só para

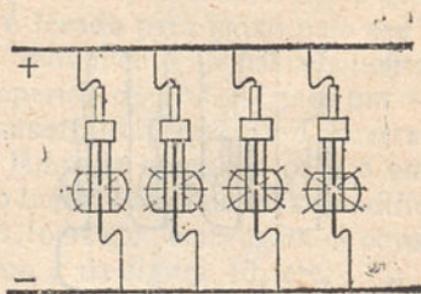


Fig. 42 — Sistema em paralelo de iluminação com arcos voltaicos

a lâmpada. Quando se calcula a energia necessária, juntam-se usualmente 5 vóltios a estes últimos Algarismos, a-fim-de incluir a perda devida à resistênciã da linha, fazendo assim a fôrça electromotriz por lâmpada de 50 vóltios. A corrente com esta voltagem representa uma energia de $10 \times 50 = 500$ wátios por lâmpada. Se estiverem ligadas em série 10 destas lâmpadas, então a corrente em cada parte do circuito deve ser evidentemente de 10 ampérios, mas a voltagem nos bornes do dínamo que fornece a corrente deve ser de 50 vóltios para cada lâmpada ou seja $10 \times 50 = 500$ vóltios para todo o circuito. A energia total

consumida pelo circuito será portanto de $500 \times 10 = 5.000$ wátios ou 5 K.W.

Se, porém, ligarmos 10 lâmpadas em paralelo, cada uma tomará então 10 ampérios e a corrente total necessária será de $10 \times 10 = 100$ ampérios, ao passo que a força electromotriz necessária será só a suficiente para uma lâmpada, isto é, 50 vóltios. A energia total do circuito é $50 \times 200 = 5000$ wátios, que é a mesma que com a disposição em série.

Comparação entre o sistema em série e em paralelo. — Resulta do exposto acima que:

Um sistema de lâmpadas de arco em série necessita uma corrente de pequena intensidade e de grande tensão;

Um sistema de lâmpadas de arco em paralelo necessita uma baixa tensão e uma corrente de grande intensidade.

Vê-se por esta comparação que no sistema em série se podem empregar condutores, para a linha, de muito menor secção do que no sistema em paralelo, pois que o tamanho do fio necessário para transmitir uma dada quantidade de energia diminui na razão inversa do quadrado da voltagem.

No exemplo dado acima a voltagem para o sistema em série é 10 vezes maior que o necessário para o sistema em paralelo; portanto o fio da linha, no caso de ligação em série, necessita ter uma secção só de uma centésima parte da necessária para a ligação em paralelo, se ambos os sistemas cobrirem a mesma distância. É por esta razão que o sistema em paralelo de iluminação com lâmpadas de arco não é usado quando a distância das lâmpadas à estação central excede um quilómetro pouco mais ou menos.

Custo dos condutores. — Em todos os circuitos de transmissão eléctrica o custo do cobre dos condutores é um dos factores mais importantes a considerar; com effeito muitos projectos de transmissão eléctrica são declarados impraticáveis pela única razão de que a despesa nos condutores de cobre necessários seria tão grande a torná-lo proibitivo. Para as instalações de lâmpadas de arco sobre uma grande distância, o sistema em série oferece a vantagem da economia no custo dos condutores, ao passo que tem a desvantagem do perigo pessoal devido à alta voltagem necessária.

Para obviar ao inconveniente da voltagem excessiva, as lâmpadas podem ser ligadas em vários circuitos em série independentes; a voltagem total das lâmpadas é dividida em tantas partes quantas são os circuitos.

Por exemplo, se houver cem lâmpadas, a voltagem necessária para um circuito em série será de 5.000 vóltios; se, porém, se dispõem 5 circuitos independentes, a tensão da linha é reduzida a 1.000 vóltios.

Iluminação por arcos em série, em circuitos de lâmpadas de incandescência. — Algumas grandes cidades estão usualmente providas de iluminação por incandescência por um sistema complicado de condutores subterrâneos. Em geral estes circuitos estão dispostos para tensões baixas e constantes, usualmente de 110 vóltios e excedendo raramente 230 vóltios.

Em tais casos as lâmpadas de arco são freqüentemente ligadas ao circuito pela maneira indicada na fig. 43, que representa um grupo de 2 lâmpadas em série entre os fios da linha. Os sistemas de iluminação por incandescência funcionam agora raramente com menos de 110 vóltios, enquanto que as lâmpadas de arco tomam cada uma 45 vól-

tios, isto é, duas lâmpadas de arco em série utilizam 90 vól-tios. É portanto necessário inserir uma resistência em série com as duas lâmpadas, como se vê na figura, para absorver os 20 vól-tios supérfluos.

A energia gasta pela resistência fica naturalmente perdida em calor; com esta disposição a economia é correspondentemente reduzida. Se uma só lâmpada estiver ligada

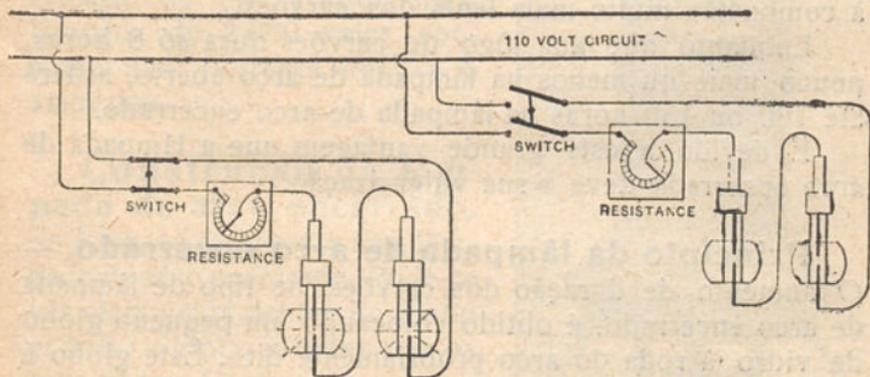


Fig. 43—Iluminação com arcos em série num circuito de incandescência

LEGENDA—*110 volt circuit* = Circuito a 110 vól-tios—*Switch* = inter-ruptor—*Resistance* = Resistência.

entre os fios principais, deve-se ligar proporcionalmente mais resistência em série com a lâmpada, de modo que a economia é ainda mais reduzida. As bobinas de resistên-cia, necessárias para êste fim, fazem parte da lâmpada, sendo colocadas usualmente dentro da caixa que contém o maquinismo.

Lâmpadas de arco encerrado. — Nas lâmpadas a que nos referimos até aqui, o arco está exposto ao ar

livre, de modo que a oxidação pode ter lugar livremente, resultando numa combustão comparativamente rápida do carvão. Uma forma de lâmpada de arco chamada **lâmpada de arco encerrado**, está disposta de modo a limitar o acesso do oxigénio ao arco.

Este tipo de lâmpada tem a grande vantagem de arder durante muito mais tempo do que a lâmpada de arco aberto com o mesmo comprimento de eléctrodos, devido à combustão muito mais lenta dos carvões.

Enquanto que um jôgo de carvões dura só 8 horas, pouco mais ou menos na lâmpada de arco aberto, arderá até 100 ou 150 horas na lâmpada de arco encerrado.

É devido a esta grande vantagem que a lâmpada de arco encerrado deve a sua vulgarização.

Princípio da lâmpada de arco encerrado. —

O aumento de duração dos carvões, no tipo de lâmpada de arco encerrado, é obtido colocando um pequeno globo de vidro à roda do arco pròpriamente dito. Este globo é inteiramente fechado, mas não faz contudo um ajustamento à prova de ar com os carvões.

Assim que a lâmpada se acende, o ar encerrado no pequeno globo é rapidamente privado do seu oxigénio, de modo que a atmosfera restante é formada por certos gases quentes e conseqüentemente num estado de rarefacção. Esta câmara está disposta de modo que os gases produzidos pela combustão possam escapar-se pelo tôpo, enquanto que o ar em pequenas quantidades entra pelo fundo sem permitir uma circulação rápida.

As pontas dos carvões estão assim rodeadas por uma atmosfera que contém muito pouco oxigénio; a combustão pode conseqüentemente ter lugar muito devagar e a duração dos carvões é grandemente aumentada. O carvão

positivo nestas lâmpadas gasta-se na razão de cêrca de 1 milímetro por hora e o carvão negativo cêrca de meio milímetro no mesmo tempo.

Estas lâmpadas necessitam usualmente entre 75 a 80 vóltios e quando funcionam num circuito de 110 vóltios, uma lâmpada de 2.000 velas consome uma corrente de 5 a 6 ampérios.

Construção da lâmpada de arco encerrado.

— A fig. 44 representa uma lâmpada de arco encerrado. Pode-se vêr claramente dentro do globo exterior o globo interior com os seus rôdos de suporte.

Os detalhes do maquinismo vão representados na fig. 45, que mostra uma lâmpada de arco encerrado com o globo exterior e a caixa retirados. As partes activas do maquinismo destas lâmpadas são semelhantes às da lâmpada de arco aberto, sendo ambas baseadas sôbre o mesmo princípio geral.

O globo interior está seguro ao suporte inferior do carvão, e o carvão superior passa para dentro da câmara através de um orifício que está provido de uma válvula,

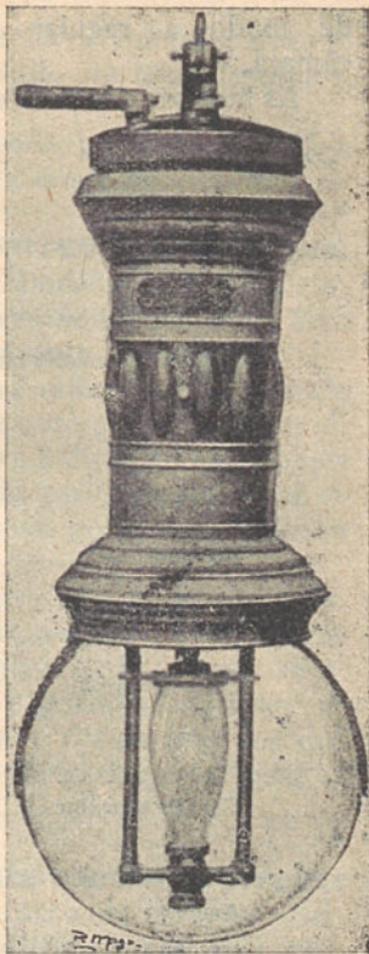


Fig. 44—Lâmpada de arco encerrado

de modo a regular o escapamento dos gases dessa câmara.

As bobinas que se vêem por cima do maquinismo são as

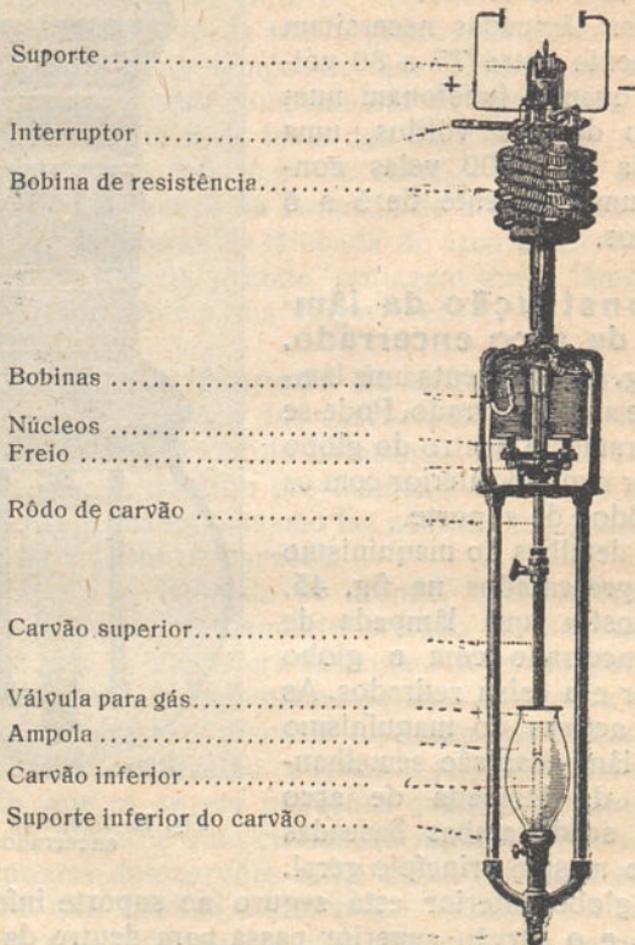


Fig. 45—Maquinismo da lâmpada de arco encerrado

resistências empregadas para diminuir a voltagem quando a lâmpada está ligada a um circuito de incandescência, como ficou dito atrás.

O interruptor no tópo da lâmpada, por cima da bobina de resistência, serve para apagar a lâmpada.

Lâmpadas de arco de corrente alternativa.

— Até aqui tratámos somente da lâmpada de arco de corrente contínua. Há, porém, milhares de lâmpadas de arco que funcionam em circuitos de corrente alternativa.

O arco de corrente alternativa é radicalmente diferente no seu funcionamento do arco de corrente contínua, pois num circuito de corrente alternativa a direcção da corrente está mudando continuamente. Cada carvão torna-se alternativamente positivo e negativo umas poucas de vezes por segundo.

No arco de corrente alternativa não existe nenhuma cratera positiva nem se formam projecções no carvão negativo, como acontece com a lâmpada de arco de corrente contínua. A distribuição da luz é portanto diferente da da lâmpada de corrente contínua, e o consumo dos carvões positivos e negativos é aproximadamente igual na lâmpada de corrente alternativa.

Ligações das lâmpadas de arco de corrente alternativa. — As lâmpadas de arco de corrente alternativa não estão usualmente ligadas directamente ao circuito do gerador, como os arcos de corrente contínua, sendo sempre alimentadas por um transformador intermediário, como mostra a fig. 46.

A bobina primária está usualmente ligada a um circuito de 1.000 ou 2.000 vóltios, enquanto que a secundária está ligada directamente à lâmpada.

A lâmpada contém geralmente uma resistência que neste caso também absorve a voltagem supérflua, mas devido a uma característica da corrente alternativa o desperdício de energia é muito menor do que na lâmpada de corrente contínua, visto que a bobina de resistência empregada envia para trás uma grande porção da corrente em vez de a dissipar em calor.

A resistência empregada neste caso chama-se usualmente uma bobina de reactância.

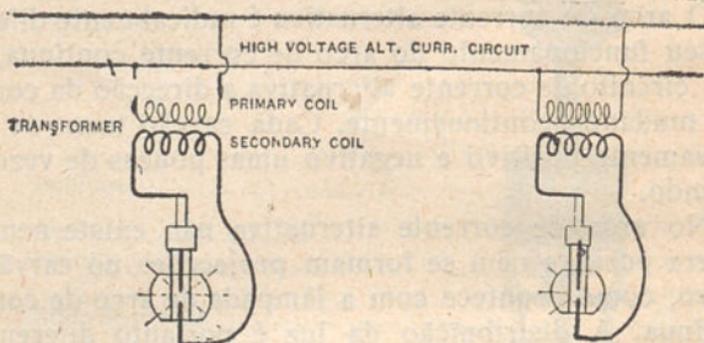


Fig. 46 — Ligações das lâmpadas de arco de corrente alternativa

Legenda — *High voltage alt. curr. circuit* = Circuito de corrente alternativa de alta tensão. — *Transformer* = Transformador. — *Primary coil* = Bobina primária — *Secondary coil* = Bobina secundária.

Iluminação com arcos, a grande distância.

— Como o emprego de transformadores permite utilizar as correntes de alta tensão, é evidente que as lâmpadas de arco de corrente alternativa podem ser empregadas economicamente a grandes distâncias da estação geradora visto que o fio no circuito primário pode ser feito de diâmetro muito pequeno, sendo só necessário um fio mais

grosso no secundário, nos sitios onde as lâmpadas estão instaladas.

Distribuição da luz das lâmpadas de arco.

— Já dissemos que a cratera do carvão positivo actua como um reflector da luz do carvão negativo. Conseqüentemente o carvão positivo emite uma maior quantidade de luz do que o negativo, e o resultado é que o maior brilho do arco é numa direcção perpendicular à superfície côncava da cratera. Esta direcção de máxima potência iluminante está num ângulo de cerca de 45° da vertical. Na direcção horizontal a potência luminosa é muito pequena, sendo formada pela luz emitida só pelo arco e não pelos carvões aquecidos.

No arco de corrente alternativa o poder iluminante de ambos os carvões é igual e a distribuição da luz é portanto simétrica acima e abaixo do arco.

Na lâmpada de arco encerrado a luz emitida pelos carvões é distribuida sobre a superfície do globo interior. O poder iluminante nas várias direcções é portanto igualizado de tal maneira que a luz emitida pela lâmpada é muito aproximadamente a mesma em tôdas as direcções.

Potência luminosa das lâmpadas de arco.

— As lâmpadas de arco ordinárias para uso comercial têm usualmente 600, 1.600 e 2.000 velas; mas, como já vimos, o brilho duma lâmpada de arco é diferente em cada direcção, de modo que a classificação em velas é muito vaga para que seja de uso prático. É portanto melhor classificar as lâmpadas conforme a energia que consomem. As lâmpadas de arco aberto estão ajustadas de maneira que a tensão necessária para forçar a corrente através do arco é de cerca de 45 vóltios. A chamada lâmpada de 2.000

velas necessitará então uma intensidade de corrente de cerca de 10 ampérios, a lâmpada de 1.200 velas uma corrente de 6,5 ampérios e a lâmpada de 600 velas uma corrente de aproximadamente 4 ampérios. A energia consumida numa lâmpada de 2.000 velas será portanto de cerca de 450 wátios ou $\frac{3}{5}$ de um cavalo; a energia consumida numa lâmpada de 1.200 velas será de 300 wátios ou $\frac{2}{5}$ de cavalo; uma lâmpada de 600 velas consumirá cerca de 180 wátios, ou seja $\frac{1}{4}$ de cavalo aproximadamente.

Para as lâmpadas de arco encerrado a tensão, como ficou dito atrás, é de cerca de 75 vóltios, mas a corrente necessária é correspondentemente mais pequena, sendo de cerca de 6 ampérios para a lâmpada de 2.000 velas, de 4 ampérios para a de 1.200 e de 2,5 ampérios para a de 600 velas.

Globos — O fim dos globos das lâmpadas de arco é triplo:

1.º Proteger o arco; 2.º distribuir a luz; 3.º melhorar a aparência da lâmpada.

Dissemos mais atrás que o globo interior da lâmpada de arco encerrado actuava como um distribuidor da luz emitida pelos carvões. Com uma lâmpada de arco aberto pode-se obter um efeito semelhante, empregando um globo de matéria mais ou menos opaca.

A desvantagem inerente ao emprêgo de globos é a perda de luz, devida à absorção. A tabela seguinte indica a quantidade de luz absorvida por várias espécies de globos.

Espécie de globo	Perda de luz	Média mais comum
Globo de vidro claro	10 a 30 %	20 %
» » » fôsko	25 a 50 %	30 %
» opalino	40 a 70 %	50 %
» de vidro talhado (holofane)	5 a 20 %	10 %

O grande rendimento do globo holofane é devido a ser formado por uma grande quantidade de prismas de vidro, disposto de maneira que a luz é recebida da superfície interna do globo e é radiada para os lados e para baixo.

Lâmpadas de incandescência

Aquecimento dos condutores. — Quando uma corrente eléctrica dum bateria ou de qualquer outra fonte passa através dum condutor metálico, o efeito é raramente visível a olho nú e toda a aparência é que nenhuma acção se está dando no condutor. Se, porém, se colocar a mão em contacto com esse condutor, ver-se-á que alguma coisa se está passando no circuito pela produção de calor. Se o

condutor fôr de suficiente resistência e a bateria bastante forte, o calor produzido pela corrente pode-se tornar tão intenso que o fio se tornará rubro; em seguida tornar-se-á branco de calor e finalmente fundirá.

Incandescência. — Quando um corpo é aquecido até ao branco, isto é, quando se torna tão quente que brilha deslumbrantemente, diz-se que o corpo está incandescente.

Pouco tempo depois de se observarem as propriedades aquecedoras da corrente eléctrica, fizeram-se esforços para utilizar a incandescência eléctrica dum fio como fonte de iluminação, tendo-se experimentado vários aparelhos, ao princípio com maior ou menor sucesso.

A invenção de Edison. — Em 1879, Thomas A. Edison anunciou a sua invenção, hoje tão largamente conhecida, da lâmpada de incandescência, e pouco depois instalou o primeiro sistema de iluminação por incandescência a bordo do paquete *Columbia*.

Esta instalação era formada por 115 lâmpadas e pode ser considerada como o início das grandes indústrias, agora associadas com a iluminação eléctrica por incandescência. Bem que fôssem necessários muitos anos para desenvolver uma lâmpada completamente satisfatória, a lâmpada de incandescência actual é um aparelho eminentemente simples, formado por um condutor de grande resistência contido num globo de vidro, no qual se fez o vácuo.

As experiências primitivas de Edison envolviam o uso dum fio de platina, pois que êste metal possuía as necessárias características de grande resistência eléctrica e alto ponto de fusão; convenceu-se, porém, rapidamente que os condutores metálicos não serviriam para êsse fim, pois

que se tornavam rapidamente inúteis pela acção da corrente.

Começou então a procurar uma substância mais apropriada, tendo experimentado dentro de pouco tempo milhares de materiais diferentes que êle mandou vir de tôdas as partes do mundo. Nas suas experiências só encontrou um material completamente satisfatório e era êste o *carvão* que êle preparou com uma qualidade de bambú proveniente do Japão.

O filamento de carvão. — Edison cortou as fibras de bambú em fios muito finos e colocou-os então dentro dum forno muito fortemente aquecido até que se tornaram *carbonizados*, obtendo como resultado o chamado *filamento de carvão*.

O filamento de carvão possui as características de alta resistência e além disso durará um tempo bastante razoável, se fôr conservado fora do contacto do ar; doutra maneira queimar-se-á.

Para evitar que o condutor de carvão se destrufsse pela combustão, quando a corrente era enviada através dêle, Edison fêz o vácuo na ampola de vidro em que era colocado, retirando assim o oxigénio que era necessário para a combustão. Por êste meio e por um tratamento muito cuidadoso do filamento conseguiu produzir uma lâmpada que durava umas 600 horas, ardendo constantemente; isto foi nessa época de um resultado surpreendente, tanto mais se se considerar que as melhores lâmpadas de incandescência actuais não duram mais, em média, do que 800 horas.

Resulta do exposto acima que a parte mais importante da lâmpada era o filamento que, como já ficou dito, era feito por um fio de carvão que se obtinha submetendo fi-

bras vegetais ou outras substâncias à influência de um grande calor.

Qualquer que fôsse a substância original, o filamento era sempre um fio de carvão, sendo êste o único elemento contido na substância original que podia suportar a alta temperatura do processo de carbonisação.

Vantagens do filamento de carvão. — As grandes vantagens do filamento de carvão eram as seguintes:

1.^a O carvão é muitíssimo refractário e suporta uma alta temperatura antes de se desintegrar.

2.^a A resistência eléctrica do carvão é muito grande, comparada com a dos metais, sendo por esta razão possível obter um filamento de alta resistência com um pequeno comprimento, de modo que a lâmpada pode ser aplicada a um circuito de potencial relativamente elevado.

Filamentos doutros materiais. — Além do bambú empregaram-se muitos outros materiais para produzir os filamentos de carvão das lâmpadas de incandescência. Estas substâncias eram na maior parte as que se tornavam em carvão quási puro quando submetidas a um grande calor, como, por exemplo, papel, fio de sêda e de algodão, e a celulose que é agora quási exclusivamente empregada para estas lâmpadas.

Preparação do filamento. — Quando se emprega o bambú, o material é primeiramente cortado em fios muito finos que são em seguida alizados por meio de fieiras construídas especialmente, até que tenham atingido as dimensões necessárias. Êstes fios são então submetidos ao processo de carbonização.

Quando se emprega o algodão, o fio deve ser em pri-

meiro lugar cuidadosamente lavado das gorduras e sujidades, fervendo-o em soda ou amoníaco; é em seguida lavado em água e depois mergulhado em ácido sulfúrico. Depois é lavado de novo em água e secado com muito cuidado, ficando num estado que se chama *amiloide*.

Antes de se submeter êste fio amiloide ao processo de carbonização, é passado através duma série de fieiras, a fim de lhe darem uma secção uniforme.

Um outro método de produzir um fio amiloide é o seguinte:

Dissolve-se a celulose pura em cloreto de zinco e a massa assim obtida é forçada sob pressão através duma fieira de dimensão apropriada; o fio assim formado é então passado através dum vaso que contém alcohol, no qual é endurecido. Finalmente o fio é carbonizado, formando então um bom filamento.

Carbonização dos filamentos. — A carbonização dos filamentos é usualmente executada colocando os filamentos crus numa caixa apropriada de material refractário e aquecendo em seguida a uma alta temperatura num forno especialmente construído para êsse fim. A caixa que contém os filamentos é rodeada durante êste processo com grafite, para evitar o acesso do ar.

Depois da carbonização a estrutura física do filamento está inteiramente mudada; fica então muito dura e quebradiça ainda que bastante elástica e pronta para receber o processo conhecido pelo nome de *alimentação*.

Irregularidades do filamento de carvão. — Quando ao princípio se empregaram os filamentos de carvão nas lâmpadas de incandescência, via-se freqüentemente que nem sempre brilhavam com uniformidade quando a

corrente passava através dêles. Um exame atento e algumas experiências mostraram que isto era devido aos fios de carvão não terem uma secção absolutamente uniforme, ou ao carvão ter uma estrutura diferente nas suas várias partes, tendo portanto estas partes diferentes resistências.

Se um filamento desta espécie fôr elevado a uma tal temperatura, que tôdas as suas partes se tornem incandescentes, é perigoso elevar as porções de alta resistência a um tal grau, pois que se desintegrarão e o filamento será destruído.

A alimentação. — Êste inconveniente foi vencido por meio de um processo engenhoso chamado *alimentação* ao qual todos os filamentos modernos de carvão são submetidos. O processo de alimentação consiste em reduzir a resistência das porções do filamento que têm uma resistência demasiadamente grande, fazendo com que algum carvão se deposite sôbre elas, aumentando assim a secção nesses pontos.

Para produzir êste resultado, o filamento carbonizado é colocado numa câmara apropriada, da qual se retirou o ar e se substituiu por vapor de gazolina. Envia-se então uma corrente eléctrica gradual através do filamento, o qual se torna rubro. O vapor de gazolina é decomposto quando está submetido ao calor do filamento e o carvão contido no vapor é libertado e é depositado na superfície aquecida. O vapor é assim primeiramente decomposto perto dos pontos do filamento que, devido à excessiva resistência, começam a brilhar em primeiro lugar à medida que a intensidade da corrente aumenta, e imediatamente as porções fracas recebem sôbre a sua superfície um depósito de carvão, reforçando a sua secção e reduzindo a sua resistência eléctrica

Uniformidade eléctrica. — Esta acção continua automaticamente até que o filamento obtenha uma resistência eléctrica absolutamente uniforme em todo o seu comprimento e bem que mesmo então não seja uniforme mecânica é uniforme etéctricamente, tendo muito

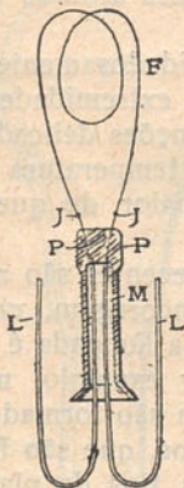


Fig. 47 — Montante e filamento da lâmpada

melhor rendimento do que antes. Êste processo é muito rápido, bastando alguns segundos para produzir um carvão que dê um brilho uniforme.

O processo de alimentação tem a vantagem adicional de endurecer a superfície do filamento e de o tornar mais apto como substância iluminadora.

Montagem do filamento. — Com o fim de supor-

tar o filamento *F*, emprega-se um montante de vidro *M*, contido na base de tôdas as lâmpadas (vêr fig. 47).

Os fios de ligação para o exterior *LL* são de cobre e têm usualmente um diâmetro de $0,4^{\text{mm}}$; a êstes fios estão soldadas duas pequenas peças de platina *PP* que passam através do montante de vidro *M*. O vidro está fundido à roda dos fios de platina, de modo que umas pequenas projecções dêstes últimos vão desde o vidro até à junção *JJ*.

O vidro é então cuidadosamente requentado e o filamento é cimentado nas extremidades dos fios de platina. Para evitar que estas junções delicadas *JJ* do carvão com a platina atinjam uma temperatura muito elevada, a sua secção é feita muito maior do que a do filamento propriamente dito.

As lâmpadas mais recentes são muitas vezes providas dum fio adicional de ancoragem, com o fim de suportar o filamento quando a lâmpada é submetida a choques e vibrações, como, por exemplo, nos carros eléctricos. Êstes fios de ancoragem são formados por fios de cobre, comparativamente grossos, que são fundidos no montante de vidro entre os dois fios de platina e é cortado com um comprimento apropriado, sendo cimentado à curva do filamento.

Fios de platina. — A platina que tem um valor comercial superior ao ouro puro é empregada para os fios *PP* (fig. 47), pois é o único metal conhecido que, quando submetido ao calor, se expande e contrai na mesma proporção que o vidro. Quando, portanto, o vidro fôr fundido à roda do fio de platina, o vidro e a platina expandem-se e contraem-se juntamente, à medida que a massa é aquecida ou arrefecida. Quando se emprega

qualquer outro metal, além da platina, há uma tendência contínua para se abrir uma passagem pela qual o ar entraria na câmara da lâmpada e o filamento seria assim consumido.

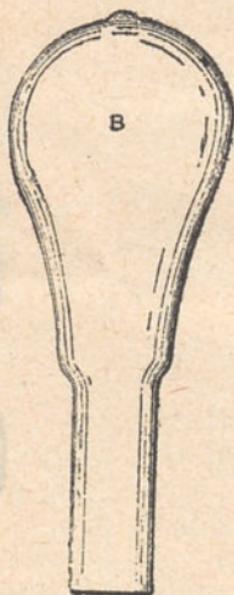


Fig. 48 — Ampola saída do molde

Filamento da lâmpada. — Uma vez montado o filamento no seu suporte, é introduzido no glôbo de vidro e é selado a este último. Esta operação é feita fundindo o suporte de vidro na parte inferior do glôbo. Nas figuras 48 a 53 vão representadas as diferentes fases da fabricação duma lâmpada.

O globo de vidro *B*, fig. 48, é feito duma qualidade especial de vidro muito brando, sendo soprado num molde

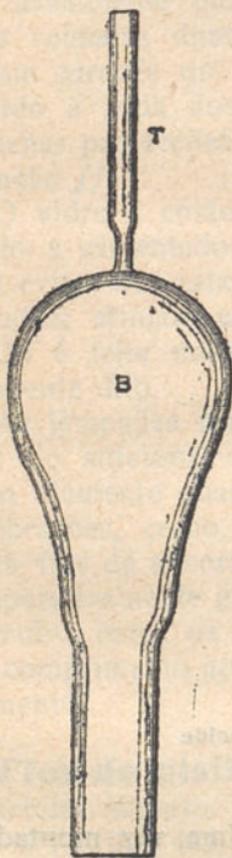


Fig. 49 — Ampola com tubo

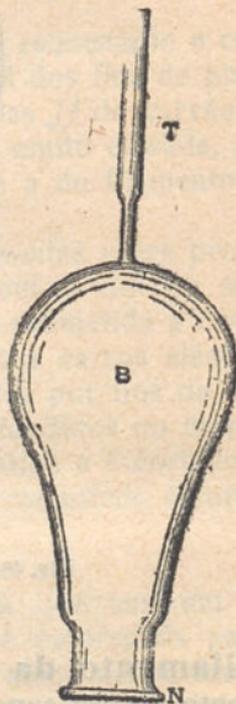


Fig. 50 — Ampo a com gargalo

que lhe assegura a uniformidade absoluta necessária para as subseqüentes operações de ajustar e montar a base.

Depois de terem sido inspeccionados, para vêr se têm algumas imperfeições, os globos perfeitos são passados para o

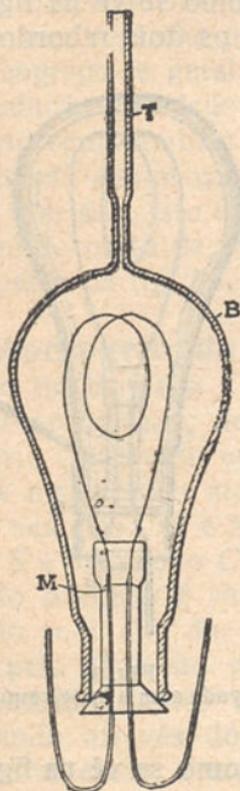


Fig. 51

Montante introduzido na ampola

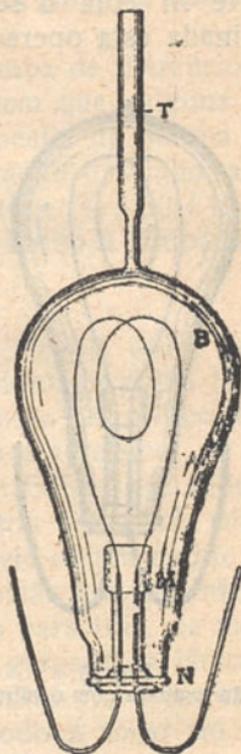


Fig. 52

Ampola com o montante selado

soprador de vidro que lhes cola um pequeno tubo de vidro *T*, representado na fig, 49. Esta operação de colar o tubo no tampo é muito delicada, devido ao cuidado necessário que se deve ter para evitar que a ampola se entorte. Depois

desta operação a parte inferior da ampola é cortada, deixando um pequeno comprimento ligeiramente rebordado que forma o gargalo *N*, fig. 50, no qual se introduz o suporte *M* com o seu filamento, como se vê na fig. 51. Terminada esta operação, fundem-se os dois rebordos um

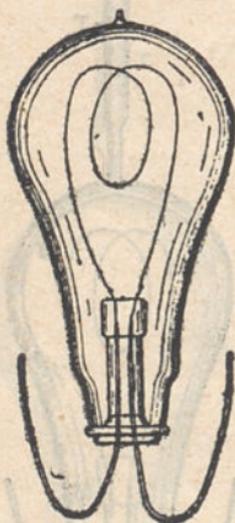


Fig. 53
Lâmpada exausta com o tubo cortado

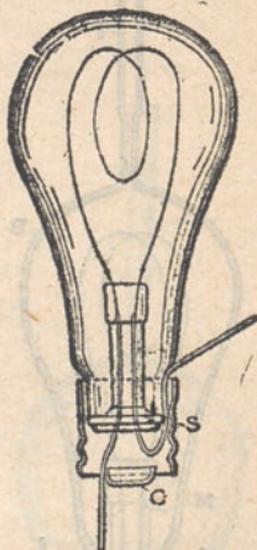


Fig. 54
Lâmpada com a base reunida

contra o outro em *N* e a lâmpada, como se vê na fig. 52, está pronta para se fazer nela o vácuo.

Formação do vácuo. — Faz-se o vácuo na ampola ligando o tubo *T* a uma bomba pneumática. Esta operação é uma das mais importantes das lâmpadas de incandescência, devendo ser feita com muito cuidado e bom rendimento, pois qualquer quantidade de ar que ficasse na

ampola causaria a destruição rápida do filamento da lâmpada, assim que fôsse posta em uso.

O vácuo é usualmente levado até que a lâmpada contenha simplesmente uma milionéssima parte da quantidade de ar que continha primitivamente.

Emprega-se geralmente uma bomba de mercúrio para a produção do vácuo na lâmpada, bem que nalguns casos se empregue também uma forma especial de bomba de ar mecânica. Assim que se obteve o vácuo desejado, a lâmpada é selada, isto é, o tubo *T* das figs. 50 a 52 é fechado e fundido perto da ampola, ficando então a lâmpada com o aspecto da fig. 53.

Montagem da lâmpada. — Depois de se fazer o vácuo na lâmpada e de a selar, é montada numa base de metal apropriada, de modo que possa ser aplicada num suporte construído especialmente para a receber.

A maneira de montar uma base Edison vai representada nas figs. 54 e 55. A base Edison é formada por um anel *S* e pelo copo *C*, fig 54. Por meio de um molde apropriado o corpo é suportado na posição conveniente dentro do anel. Um dos fios é dobrado para trás, de modo a sair pelo tampo do anel quando o gargalo da lâmpada é introduzido dentro do molde; o outro fio é endireitado passando através do molde, de modo a tocar no copo. Enche-se então o molde com gesso, suportando-se a ampola em posição até que o gesso tenha secado, o que leva sómente alguns minutos. Abre-se então o molde e retira-se o gesso supérfluo que adere à ampola. Resta só em seguida cortar os fios que crescem e soldá-los ao anel e ao copo respectivamente, ficando a lâmpada completa no que respeita à sua construção mecânica; a sua aparência vai representada na fig. 56.

Bases de lâmpada. — Tôdas as bases de lâmpada são dispostas de modo que duas partes metálicas, bem isoladas uma da outra, estejam ligadas às extremidades dos fios que conduzem ao interior da lâmpada.

Êste método é adoptado para que o filamento possa

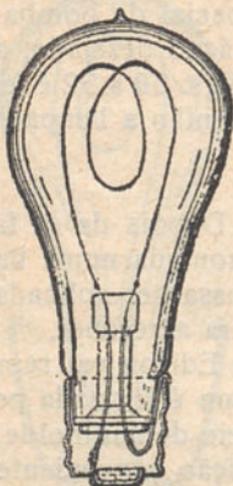


Fig. 55

Lâmpada com a base posta
e os fios ligados

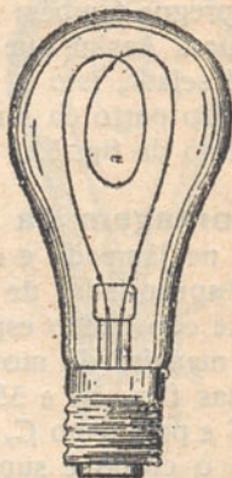


Fig. 56

Lâmpada acabada

ser ligado directamente ao circuito de alimentação, colocando simplesmente a base no suporte feito para a receber.

A fig. 57 representa uma vista externa da base Edison, descrita precedentemente. O anel desta base forma um fio de parafuso tôsco construído para se aparafusar num suporte.

Suportes de lâmpadas. — O suporte Edison, representado na fig. 58, com o seu envólucro retirado, é formado por um anel de rôca S' , no qual se aparafusa a carcaça S da base, e por um contacto C' que descança sôbre o copo C no fundo da base. A chave K serve para estabelecer ou cortar a corrente, estabelecendo ou suprimindo o contacto entre C e C' .

Ligação das lâmpadas de incandescência. — Bem que as lâmpadas de incandescência possam ser oca-



Fig. 57 — Base Edison

sionalmente ligadas em série, a maior parte das instalações de lâmpadas desta espécie são ligadas em paralelo. A fig. 59 representa duma forma diagramática da ligação em série e a fig. 60 representa a ligação usual em paralelo ou múltiplo.

Lâmpadas de alta tensão. — As lâmpadas de incandescência de carvão foram geralmente construídas ao princípio para tensões de 55 a 110 vóltios e só mais tarde entraram em uso as lâmpadas para 220 vóltios. Era difícil construir as lâmpadas para 220 vóltios que tivessem uma longa duração e por isso levaram algum tempo a se-

rem adoptadas geralmente. A pouca duração das lâmpadas de alta tensão era devida ao facto de que uma lâmpada, para não consumir mais energia a 220 vóltios do que a

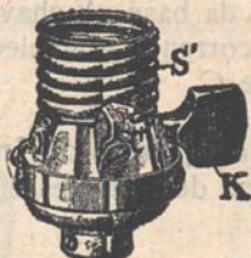


Fig. 58 — Suporte Edison

110, devia ser construída de modo a tomar só metade da corrente. Isto necessitava um filamento só de metade da secção e de duas vezes o comprimento do duma lâmpada

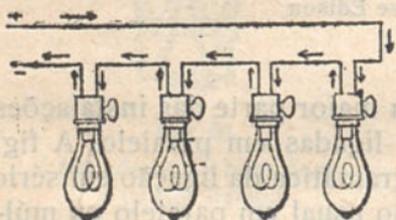


Fig. 59

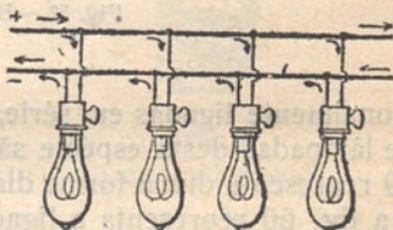


Fig. 60

Sistema incandescente em série Sistema incandescente em paralelo

de 110 vóltios. Era êste requisito que constituia a dificuldade de construir uma lâmpada satisfatória para 220 vóltios, pois que o filamento longo e fino tinha pouca resistência mecânica e portanto quebrava-se facilmente.

Calibragem e consumo de energia da lâmpada de incandescência. — As lâmpadas de incandescência são calibradas pela potência em velas da luz que emitem na direcção horisontal, sendo os tamanhos mais usuais de 8, 16 e 32 velas. A lâmpada usual de 16 velas, 110 vóltios, consome cêrca de meio ampério, consumindo portanto uma energia total de $110 \times 0,5 = 55$ wátios para 16 velas ou $\frac{55}{16} = 3,5$ wátios por vela. Têm-se cons-

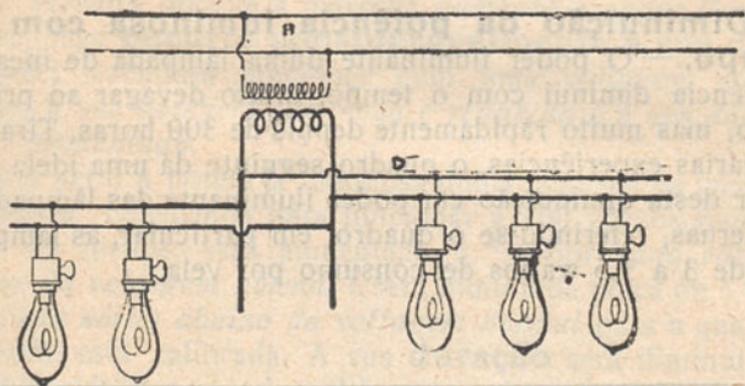


Fig. 61 — Iluminação por incandescência com corrente alternativa
 Legenda — D, circuito de baixa voltagem. — H, circuito de distribuição com corrente alternativa de alta tensão. — T, transformador

truido lâmpadas de filamento de carvão, consumindo menos energia por vela, mas a economia de energia só pode ser obtida por um sacrifício na duração da lâmpada, a qual diminui rapidamente com a diminuição de consumo de energia, como se pode vêr pelo quadro seguinte, tomado da prática:

Consumo de energia em wátios por vela	Duração da lâmpada em horas
4	1.500
3,5	1.000
8	600
2,5	350

Diminuição da potência luminosa com o tempo. — O poder iluminante duma lâmpada de incandescência diminui com o tempo, muito devagar ao princípio, mas muito rapidamente depois de 300 horas. Tirado de várias experiências, o quadro seguinte dá uma ideia do valor desta diminuição em poder iluminante das lâmpadas modernas, referindo-se o quadro, em particular, às lâmpadas de 3 a 3,5 wátios de consumo por vela.

Duração da lâmpada em horas	Porcentagem sobre a normal da potência luminosa
0	100 0/0
300	95 0/0
400	85 0/0
500	80 0/0
600	75 0/0
800	70 0/0
1.000	67 0/0

Por êste quadro vê-se que uma lâmpada de 16 velas, depois de 400 horas de uso, dará só 85 % de 16 velas ou $0,85 \times 16 = 13,6$ velas; depois de 600 horas dará $0,75 \times 16 = 12$ velas e se se deixar ainda, no fim de 1000 horas terá uma potência luminosa só de $0,67 \times 16 = 10,7$.

Influência da voltagem sôbre a potência luminosa e duração das lâmpadas de incandescência. — Todos os construtores marcam as suas lâmpadas com a voltagem com a qual dão a potência luminosa normal. Fazer funcionar as lâmpadas com uma voltagem *mais elevada* do que a marcada *aumenta o poder iluminante*, mas **encurta consideravelmente a sua duração**; fazendo-a funcionar com uma voltagem *mais baixa*, a sua *potência luminosa é reduzida* e a sua *duração é aumentada*.

Em geral a potência luminosa duma lâmpada de incandescência, construída para funcionar a 100 vóltios pouco mais ou menos, será aumentada 5 % por *cada vóltio acima da voltagem normal* e será diminuída cêrca de 5 % *por cada vóltio abaixo da voltagem normal* para a qual a lâmpada está calibrada. A sua **duração** será diminuída cêrca de 10 % por cada vóltio acima do normal e aumentada cêrca de 25 % por cada vóltio abaixo da sua voltagem normal. Assim, se uma lâmpada que está marcada para 16 velas, 105 vóltios e garantida para 800 horas de duração, trabalhar a 110 vóltios ou seja 5 vóltios acima do normal, a sua potência luminosa com essa voltagem será cêrca de $5 \times 5 = 25$ % acima do normal ou seja $1,25 \times 16 = 20$ velas. A duração da mesma lâmpada será encurtada cêrca de $5 \times 10 = 50$ %, isto é, arderá sòmente metade do tempo garantido ou seja 400 horas.

Por outro lado, se a mesma lâmpada funcionar só a

100 vóltios ou seja 5 vóltios abaixo do normal, a sua potência luminosa será cêrca de $5 \times 5 = 25\%$ abaixo do normal, isto é, $100 - 25 = 75\%$ da potência normal ou seja $0,75 \times 16 = 12$ velas; a sua duração será aumentada $5 \times 25 = 125\%$, isto é, será aumentada 1,25 vez a sua duração normal, quer dizer, durará $2 \frac{1}{4}$ vezes o tempo garantido que é $2,25 \times 800 = 1.800$ horas.

Lâmpadas de filamento metálico

Em 1905 apareceu uma lâmpada muito semelhante à antiga lâmpada de filamento de carvão. Esta nova lâmpada tinha um filamento metálico, e a sua resistência aumentava com a temperatura, propriedade comum à maior parte dos metais. O filamento desta lâmpada era obtido por um processo semelhante ao do tratamento da celulose. A luz emitida por esta lâmpada era muito mais constante do que a da lâmpada de carvão, pelo facto da resistência subir com a temperatura, o que tem um efeito regulador.

O rendimento era de 2,5 wátios por vela, o que representava 0,5 wátio menos do que a lâmpada de carvão. O sucesso desta lâmpada levou a estudar o seu aperfeiçoamento.

Apareceram então as lâmpadas de ósmio, mas a raridade dêste metal impedia a sua fabricação em larga escala. Êste elemento apresenta qualidades muito interessantes para o fabrico de filamentos para lâmpadas, e é o metal

de maior densidade conhecida, 22,5. É muito duro e tem o seu ponto de fusão a 2.700° .

Experimentou-se em seguida outro metal, o tântalo. Êste metal encontra-se espalhado por todo o mundo. Tem um alto ponto de fusão e um elevado ponto de vaporização, o que o tornou próprio para a preparação dos filamentos.

Para obter o metal puro, como é necessário no fabrico das lâmpadas, tem de se fazer uma metalurgia longa e dispendiosa. Obtido o metal puro, reduz-se a filamentos muito finos. Como o tântalo tem fraca resistência óhmica, é necessário usar um filamento comprido, que se enrola à maneira dos filamentos de tungsténio das lâmpadas actuais. O grande inconveniente das lâmpadas de tântalo era que, usadas com corrente alternativa, eram rapidamente destruídas pelas inversões da corrente. Por êste motivo, não se fabricam hoje lâmpadas de tântalo. O seu rendimento era de 2 wátios por vela.

Em 1907, inventou-se uma lâmpada notavelmente superior às até então fabricadas.

O filamento desta lâmpada era de tungsténio puro. O tungsténio é um metal muito dúctil, e não é um metal raro, empregando-se em ligas com o ferro, nas chapas de blindagens e nos aços para ferramentas. Existe na natureza em dois minérios, a *Scheelite* e o *Wolfrâmio*. Descoberto em 1781 por d'Elhujar, químico sueco, o seu nome significa *pedra pesada*. A sua densidade é de 18,7 e o seu ponto de fusão é de 3.200° .

Contudo, da lâmpada de 1907 até à lâmpada actual de tungsténio, vai uma grande diferença. Como a extracção do metal é bastante difficil, é necessário reduzir todos os metais existentes no minério aos seus óxidos.

As primeiras lâmpadas de tungsténio continham um

filamento muito quebradiço, por ser constituído pelo óxido do metal comprimido.

As lâmpadas eram cuidadosamente empacotadas, e não havia a certeza de se não quebrar o filamento durante o transporte. Em 1911, conseguiu-se obter o fio de tungsténio metálico, dando um filamento sólido, e foi então que a lâmpada começou a vulgarizar-se. Aperfeiçoaram-se também os processos de vácuo e a construção mecânica do globo, de modo que o rendimento actual destas lâmpadas é de 1,1 wátio por vela.

O tempo de duração útil da lâmpada é aquele em que a lâmpada dá pelo menos 80 % da sua luz inicial. Em 1912, estudou-se o modo de prolongar a duração do brilho inicial da lâmpada, verificando-se que o enegrecimento do globo era devido à volatilização do filamento aquecido a altas temperaturas.

Pensou-se então em introduzir no globo vários corpos capazes de retardarem a volatilização, sendo transparente o pequeno depósito formado. Este melhoramento levou o rendimento a 1 wátio por vela, valor muito diferente do das lâmpadas de filamento de carvão.

A-pesar-de se ter conseguido remover os inconvenientes da volatilização, continuou a procurar-se o modo de a impedir por completo.

Tôdas as substâncias sólidas ou líquidas volatilizam-se ou evaporam-se mais rapidamente com uma pressão reduzida do que sob pressão. Por êsse motivo, lembrou, em vez de procurar fazer um vácuo perfeito no interior do globo, substituir o ar por um gás à pressão atmosférica. O gás usado não deve reagir quimicamente com o filamento metálico, tendo-se escolhido o azote, por ser um gás inerte.

Pelo emprêgo dum gás, a volatilização foi praticamente

eliminada e as poucas partículas que se destacam são arrastadas pelas correntes de convecção para a parte superior da lâmpada, onde não interferem com a maioria dos raios luminosos da lâmpada.

Como o azote é condutor do calor, não se pode usar o fio com muitas ondulações, como nas primeiras lâmpadas de tungsténio, visto que dêste modo haveria uma excessiva perda de calor que abaixaria o rendimento. Passou-se a enrolar o fio em hélice, diminuindo-se muito a superfície exposta ao gás.

Técnicamente, a superfície de aquecimento não foi dividida, mas o filamento foi condensado e só uma pequena porção do gás se aquece. Estes filamentos em espiral são feitos pelo enrolamento do fio de tungsténio num mandril de latão, que se dissolve com uma solução fraca de ácido azótico.

As lâmpadas de atmosfera gasosa são construídas desde 75 até 1000 wátios por lâmpada, e só recentemente é que apareceu uma lâmpada de 50 wátios de atmosfera gasosa.

O globo desta lâmpada é de vidro branco translúcido, evitando-se a sensação de encandeamento da vista.

As lâmpadas incandescentes substituíram os antigos arcs voltaicos, e são usadas já nas lanternas cinematográficas. As lâmpadas de projecção variam de 250 a 1.000 wátios.

Há-as de 30, 110, 115, 120 e 220 vóltios. O filamento duma lâmpada de projecção deve ser concentrado o mais possível, para a fonte luminosa ser próximamente punctiforme e os raios de luz poderem ser focados.

As lâmpadas dêste tipo têm uma duração de cerca de 1000 horas, mas muitas vezes obtem-se uma duração de mais do dôbro.

Também têm aparecido no mercado lâmpadas com globos de vidro especial azul. A razão d'êste globo de côr é filtrar as radiações amarelas e vermelhas, deixando passar as radiações violetas e ultra-azues. Obtém-se assim uma

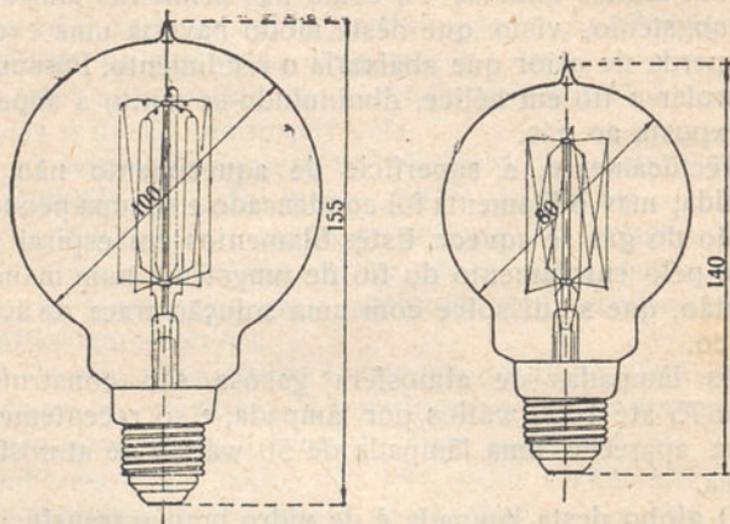


Fig. 62—Lâmpadas de filamento metálico em forma de esfera de 25 velas, 110 vóltios

luz com propriedades semelhantes às da luz solar. Estas lâmpadas são muito usadas na iluminação de armazéns, onde se exige uma iluminação muito perfeita. Por êste motivo, convém esta lâmpada nos trabalhos de fotografia, tendo um grande poder actínico.

A telegrafia

Princípios da telegrafia

Invenção do telégrafo eléctrico. — O telégrafo eléctrico é um aparelho para transmitir comunicados a distância por meio da electricidade. A sua invenção, tal qual é empregada hoje, é devida a Samuel Finley Breese Morse. Antes da invenção de Morse, tinham-se experimentado vários meios de comunicar a distâncias consideráveis e nalguns a electricidade desempenhava um papel importante, mas o método essencial do telégrafo actual, o electro-magnete, não foi aplicado com successo antes da invenção de Morse em 1837.

A designação *telégrafo* é derivada das palavras gregas *tele* (distância) e *graphein* (escrever), significando portanto literalmente *escrever a distância*.

Princípio do sistema de Morse. — O sistema de telegrafia Morse comprehende quatro elementos ligados em série: 1) uma *bateria* ou outra fonte de corrente eléc-

trica : 2) uma *chave* por meio da qual se pode estabelecer e interromper o circuito, de modo a produzir *sinais* ; 3) uma *linha* de fio que vai do lugar onde os sinais são produzidos ao ponto aonde os sinais são recebidos ; 4) um *vibrador* eléctrico-magnético por meio do qual os sinais recebidos podem ser ouvidos, ou um *registador* eléctrico-magnético por meio do qual podem ser escritos.

A bateria ordinariamente usada na telegrafia é a bateria formada por pilhas de dois líquidos, mas nas grandes

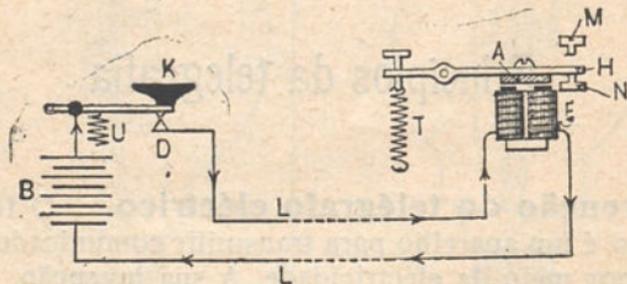


Fig. 63 — Circuito simples de Morse

estações telegráficas as baterias galvânicas foram substituídas por pequenos dínamos.

O princípio do sistema Morse, na sua forma mais simples, vai representado na fig. 63. *E* representa um eléctrico-magnete, tendo colocado perto dos seus pólos uma armadura de ferro *A*. Esta armadura está montada sobre um rôdo de latão ou alavanca *H*, articulada de modo a jogar entre os dois encôstos *M* e *N*. Uma mola *T*, ligada ao rôdo *H*, comprime êste contra o encôsto superior *M*, conservando assim a armadura distante do magnete quando não passa corrente alguma através de *E*. Êste aparelho

chama-se um vibrador e está colocado numa das extremidades da linha $L L$, ao longo da qual é enviado o comunicado, constituindo a *estação receptora*. Na outra extremidade da linha, que se chama a *estação transmissora*, está a bateria B , ligada em série com a linha, assim como um interruptor ou *chave* K que está normalmente afastada da peça de contacto D por meio da mola U . Fazendo contacto em D , carregando com o dedo sôbre K , fecha-se o circuito eléctrico e faz-se com que a corrente da bateria atravesse todo o circuito, como mostram as setas. O eléctrico-magnete E é excitado e como a mola T está regulada de modo a exercer uma tensão mais fraca do que a do eléctrico-magnete, a sua armadura A é atraída. O rôdo de latão H bate então contra o encôsto N , dando um som particular. Se se retirar em seguida o dedo da chave K , a mola U abre imediatamente o circuito, desmagnetizando assim o eléctrico-magnete e fazendo com que o rôdo H volte para o encôsto M , produzindo um novo estalido.

Método de comunicação. — Se se comprimir a chave K só por um instante, o movimento para baixo da alavanca H será imediatamente seguido dum movimento para cima, ouvindo-se uma sucessão rápida de dois estalidos. Se a chave fôr comprimida e suportada em baixo durante mais tempo e depois solta, os dois estalidos serão separados por um maior intervalo de tempo. Os sons produzidos desta maneira, os quais são chamados *pontos* e *traços*, são combinados de modo a formar sinais inteligíveis por meio de códigos telegráficos, representando os pontos e os traços, ou a combinação dêles, letras do alfabeto, algarismos, pontuação, marcas, etc.

O alfabeto Morse. — Algumas das letras do alfa-

beto Morse são compostas por pontos, outras por traços, algumas por pontos e traços e outras ainda por pontos entremeados de espaços. Estas últimas chamam-se letras espaçadas.

Tomando-se como unidade o tempo de fazer um ponto, a duração dum traço é igual a 3 pontos. Os pontos e os traços são separados por intervalos de tempo. O espaço entre os elementos duma letra é igual a um ponto; o espaço entre as letras duma palavra é igual a 3 pontos; o espaço entre palavras é igual a 6 pontos; o intervalo das letras espaçadas é igual a 3 pontos.

O alfabeto Continental. — O código empregado na Europa é conhecido pelo nome de código continental. O seu alfabeto difere pouco do Morse, sendo a sua característica principal a ausência de letras espaçadas. Os símbolos para as letras A, B, D, E, G, H, J, K, M, N, S, T, U, V, W são idênticos nos dois códigos.

Símbolos dos alfabetos Morse e Continental. — Os símbolos das várias letras do alfabeto dos códigos Morse e Continental são os seguintes :

<i>Letras</i>	<i>Morse</i>	<i>Continental</i>
A	. —	. —
B	— . . .	— . . .
C	. . .	— . — .
D	— . .	— . .
E	.	.
F	. — .	. . — .
G	— — .	— — .

H	.... .	.... .
I	..	..
J	— . — .	. — — — —
K	— . —	— . —
L	— — —	. — . .
M	— —	— —
N	— .	— .
O	. .	— — — —
P	. . . .	. — — .
Q	. . — .	— — — —
R	. . .	. — .
S	. . .	. . .
T	—	—
U	. . —	. . —
V	. . . —	. . . —
W	. — —	. — — —
X	. — . .	— . . —
Y	. . .	— . — —
Z	. . . .	— — . .
&

**Algarismos, pontuação, marcas e abrevia-
turas.** — Os algarismos e a pontuação nos códigos Morse e Continental são expressos por pontos e traços, da mesma maneira que as letras, mas em combinações tais que não podem ser facilmente confundidos com os símbolos destas últimas. O símbolo da cifra no código Morse é formado por um traço de comprimento duplo.

<i>Número</i>	<i>Morse</i>	<i>Continental</i>
1	. — — .	. — — — —
2	. . — — — —

3 — — —
4 — —
5	— — —	.....
6	.....	.....
7	— — . .	— — . . .
8	—	— — — . .
9	— . . —	— — — — .
0	— — —	— — — — —

Além dos símbolos Morse e Continental há outros códigos com caracteres de imprensa e abreviaturas muito usadas no comércio.

A volta pela terra. — Na fig. 63 a estação receptora está ligada com a estação transmissora por meio de dois fios, a-fim-de tornar mais claro o princípio de funcionamento. Na prática, há só um único fio entre os dois pontos que desejam comunicar entre si. O outro fio é substituído pela terra, como se vê diagramaticamente na fig. 64.

Um circuito que empregue a terra como fio de volta chama-se um *circuito de volta pela terra* e deve-se notar particularmente que quer a linha L tenha um ou 1000 quilômetros de comprimento, se ambas as extremidades forem convenientemente ligadas à terra em G_1 e G_2 respectivamente, assim que se carregar na chave K a corrente passará imediatamente da bateria B na estação 1 para o receptor R na estação 2 e de volta através da terra para a estação 1, como mostram as setas. Vê-se, assim, que a terra, tal qual se usa nas linhas telegráficas não é nada mais do que um vasto fio de volta, executando fielmente o seu trabalho para milhões de linhas telegráficas, grandes e pequenas, espalhadas pela superfície da terra e debaixo dos

mares, sem interferência alguma da sua parte entre as diferentes linhas metálicas principais.

O emprêgo da terra economiza naturalmente uma grande quantidade de fio e o custo de estabelecimento e conservação. Em adição a esta vantagem há também a considerar a redução da resistência eléctrica, pois que a resistência da volta pela terra é praticamente nula se as ligações à terra fôrem bem feitas.

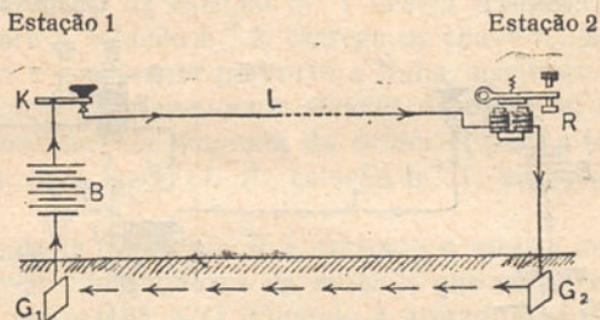


Fig. 64 — Circuito de volta pela terra

O método de fazer as ligações à terra é de enterrar uma placa de metal no chão em cada extremidade da linha e ligá-las a esta última. Esta placa de metal deve ser de preferência enterrada num solo permanentemente úmido.

Em vez de empregar estas placas de metal, as ligações à terra são muitas vezes feitas ligando os extremos dos fios a uma canalização de gaz ou de água, confiando nelas para um bom contacto com a terra.

O relais. — Voltando agora para o circuito telegrá-

fico e para os aparelhos necessários, é conveniente familiarizar o leitor com um dos auxiliares mais importantes da linha telegráfica. Êste auxiliar é o *relais*, o qual desempenha na linha telegráfica o mesmo que as mudas de cavalos desempenhavam nos tempos passados nas malas-postas, isto é, tomam o comunicado que vem pelo fio da linha duma maneira muito fraca para poder ir muito mais

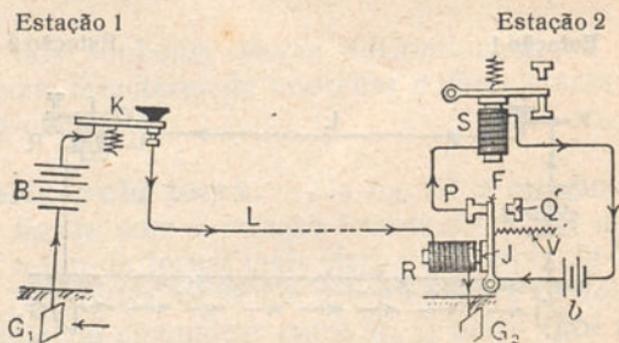


Fig. 65—Circuito do relais

longe ou para se fazer ouvir e reforçá-lo, repetindo-o num segundo instrumento que é accionado pela potência duma bateria auxiliar introduzida no circuito local em que o comunicado é recebido.

O circuito do relais. — A fig. 65 representa duas estações. Na estação transmissora 1 está instalada a bateria *B* e a chave *K*, ao passo que na estação receptora 2, além do vibrador *S*, que é o mesmo que o electro-magnete *E*, representado na fig. 63, vê-se o segundo electro-magnete *R*, uma pequena bateria *b* e uma armadura *J* que é

accionada pelo electro-magnete R e está disposta de maneira que, pela sua atracção, o circuito que contém o electro-magnete S seja fechado por meio da sua alavanca F e do contacto P .

O pequeno circuito chama-se *circuito local* e a sua utilidade tornar-se-á aparente se seguirmos um comunicado ao longo da linha.

Funcionamento do circuito do relays.— Quando o empregado da estação n.º 1 deseja enviar um comunicado para a estação n.º 2, carrega na chave K . Isto fecha o circuito e a corrente percorre a linha, partindo da bateria B e indo sucessivamente através da chave K da linha L e das bobinas do magnete do *relais* R para a terra G_2 ; daí volta pela terra G_1 da estação n.º 1, como mostram as setas.

O magnete do *relais* R é excitado e atrai a sua armadura J , vencendo a fôrça da mola V que conserva a alavanca F encostada a Q . Quando a armadura J é atraída, o circuito do *relais* fecha-se no contacto P e o vibrador S excita-se por sua vez pela bateria local b , de modo que a sua armadura é fortemente atraída, emitindo um forte estalido.

A vantagem desta disposição é que mesmo que a corrente que chega a R seja muito fraca para o accionar como vibrador, dando um forte estalido, terá contudo sufficiente fôrça para fechar o circuito local, que repete assim o comunicado no seu próprio electro-magnete com a fôrça que se desejar, pois que se pode pôr em acção uma forte bateria pelo fechamento do *relais*.

Equipamento da estação.— Como cada estação dum sistema telegráfico deve estar disposta para

poder enviar e receber comunicados, o equipamento duma estação telegráfica deve compreender os seguintes instrumentos:

1.º Uma chave K para abrir e fechar o circuito da linha.

2.º Um relays R para receber o comunicado e repetí-lo, actuando o circuito local.

3.º Um vibrador S para transformar os comunicados recebidos pelos *relais* em sinais audíveis.

4.º Uma bateria principal B para alimentar o circuito da linha.

5.º Uma bateria local b para alimentar o circuito do relays.

Na fig. 65 mostrámos um circuito incompleto, pelo qual um comunicado só podia ser enviado por uma estação e recebido pela outra. A fig. 66 representa um circuito completo entre duas estações, contendo cada uma todos os aparelhos enumerados acima.

Vêr-se-á que as chaves na fig. 66 estão dispostas de modo que quando não estão em uso se estabelece um circuito através do magnete do *relais* para a terra por um segundo contacto no outro lado da articulação. Se não existisse êste circuito, seria impossível enviar um comunicado com a chave distante, pois que o circuito principal não poderia então ser fechado só pela chave transmissora e nenhuma corrente passaria. Colocando o contacto receptor no lado oposto da articulação do contacto transmissor, o primeiro abre-se automaticamente quando se fecha o segundo e vice-versa, de modo que a corrente de qualquer das baterias principais não pode passar para a terra através do *relais* na sua própria estação, nem através da bateria principal da outra estação.

Sistema telegráfico por circuito fechado. —

A disposição apresentada na fig. 66 representa um sistema de circuito aberto, estando o circuito da bateria aberto quando a linha não está em uso, e fechado só quando os sinais estão sendo transmitidos. As vantagens da disposição de circuito aberto são que a bateria principal não necessita fornecer a corrente para a linha quando esta não está em uso e que a resistência do *relais* da estação trans-

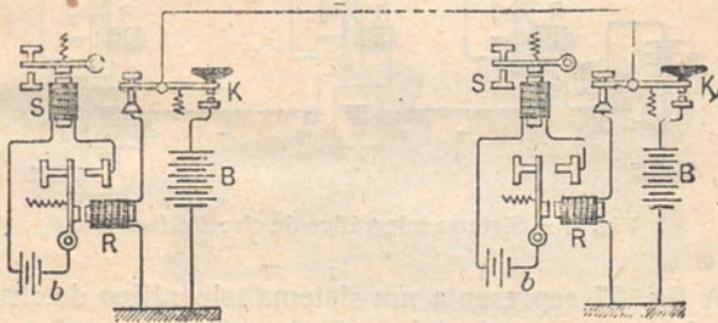


Fig. 66 — Circuito completo entre duas estações

missora não está em circuito, quando a corrente está passando, pois o fechamento da chave suprime o *relais* na sua própria estação. Visto que no sistema de circuito aberto tôdas as baterias principais estão desligadas da linha quando em repouso, é necessário uma bateria de linha em cada estação, incluindo as intermediárias. O sistema de circuito aberto é muito usado na Europa, mas na América emprega-se o sistema de circuito fechado no qual a corrente da linha está normalmente fechada, sendo o comunicado enviado abrindo o circuito. Como a linha, num sistema de circuito fechado, tem sempre corrente cir-

culando, as baterias principais só são necessárias nas estações terminus, não necessitando as estações intermediárias nenhuma fonte de corrente, excepto pequenas baterias locais para fazer funcionar os vibradores.

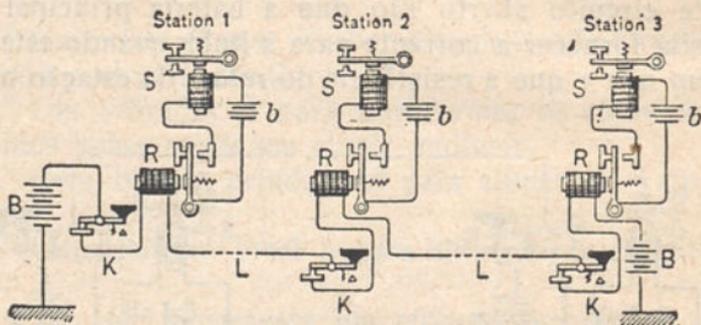


Fig. 67 — Sistema telegráfico de circuito fechado

A fig. 67 representa um sistema telegráfico de circuito fechado composto de três estações. Os *relais* neste caso estão atraídos quando em repouso e soltam-se quando recebem um sinal. O contacto para fechar o circuito local está portanto colocado no lado oposto da alavanca dum *relais* de circuito aberto.

Instrumentos telegráficos

Chave telegráfica. — A fig. 68 representa uma chave telegráfica moderna como é usada nos Estados Unidos. A alavanca *A* da chave está articulada nos seus mu-

nhões por parafusos de pressão *D* e *E*, suportados pelas orelhas *LL*, salientes da base *B*, em forma oval. Em *P*, na sua parte inferior, a alavanca está provida dum ponta de platina, chamada *martelo*. Directamente oposto ao martelo *P* está montada sôbre a base, mas isolada dêle por uma rodela de ebonite, a peça *C* em forma de cone, chamada a *bigorna*, a qual tem também uma ponta de platina.

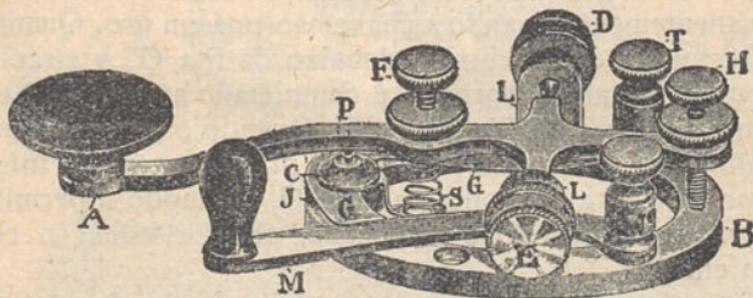


Fig. 68 — Chave telegráfica

Uma fita curva de latão ou *mallechort* *G*, separada da base por uma rodela de ebonite *J*, liga a bigorna isolada com o borne *T* colocado na parte de trás da base e isolada dela por meio de um casquilho e rodela de ebonite. Do lado da bigorna a fita *G* projecta sôbre a rodela *J* e contorna a curva da base numa distância suficiente para formar uma garra de contacto para uma alavanca *M*, chamada interruptor, a qual está articulada debaixo do segundo borne *N*, e em ligação metálica com êle e com a base da chave.

A alavanca *A* e o interruptor *M* estão munidos de manípulos de ebonite para a sua manobra. Uma mola *S*, ajustável pelo parafuso *F*, levanta normalmente o martelo da alavanca *A*, da bigorna *C*, numa distância que pode ser regulada pelo parafuso *H* na extremidade posterior da alavanca. Um pólo do circuito, do qual a chave forma uma parte, é ligado ao borne *T* e o outro pólo é ligado ao borne *N*.

O fim do interruptor *M* é de pôr em curto-circuito as pontas de contacto da chave, e completar assim o circuito permanentemente quando a chave não está em uso. Quando o interruptor é introduzido debaixo da fita *G*, o circuito do borne *N* para o borne *T* é completado através da base do interruptor e da fita curva *G*. Quando o operador está pronto para a *transmissão*, retira primeiramente o interruptor para fora do contacto com *G*, de modo a permitir à alavanca *A*, quando é accionada, abrir e fechar o circuito em *P*.

É costume empregar pontas de contacto de platina, pois cada vez que um circuito ordinário de telégrafo é aberto produz-se uma pequena faísca nos pontos de abertura, a qual, se se empregasse um metal como o latão, oxidaria rapidamente a superfície; o resultado seria um aumento da resistência do contacto. A platina, sendo por assim dizer inoxidável, não é afectada dessa maneira e além disso a sua dureza torna-a muito mais durável do que um metal mais mole.

O relais. — A fig. 69 representa o tipo usual de *relais* da linha principal. Como se vê, há quatro bornes *A*, *B*, *C* e *D* na base do instrumento. Dois dêstes, *A* e *B* recebem os fios dos pólos do electro-magnete *E* e servem para ligar os fios que conduzem à linha principal, enquanto

que os outros dois *C* e *D*, que estão ligados às pontas de contacto de platina *F* e *G*, servem respectivamente para ligar os fios que conduzem ao vibrador e à bateria local.

Um destes contactos de platina *F* está montado na extremidade da armadura — alavanca; o outro contacto *G*

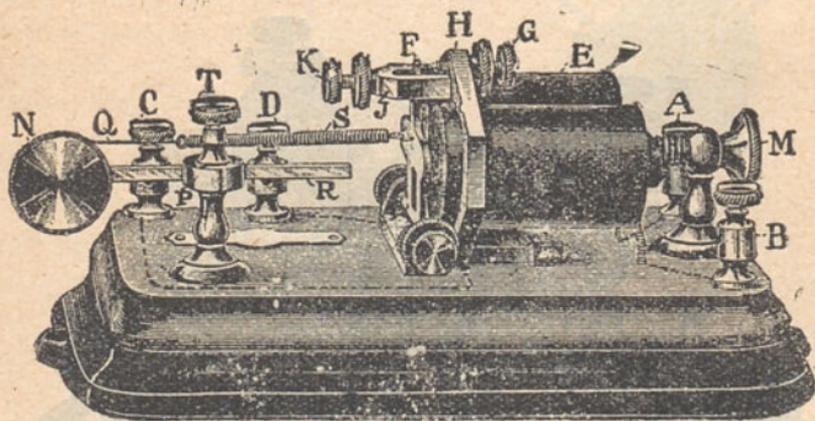


Fig. 69 — Relais da linha principal

é um parafuso de encôsto ajustável, com uma ponta de platina, suportado por um pequeno quadro *H*. A êste quadro está também ligada uma peça *J* em forma de *U*, a qual suporta o parafuso *K* o qual forma o encôsto posterior da armadura.

Para que a armadura possa ser accionada por uma corrente muito fraca é necessário que seja de construção muito leve e que esteja ajustada com grande cuidado; para êsse fim, o electro-magnete está suportado de modo que a distância da armadura possa ser regulada por meio

do parafuso *M*. O dispositivo para ajustar a tensão da mola *S* que puxa pela armadura é formado por um parafuso micrométrico *N*. Êste parafuso é suportado por um rôdo *R* que passa através dum orifício na base *P*, sendo suportado firmemente na posição desejada por meio do parafuso *D*. Ao parafuso micrométrico está ligada uma

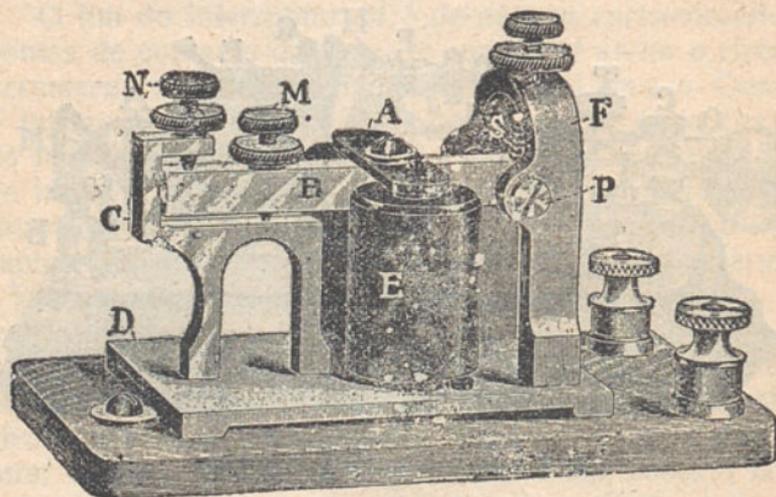


Fig. 70 — Vibrador telegráfico

extremidade dum pedaço de cordão *Q*, estando a outra extremidade ligada à mola *S*. Revolvendo o parafuso micrométrico *N*, numa ou noutra direcção, enrola-se ou desenrola-se o cordão, encurtando ou estendendo assim a mola à vontade e permitindo um ajustamento muito minucioso da tensão da mola.

O vibrador. — Como no vibrador, ao contrário do

relais, o desiderator principal é de obter um som forte e nítido, as suas partes são construídas muito mais rígidamente e o seu ajustamento é muito menos delicado. A armadura *A* do electro-magnete *E*, fig. 70, está ligada a uma barra de latão bastante pesada, *B*, articulada em *P* num quadro em forma de ferradura, o qual contém tam-

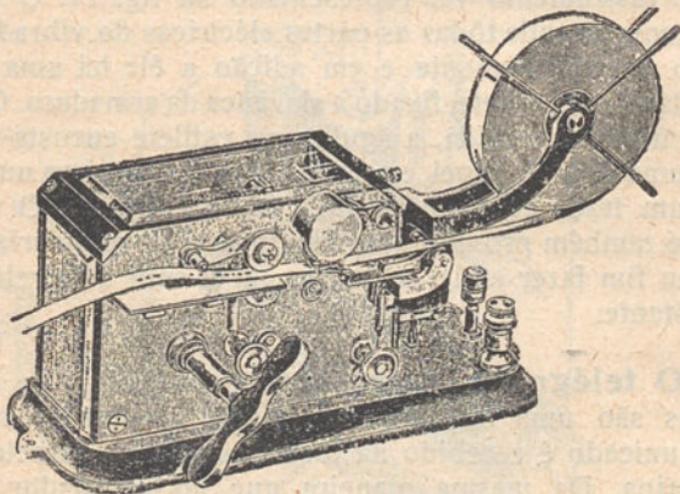


Fig. 71 — O reglstador Morse

bém a mola ajustável *S*. Um parafuso *M*, na barra *B*, limita o movimento para baixo da barra por bater na peça *C*, a qual tem uma fôrma que pode ser empregada para receber o parafuso *N* que forma o segundo batente da alavanca. Dois bornes, aos quais estão ligados os enrolamentos do magnete, por baixo da base, servem para ligar o vibrador ao circuito. Tôdas as partes activas do instrumento estão montadas sôbre uma placa de latão *D* aparafusada numa base de madeira.

O registador Morse. — Antes de se empregar o método de receber comunicados pelo som, utilizava-se um instrumento chamado *registador* para inscrever os sinais recebidos e bem que seja agora raramente usado para o trabalho ordinário de telegrafia nos Estados Unidos, é ainda muito largamente empregado nos outros países. Êste instrumento vai representado na fig. 71. O registador compreende tôdas as partes eléctricas do vibrador descrito precedentemente e em adição a êle há uma agulha ajustável, ou estilete, fixado à alavanca da armadura. Quando esta última é atraída, a agulha ou estilete encosta-se contra uma fita de papel e escreve nêle ou imprime um ponto ou um traço conforme a duração do contacto. O registador é também provido dum movimento de relojoaria, sendo o seu fim fazer andar a fita de papel com uma velocidade constante.

O telégrafo impressor. — Os telégrafos impressores são uma forma de aparelhos receptores em que o comunicado é recebido na forma escrita em caracteres ordinários. Da mesma maneira que no registador Morse, tem também uma fita de papel T , accionada com uma velocidade constante por um movimento de relojoaria, mas o estilete nêste instrumento é substituído por uma ou duas rodas de tipo. Na fig. 72 vêem-se claramente as duas rodas de tipo W e W' , uma que contém as letras do alfabeto e a outra os números e fracções, arrançados de modo a conter um número de caracteres igual à primeira. Ambas as rodas são montadas sôbre uma árvore comum S que é regulada por um electro-magnete E , accionado por uma estação central. Quando o magnete é excitado, a sua armadura A é atraída, fazendo com que uma âncora de escapamento V accione uma roda dentada C , e a re-

volva sôbre o espaço dum dente. Há tantos dentes na roda *C* quantos são os caracteres em cada uma das duas rodas de tipo; portanto, enviando um dado número de impulsões ao magnete *E*, uma certa letra da primeira roda, ou alga-

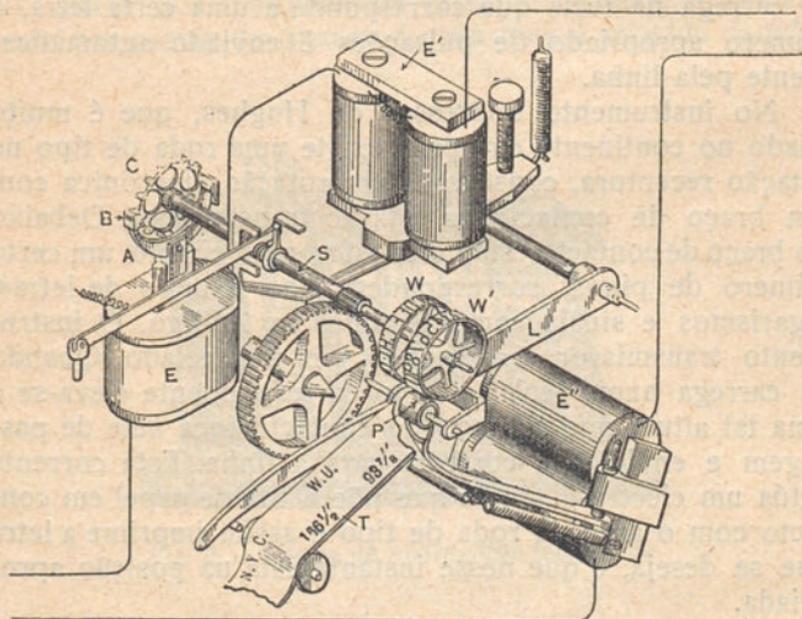


Fig. 72 — Partes do telégrafo impressor

rismo da segunda roda, estará em frente do ponto de funcionamento da fita de papel. Um segundo electro-magnete *E'* acciona a alavanca impressora *L* que levanta a fita de papel *T*, pondo-a em contacto com uma das rodas de tipo *W* ou *W'*, conforme se recebeu um sinal para uma

letra ou para um algarismo. Um terceiro electro-magnete E' regula a posição da fita T e da almofada de tinta P .

Em vez duma chave telegráfica emprega-se um teclado semelhante ao duma máquina de escrever para enviar os comunicados; o teclado está disposto de modo que quando se carrega na tecla que corresponde a uma certa letra, o número apropriado de pulsações é enviado automaticamente pela linha.

No instrumento impressor de Hughes, que é muito usado no continente europeu, existe uma roda de tipo na estação receptora, conservada em rotação sincrónica com um braço de contacto na estação transmissora. Debaixo do braço de contacto estão dispostos, num círculo, um certo número de pinos, correspondendo ao número de letras, algarismos e sinais compreendidos no código. O instrumento transmissor é accionado por um teclado. Quando se carrega numa tecla, o pino correspondente eleva-se a uma tal altura que o braço de contacto toca nêle de passagem e envia uma corrente para a linha. Esta corrente actúa um electro-magnete que põe a fita de papel em contacto com o arco da roda de tipo e assim imprime a letra que se deseja, e que nesse instante está na posição apropriada.

O quadro de distribuição telegráfica. —

Quando um certo número de linhas entra numa estação, emprega-se um quadro de distribuição para ligar qualquer dos vários instrumentos a qualquer das linhas diferentes. Os quadros de distribuição telegráficos têm uma construção muito simples, consistindo usualmente em dois únicos sistemas de barras de latão isoladas, que se cruzam em ângulo recto, e dispostas de maneira que qual-

quer barra de um sistema possa ser ligada com qualquer barra do outro.

Na fig. 73 vê-se um quadro de distribuição para uma estação intermediária com três linhas e três grupos de instrumentos. As barras da linha estão dispostas em três grupos, colocadas verticalmente na frente do quadro; as seis barras dos instrumentos estão dispostas horizontalmente nas costas do quadro e cada uma é provida de três

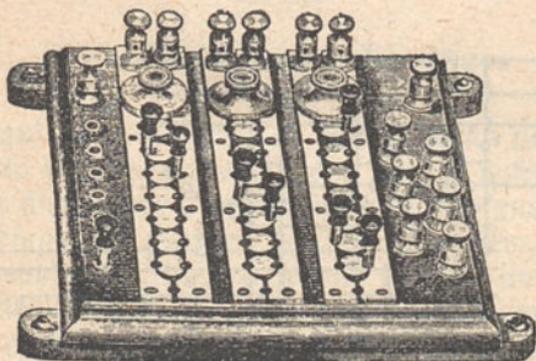


Fig. 73 — Quadro de distribuição telegráfico

projecções cilíndricas, correspondendo aos três grupos de barras da linha. As projecções das barras dos instrumentos passam através de orifícios no quadro, e aparecem na sua superfície na forma de pequenos discos de latão situados entre cada par de barras verticais. Para completar os circuitos entre os dois grupos de barras e ligar assim os instrumentos com a linha empregam-se uns pinos de metal, em forma de cone, chamados fichas, que se introduzem

em orifícios feitos em parte nas barras verticais e em parte nos discos projectores.

Na posição das fichas, representada na fig. 73 e que vai desenhada diagramaticamente na fig. 74, o instrumento *A* está ligado com a linha 1, o instrumento *B* com a linha 2, o instrumento *C* com a linha 3 e o fio direito da linha 3 está ligado à terra. Vê-se facilmente que, mudando a posição das fichas, se pode ligar facilmente qualquer grupo de instrumentos a qualquer das linhas.

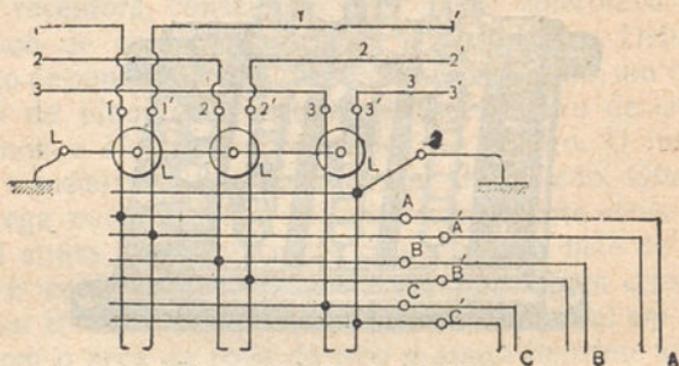


Fig. 74 — Diagrama das ligações dos quadros de distribuição

Os três discos marcados *L* que se vêem no tampo do quadro, directamente por baixo dos bornes, são pára-raios ou mais propriamente *deflectores* ou *desviadores do raio*, visto que o fim do seu emprêgo não é tanto de parar o raio como de o desviar do caminho que conduz à terra através do instrumento para outro caminho que o conduz à terra directamente. São formados por peças metálicas suportadas por uma barra nas costas do quadro, de modo

a não tocar nas barras da linha, e ligada por bornes *L* na parte esquerda do quadro à terra. Se a linha fôr afectada pelo raio, a descarga saltará através do pequeno espaço de ar directamente para a terra, de preferência a passar através do instrumento que seria assim destruído.

Sistema de telegrafia múltipla

Os vários sistemas telegráficos

Até aqui considerámos só a disposição pela qual um comunicado pode ser enviado por um fio entre duas estações. Esta disposição é conhecida pela designação de *sistema de telegrafia simples*. Na prática, porém, empregam-se processos para utilizar o mesmo fio para um número de comunicados simultâneos, pois que de outra maneira teria de se empregar um número de fios de linha demasiado grande entre estações importantes. A disposição pela qual dois ou mais comunicados podem ser transmitidos simultaneamente, chama-se em geral *um sistema múltiplo*.

Há dois sistemas para transmitir dois comunicados por um fio, simultaneamente, a saber: o sistema *duplex* e o sistema *diplex*. No sistema *duplex*, podem-se transmitir ao mesmo tempo dois comunicados em *direcções opostas*, um de cada estação; no sistema *diplex*, a disposição dos instrumentos é tal que se podem enviar dois comunicados simultaneamente pela mesma linha na *mesma direcção*, isto é, dois comunicados podem ser enviados ao mesmo tempo pela mesma estação.

No sistema *quadruplex*, que é uma combinação dos sistemas duplex e diplex, podem-se enviar dois comunicados em cada direcção ou sejam quatro ao todo; por meio do sistema *sextuplex*, podem-se enviar seis comunicados simultaneamente. Têm-se construído outros sistemas múltiplos para um maior número de comunicados simultâneos enviados por um só fio.

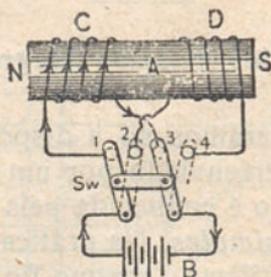


Fig. 75 — Magnete enrolado diferencialmente

Princípios do sistema duplex diferencial. —

O sistema duplex diferencial é baseado nos dois princípios seguintes:

1.º Se se enrolarem duas bobinas de número igual de voltas, em direcção oposta, à roda do núcleo de ferro macio, e se se enviarem correntes eléctricas iguais através de duas bobinas, o núcleo permanecerá desmagnetizado.

Na figura 75 as duas bobinas *C* e *D* estão enroladas em direcção oposta à roda do núcleo *A*. Se se enviar uma corrente através da bobina *C* por meio duma bateria *B*,

magnetizará o núcleo *A*, de modo a formar um pólo norte à esquerda, e um pólo sul à direita. Se se enviar a mesma corrente pela extremidade da esquerda da bobina *D* em vez da bobina *C*, empurrando o interruptor *Sw* para a direita da posição 1, 3, para a posição em linhas ponteadas 2, 4, o núcleo será magnetizado na direcção oposta, tendo o pólo sul na extremidade esquerda e o pólo norte na direita. Se, portanto, duas correntes iguais fôrem enviadas ao mesmo tempo através de ambas as bobinas, o núcleo permanecerá desmagnetizado, visto que o efeito de cada bobina é de neutralizar a magnetização do núcleo devida à outra.

2.º Quando dois circuitos de igual resistência se oferecem à passagem de uma corrente eléctrica, metade da corrente passará por cada circuito. Segundo a lei de Ohm a corrente que circula através dum circuito aumenta com a f. e. m. e diminui com a resistência do circuito. Uma dada corrente dividir-se-à, portanto, entre dois circuitos em proporções inversas das resistências dêsses circuitos, passando a maior parte através do circuito de menor resistência. Se as resistências dos dois circuitos fôrem iguais, as duas porções da corrente devem necessariamente ser também iguais; portanto metade da corrente total passará através de cada um. Se a bateria na fig. 75 fôr ligada de modo a enviar a corrente simultâneamente através de ambas as bobinas *C* e *D* (colocando o interruptor *Sw* a meio caminho entre as posições extremas, de modo que uma alavanca faça contacto com os bornes 1 e 2 e a outra com os bornes 3 e 4 ao mesmo tempo) é evidente, do exposto atrás, que correntes iguais passarão através de ambas as bobinas e que o núcleo *A* não será magnetizado pela corrente da bateria *B*. Um núcleo enrolado pela maneira exposta, com duas bobinas que se opõem, chama-se um *ele-*

ctro-magnete diferencial, e se se munir um *relais* telegráfico com um tal magnete, em vez de um electro-magnete ordinário, é evidente que não será afectado por uma corrente que passe através de ambas as bobinas simultaneamente, mas unicamente pelas correntes que entrem numa só bobina.

Funcionamento do sistema duplex diferencial. — A fig. 76 mostra as ligações duma estação para o sistema duplex diferencial. *D R* é o *relais diferencial*, formado por dois núcleos, enrolados com as bobinas iguais *C D*, em direcção oposta. A linha da bateria *B* está ligada, através da chave *K*, a um ponto *A*, em que as duas bobinas estão juntas. Uma das bobinas *C* está ligada à linha principal *L*, enquanto que a outra *D* está ligada à terra *G'* através duma resistência *R* que deve ser igual em valor à resistência da linha. Fazendo a resistência *R* igual à resistência da linha, a resistência eléctrica dos dois circuitos, do ponto *A*, através da bobina *C* e da linha *L* para a terra, e do ponto *A* através da bobina *D* e da resistência *R* para a terra, será tal que a bateria *B* enviará uma corrente igual através das duas bobinas quando se carrega na chave *K*, mas as correntes iguais nas duas bobinas produzem efeitos magnetizantes e opostos, os quais se neutralizam um ao outro. Desta maneira, o *relais D R* não é afectado pelos sinais enviados para a linha pela chave *K*. Porém uma corrente na direcção oposta passará de *L* através das bobinas *C* e *D* para a terra e magnetizará o *relais*, visto que as correntes nas duas bobinas, que são da mesma direcção, ajudar-se-ão uma à outra; os sinais das linhas serão portanto repetidos no vibrador *S*, quer a chave *K* da estação receptora esteja sendo operada ou não.

Princípio do sistema diplex polar. — Dois comunicados podem ser enviados pela mesma linha, da mesma estação, empregando correntes de diferente character para enviar os dois comunicados, e dispondo os dois instrumentos receptores de modo que cada um dêles responda só a uma espécie de corrente. Se os sinais para um comunicado fôrem dados, invertendo a direcção duma corrente fraca, e os do segundo comunicado enfraquecendo uma corrente *forte* e duma só direcção, então os dois grupos de sinais podem ser transmitidos pelo mesmo fio ao mesmo tempo, sem interferirem um com o outro.

Um instrumento receptor para responder a uma corrente que muda de direcção, deve possuir uma armadura que esteja permanentemente magnetizada, ou *polarizada*, de modo a ser atraída pela electro-magnete quando a corrente neste último circula numa direcção e repelida quando circula na direcção oposta. Os *relais* com armaduras de aço, permanentemente magnetizados, chamam-se *relais polarizados*. O *relais* ordinário com a armadura de ferro macio, que é empregado para receber os sinais dados pelo aumento e diminuição duma corrente duma só direcção, chama-se *relais neutro*, para o distinguir do *relais* polarizado.

No sistema diplex polar empregam-se duas baterias, uma grande e outra pequena.

A inversão da direcção da corrente para o *relais* polarizado é efectuada ligando alternativamente à linha o pólo positivo e o negativo duma bateria mais fraca por meio dum aparelho chamado *comutador de pólos* que é actuado pela bateria local, por meio duma das chaves, chamada *chave inversora*. O meio de enfraquecer uma corrente forte para o *relais* neutro é efectuada ligando alternativamente ao circuito o pólo positivo da bateria maior e o da

bateria mais pequena por meio dum *transmissor duplex* electro-magnético, accionado por uma bateria local desde a segunda chave, chamada *chave de incremento*.

O sistema quadruplex. — O sistema quadruplex, mais comum, é uma combinação dos sistemas duplex dife-

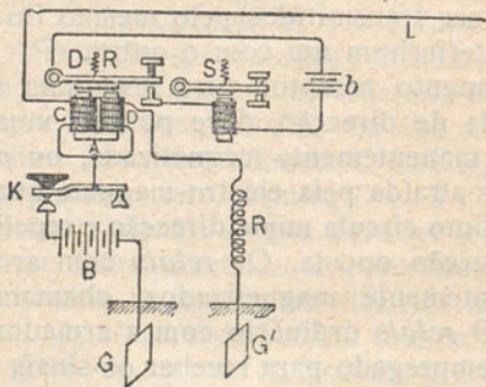


Fig. 76 — Sistema diferencial duplex

rencial e duplex polar, com o fim de enviar quatro comunicados pela mesma linha simultâneamente, ou seja dois comunicados de cada estação. O princípio diferencial é aplicado aos instrumentos polares duplex, enrolando tanto o *relais* neutro como o polarizado pela maneira diferencial. Portanto, para o funcionamento quadruplex, cada estação deve possuir um grupo completo de aparelhos duplex polares com os seus instrumentos enrolados diferencialmente.

Sistema multiplex sincrónico de Delany. —

No sistema *Delany*, a linha é transferida em sucessão para um número de operadores, por meio de duas rodas de contacto, uma em cada extremidade da linha, revolvendo ambas as rodas sincrónicamente, isto é, com a mesma velocidade. A linha é transferida dum grupo de instrumentos para o outro tão rapidamente que não ocorre nenhuma rutura apreciável em qualquer dos circuitos e um operador não nota, pelo que respeita ao funcionamento do seu aparelho, que a linha está sendo alternativamente usada por outros. Com o sistema *Delany*, usado em Inglaterra, podem-se enviar quatro e mais comunicados simultaneamente pelo mesmo fio.

Telegrafia por cabo submarino

Princípios da telegrafia submarina. — Como se sabe, a telegrafia submarina faz-se por meio de cabos isolados e armados, colocados no fundo dos mares. No funcionamento dos cabos submarinos só se podem aplicar correntes muito fracas, pois que as correntes muito intensas tornam impossível a sinalização rápida devido ao efeito da capacidade electrostática. Este efeito é tal que se necessita um tempo apreciável para carregar o cabo com electricidade estática antes que o sinal possa ser transmitido; deve-se então permitir que esta carga desapareça antes que uma segunda carga em sentido inverso possa ser enviada através do cabo.

O efeito da capacidade aumenta com a intensidade da corrente; de modo que para tornar mínimo este efeito a corrente deve ser reduzida. As armaduras comparativamente pesadas, dos receptores dos telégrafos ordinários, não responderão às fracas correntes necessárias para o funcionamento dos cabos submarinos, sendo portanto necessário empregar instrumentos para o funcionamento dos cabos que possam responder fácil e rapidamente às correntes as mais fracas.

O receptor de espelho. — O instrumento receptor empregado com sucesso, ao princípio, nos longos cabos submarinos foi o *galvanómetro reflector de Thomson*. No galvanómetro ordinário de experiências, para se lerem facilmente as pequenas deflexões, liga-se um indicador ou agulha ao pequeno magnete que é actuado pela corrente que se deseja medir, atravessando essa corrente uma bobina composta de muitas voltas de fio fino. Esta agulha, bem que muito leve, aumenta consideravelmente a inércia do magnete.

No *galvanómetro de espelho* ou reflector, emprega-se, como indicador, um raio de luz, o qual não tem naturalmente pêso algum. O magnete formado por duas ou três pequenas peças de aço magnetizado está cimentado nas costas de um pequeno espelho. Em frente do espelho está colocada uma lâmpada encoberta por um biombo que tem uma fenda estreita vertical, de modo que o raio de luz que passa através da fenda é reflectido pelo espelho.

O espelho e os magnetes estão suspensos dentro duma bobina de muitas voltas de fio extremamente fino, de modo que o grande número de voltas multiplica o efeito da corrente fraca. Se o espelho fôr desviado da sua posição normal, enviando uma corrente pela bobina, o raio de luz será

reflectido para a esquerda ou para a direita, conforme a direcção da corrente.

O transmissor para cabos submarinos.— No funcionamento dos cabos submarinos, por meio de um receptor de espelho, o foco de luz reflectido pelo espelho é lançado sôbre um quadro num quarto escuro. Na sinali-

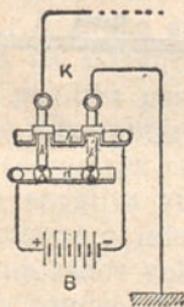


Fig. 77— Transmissor para cabo

zação por cabos emprega-se o código internacional. O ponto e o traço são distinguidos um do outro, não pela duração do sinal mas pela direcção do desvio do foco de luz no quadro. Por exemplo, um desvio do foco para a esquerda representa um ponto e para a direita um traço.

A direcção do desvio depende da direcção em que a corrente passa através do galvanómetro e isto é regulado por uma chave inversora K , representada na fig. 77, que envia uma corrente positiva ou negativa para o cabo, conforme se carrega na alavanca k ou k' .

Quando não estão em funcionamento as alavancas k e k' apoiam-se contra o encôsto de latão b , ao qual está ligado um dos pólos da bateria B . O outro pólo da bateria está ligado à fita interior a com a qual as alavancas fazem contacto quando se carrega nelas. A chave k está ligada ao cabo enquanto que k' está ligada à terra.

Supondo que um pólo positivo da bateria desvia o foco

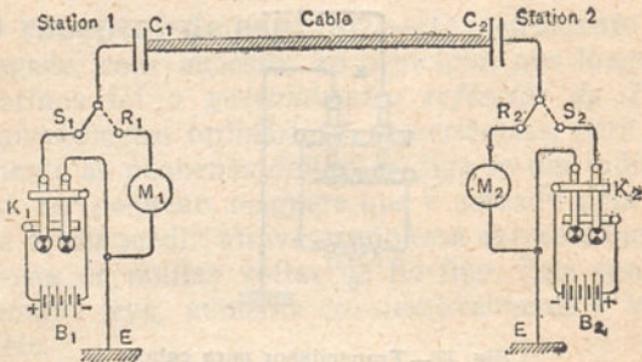


Fig. 78—Ligações dos aparelhos para cabos]

de luz para a esquerda, e que uma corrente negativa o desvia para a direita, a letra A (ponto e traço) seria formada carregando primeiro na chave k , ligando o pólo positivo ao cabo, e em seguida a chave k' ligando o pólo negativo ao cabo. A letra S (3 pontos) seria enviada por três pressões consecutivas na chave k .

Vê-se que cada vez que as chaves k e k' se põem em contacto com o encôsto d , o que acontece depois de cada

sinal, o cabo é ligado directamente à terra, descarregando assim o cabo mais ou menos entre cada sinal. É esta descarga parcial entre cada depressão da mesma chave que produz os desvios sucessivos na mesma direcção.

Funcionamento dos aparelhos para cabos. —

A fig. 78 representa as ligações dos aparelhos para o funcionamento dum longo cabo entre duas estações 1 e 2 pelo sistema de espelho. K_1 e K_2 são os receptores de espelho; C_1 e C_2 são dois condensadores; S_1 R_1 e S_2 R_2 são os interruptores da estação; E E são as ligações à terra.

Quando se carrega na alavanca esquerda da estação, envia-se uma corrente positiva para o cabo, a qual passa para a terra através do interruptor R_2 e do galvanómetro reflector M_2 . Quando se carrega na alavanca direita de K_1 envia-se uma corrente negativa através do circuito. Para enviar comunicados volta-se o interruptor para o lado de S , e para receber comunicados volta-se para R .

O fim principal do condensador é de subtrair o cabo aos maus efeitos das correntes terrestres, que são devidas a diferenças de potencial em diferentes partes da superfície da terra, e que perturbam os sinais. A extremidade do cabo, como se vê na fig. 78, está ligada a uma placa do condensador e a outra placa está ligada à terra através do aparelho; não há conseqüentemente nenhum caminho para correntes permanentes e o atraso é reduzido ao ponto mais baixo.

O receptor de sião. — Na recepção dos sinais, pelo método exposto atrás, empregam-se dois telegrafistas: um para lêr as letras ou palavras, à medida que são recebidas pelo galvanómetro reflector, e outro para as escrever. Por meio do receptor de espelho não se obtém nenhum

registro do comunicado. Este defeito foi remediado por uma subsequente invenção de William Thomson, o *receptor de sifão* que vai representado diagramaticamente na fig. 79. O receptor de sifão, que tem sido adoptado por quasi todas as companhias de cabos submarinos, é formado por um potente magnete permanente *N S*, entre os pólos do qual

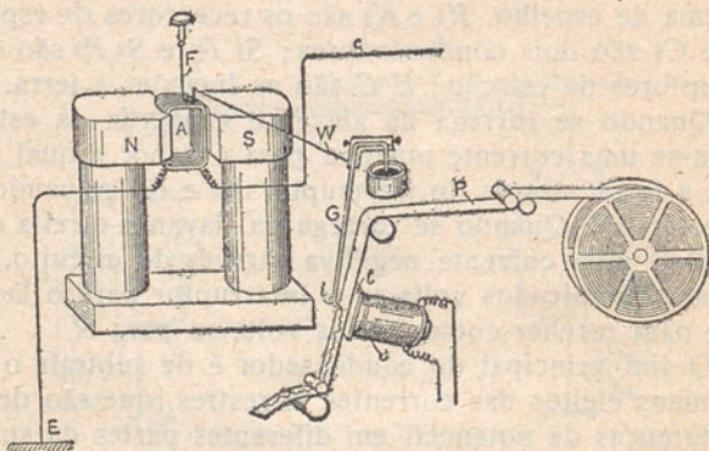


Fig. 79 — Registador de sifão Thomson

está suspensa, por meio de um fio de seda *F*, uma bobina rectangular muito leve *A* de fio de cobre recoberto de seda. Esta bobina gira para a direita e para a esquerda com as correntes enviadas pelo cabo. A bobina está ligada com um sifão de vidro muito fino *G* por meio de um fio fino, mas muito rígido *W*; o sifão está suspenso de modo a mover-se em concordância com a bobina. A parte curva inferior do sifão está colocada directamente sobre o cen-

tro duma fita de papel *P*. Um fio de tinta corre através do sifão desde o reservatório *I* de modo que com cada movimento da bobina se faz uma marca ondeada sôbre o papel, correspondendo aos pontos e traços do alfabeto telegráfico, sendo os pontos representados por ondas com as pontas para cima e os traços por ondas com as pontas para baixo, como se vê na fig. 80.

É necessário que o sifão seja conservado em vibração constante para que a tinta corra através do orifício, o qual tem pouco mais ou menos o diâmetro dum cabelo, e tam-

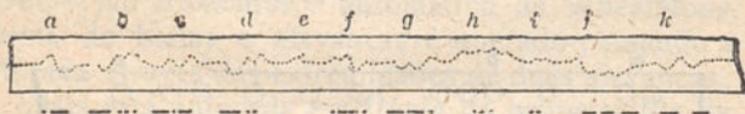


Fig. 80 — Especime dum registo de cabo

bém para evitar a fricção entre a ponta do sifão e a fita de papel. Efectua-se isto, actualmente, colocando na extremidade do sifão, em frente da fita de papel, uma pequena peça de ferro macio *i*, fig. 79, e fazendo com que o papel passe sôbre uma pequena chapa ou mesa *t* magnetizada por um electro-magnete *e* que é excitado por uma corrente com pulsações.

Esta corrente atrai a peça de ferro na extremidade do sifão e faz com que êste vibre e deposite a tinta numa série de pequeníssimos pontos no papel. Esta disposição magnética é um grande melhoramento nos meios empregados primitivamente, e que consistiam na repulsão e atracção electrostática realizada por uma pequena máquina de indução, a qual em tempo úmido funcionava mal.

Telegrafia automática

Telegrafia rápida. — Ao passo que com o transmissor manual ordinário a velocidade é comparativamente baixa, de 30 a 60 palavras por minuto, há sistemas pelos quais os comunicados podem ser transmitidos com uma rapidez de 300 a 2000 palavras por minuto. No sistema

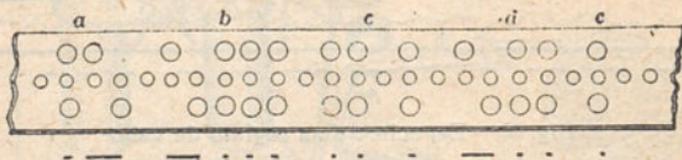


Fig. 81 — Fita perfurada para a telegrafia automática

automático de Wheatstone, que é muito empregado em Inglaterra e na América do Norte, a rapidez da transmissão é obtida perfurando o comunicado numa fita de papel e passando esta fita, assim preparada, com grande velocidade, através dum transmissor especialmente construído.

A fig. 81 representa um pedaço de fita perfurada, contendo as cinco primeiras letras do alfabeto Morse. Estão perfuradas três linhas de orifícios; a linha do centro contém os orifícios dos espaços e serve para impelir a fita por meio duma pequena roda em estrêla. Um ponto Morse é representado por dois orifícios, verticalmente um por

cima do outro na primeira e terceira linhas, assim $\begin{smallmatrix} \circ \\ \circ \end{smallmatrix}$; um traço é indicado por dois orifícios, estando o orifício inferior um espaço mais adiante para a direita, assim $\begin{smallmatrix} \circ \\ \circ \end{smallmatrix}$; um espaço entre duas letras, ou entre os elementos de letras espaçadas, como por exemplo o espaço entre os primeiros dois e o último ponto na letra «C», é marcado por um orifício na linha do centro.

O sistema de telegrafia automática Wheatstone. — No *transmissor* automático de Wheatstone, um sistema de bielas e alavancas é operado passando a fita perfurada através das extremidades de duas alavancas, uma das quais está colocada em frente da primeira fila de orifícios e a outra em frente da terceira fila. Cada vez que um orifício vem em frente de uma das alavancas esta é empurrada sobre uma certa distância através do papel, por meio de uma mola. Se ambas as alavancas passarem através do papel simultaneamente, o instrumento transmitirá um ponto; se uma das alavancas se mover através do papel sobre o intervalo de um espaço mais tarde que a outra alavanca, transmitir-se-á um traço.

O *receptor* é formado por um *relais* polarizado, cuja armadura está arranjada de modo a balouçar para um lado ou para outro, conforme a polaridade da corrente-impulso recebida. Uma corrente numa direcção fará com que a armadura comprima uma pequena roda de tinta contra a fita de papel, accionada através do receptor por um movimento de relojoaria, enquanto que uma corrente na outra direcção invertirá o movimento da armadura e afastará assim a roda de tinta do papel. Quando as duas alavancas do transmissor passam através da fita transmissora

simultâneamente, envia-se um impulso positivo momentâneo que faz com que a roda de tinta toque no papel só por um instante; quando decorre um intervalo entre os movimentos das duas alavancas produz-se um impulso positivo, mais duradouro, e a roda de tinta descansa sôbre o papel durante êsse intervalo; quando ambas as alavancas tocam nas partes não perfuradas da fita, envia-se uma corrente negativa que afasta a roda de tinta do papel. Desta maneira, os pontos, os traços e os espaços são inscritos sôbre a fita de papel do receptor. O receptor está provido dum regulador de velocidade, por meio do qual o andamento do papel pode ser ajustado para corresponder à velocidade do transmissor.

A telefonia

O aparelho de Page. — A ideia de transmitir a voz pela electricidade data quási desde o tempo da des-

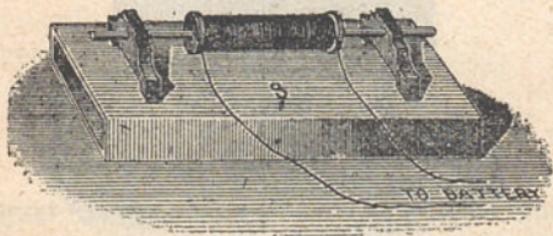


Fig. 82 — Aparelho de Page

coberta do electro-magnetismo. Em 1837, o professor Page, de Salem, construiu o aparelho representado pela fig. 82, no qual S é uma mesa ou caixa de ressonância, sôbre a qual está montada uma barra de ferro, rodeada por uma bobina de fio. É sabido que quando uma barra de ferro ou aço se magnetiza, produz-se uma leve alteração no seu comprimento; quando a barra é desmagnetizada, volta ao seu comprimento primitivo.

Êste aparelho emite um estalido rápido quando se estabelece e abre o circuito formado pela bateria e pela bobina. Quanto mais rápida fôr a interrupção e o restabelecimento, mais o som se aproximará dum tom musical. A mudança no comprimento do núcleo de ferro produz uma tensão sôbre os seus suportes extremos, os quais, por sua vez, a transmitem à mesa de ressonância. Page não empre-

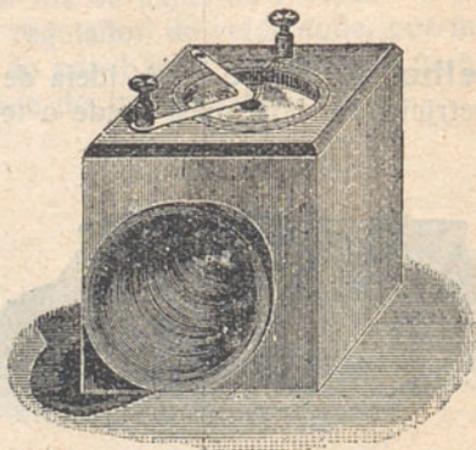


Fig. 83—Aparelho de Reis

gou êste aparelho para a reprodução da voz, mas sim para o que êle chamava *Música Galvânica*.

O aparelho de Reis.—Em 1860, Reis na Alemanha, inventou uma forma de aparelho que transmitia a voz um tanto ou quanto cruamente. As figuras 83 e 84 mostram a construção dêste aparelho, o qual é formado

por um bloco ôco, de modo a deixar uma abertura num dos lados e outro no tampo. Na abertura lateral está atarrachada uma peça bucal. Sôbre a abertura no tampo está esticada uma membrana elástica muito fina *A*. No centro desta membrana está colada uma pequena peça de platina que forma um eléctrodo do circuito.

No tampo da caixa está aparafusada uma peça em forma

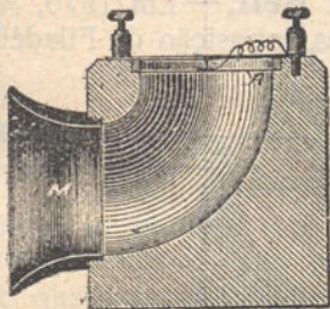


Fig. 84 — Aparelho de Reis

de *V*, a qual contém uma ponta de platina que faz contacto com a peça da membrana.

Um borne ligado à peça em *V* forma o segundo pólo. Reis empregou o aparelho de Page como receptor.

O circuito estava disposto como mostra a fig. 85.

Quando se fala para dentro da peça bucal, a membrana esticada põe-se em vibração, a qual segue muito aproximadamente as ondas de som. O eléctrodo de platina, ligado à membrana, segue a vibração e faz com que o contacto se estabeleça e se interrompa correspondentemente. Êste estabelecimento e interrupção de contactos estabelece correntes intermitentes no circuito, excita o receptor e

faz com que êle emita sons semelhantes aos produzidos no transmissor, ainda que esteja longe de ser uma reprodução exacta.

Como veremos presentemente, uma pequena modificação no aparelho de Reis teria tornado possível a reprodução eléctrica da voz dezaseis anos mais cedo do que foi feita.

O aparelho Bell. — Em 1876, Alexandre Graham Bell apresentou na exposição de Filadélfia uma forma de

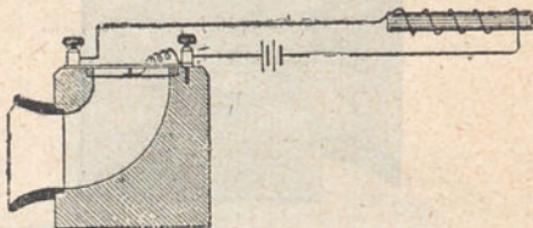


Fig. 85—Ligações do aparelho de Reis

telefone, por meio do qual a voz podia ser transmitida e reproduzida a distância. Na fig. 86, *T* é o *transmissor* e *R* o *receptor*. No transmissor, *M* é um electro-magnete excitado pela bateria *B*. *D* é um diafragma de pergaminho muito fino no qual está segura uma pequena peça de aço de mola de relógio, *NS*, de modo a estar oposta aos pólos do electro-magnete.

O receptor *R* consiste num electro-magnete, tendo oposto a um dos seus pólos um diafragma com charneira. A bobina do electro-magnete receptor está ligada em série com as bobinas de *M* e com a bateria *B*.

Falando para dentro da peça bucal do transmissor *T*,

o diafragma D é pôsto em vibração. O movimento consequente da peça de aço NS , perto dos pólos de M , muda

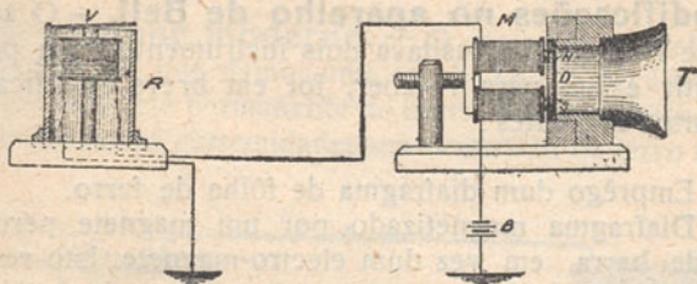


Fig. 86—Aparelho de Bell

o número de linhas magnéticas que passam através do electro-magnete. Esta mudança tem um efeito reactante sôbre a corrente que produz o magnetismo, causando

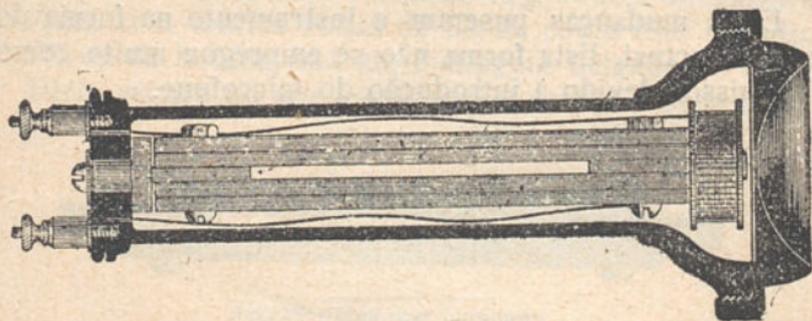


Fig. 87—Telefone moderno

assim flutuações na corrente da bateria. Estas flutuações são transmitidas ao receptor R , aumentando ou diminuindo, correspondentemente. O diafragma V toma desta maneira

uma vibração em concordância com as variações da corrente.

Modificações no aparelho de Bell. — O aparelho de Bell que necessitava dois instrumentos, um para transmitir e um para receber, foi em breve modificado nos pontos seguintes :

- (1) Emprêgo dum diafragma de fôlha de ferro.
- (2) Diafragma magnetizado por um magnete permanente de barra, em vez dum electro-magnete. Isto reduzia o tamanho do instrumento e tornava-o mais portátil.
- (3) A bobina estava enrolada só na extremidade dum núcleo de ferro macio, ligado ao magnete de barra.
- (4) A peça bocal foi alterada de modo a estar mais próxima do diafragma e com um espaço de ar muito delgado em frente do diafragma.

Estas mudanças puseram o instrumento na forma do receptor actual. Esta forma não se empregou muito como transmissor devido à introdução do microfone.

Aparelhos modernos de telefonia

O telefone moderno. — O receptor dos telefones modernos, de que damos uma secção na fig. 87, é formado por um magnete permanente de barra feito de várias peças, tendo numa das extremidades uma extensão de ferro macio.

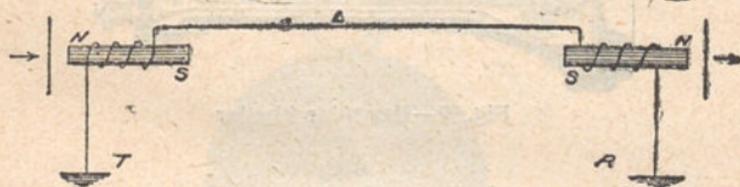


Fig. 88—Acção do telefone

Sobre esta extensão está colocada uma bobina de madeira enrolada com muitas voltas de fio de cobre fino isolado. Em frente da bobina está um diafragma delgado de fôlha de ferro, seguro no seu lugar, aparafusando a peça bucal



Fig. 89—Magnete laminado

de borracha endurecida no corpo também de borracha dura do telefone.

A palavra telefone (ou telephone) é derivada de duas palavras gregas *tele* (longe) e *phonein* (ouvir).

Acção do telefone. — Na fig. 88, *T* é o transmissor, *R* o receptor e *L* a linha de conexão; as letras *NS* designam a polaridade dos magnetes permanentes.

Quando se faz com que o diafragma do transmissor se

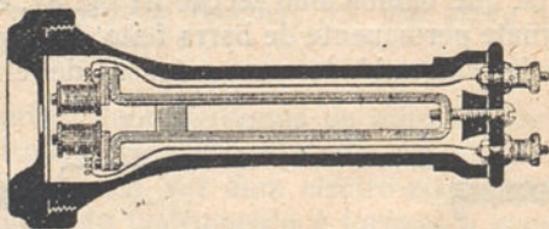


Fig. 90—Receptor bipolar

move, na direcção da seta, para o magnete, aumenta o número de linhas de força no campo do magnete transmissor, visto que o comprimento do caminho magnético é consequentemente encurtado, produzindo-se uma força electro-



Fig. 91—Receptor bipolar

motriz positiva na bobina, que envia uma corrente pela linha. Quando o movimento do diafragma transmissor vai na direcção oposta, para longe do magnete, o caminho magnético é aumentado; o número de linhas magnéticas é por

isso correspondentemente reduzido e a força electro-motriz gerada na bobina é negativa; portanto a corrente na linha girará em direcção oposta.

A corrente da linha, que desta maneira se alterna em concordância com as vibrações do diafragma transmissor, quando passa através da bobina da linha do receptor *R*,

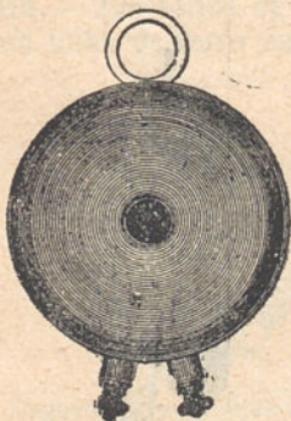


Fig. 92 — Receptor de caixa de relógio

gera um campo magnético, o qual fortalece ou enfraquece o campo permanente do magnete receptor.

Quando o campo do receptor é enfraquecido por uma corrente oposta na linha, o receptor do diafragma move-se para fora, como indica a seta; quando porém o campo é fortalecido pela corrente da linha, o diafragma é atraído pelo magnete. Desta maneira, as vibrações produzidas pelas ondas sonoras no transmissor são reproduzidas por atrações e repulsões magnéticas no receptor.

Fases sucessivas na transmissão telefónica.

— As diferentes fases que ocorrem entre a transmissão e a recepção da voz são :

- (1) As ondas sonoras batem no diafragma do transmissor e põem-o em vibração.
- (2) A vibração do diafragma transmissor, aproximando-se e afastando-se,

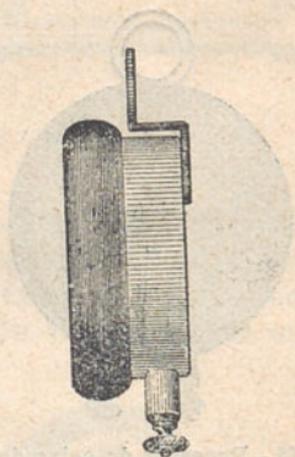


Fig. 95—Receptor de caixa de relógio

do-se e afastando-se, produz mudanças no campo magnético do transmissor.

(3) As mudanças no campo magnético induzem correntes na bobina da linha do telefone transmissor.

(4) As correntes assim induzidas no transmissor são transmitidas ao longo da linha condutora até o receptor.

(5) No receptor, a corrente da linha produz um campo magnético que actua sobre o campo magnético permanente.

(6) As variações no campo magnético do receptor produzem o movimento do seu diafragma.

(7) A vibração do diafragma receptor produz ondas sonoras.

Da pessoa que fala à que escuta há conseqüentemente 7 fases diferentes.

O diafragma. — Em todos os telefones magnéticos, o diafragma é uma fôlha de ferro macio. A forma ordiná-



Fig. 91 — Magnete do receptor de caixa de relógio

ria tem um diâmetro de 5 a 6 cm. e uma espessura de cerca de 0,25 mm.

A amplitude do movimento do diafragma dum receptor telefônico é tão pequena que só pode ser medida por meio de processos e métodos microscópicos muito delicados. Achou-se que êsse movimento para uma corrente telefônica forte era de cerca de $\frac{8}{100.000}$ duma polegada; com correntes fracas, tais como se obtêm na extremidade duma longa linha de transmissão, o movimento é bastante menor.

O magnete. — O campo magnético dum receptor de telefone é mantido por magnetes permanentes que são quer do tipo de barra, quer em forma de ferradura.

A forma mais comum consiste em quatro barras de aço, magnetizadas separadamente e aparafusadas juntas, como mostra a fig. 89. Cada barra tem 12 cm. de comprimento, 1,3 cm. de largura e 3,5 de espessura.

Duma das extremidades desta combinação, que se chama um *magnete laminado*, projecta uma peça polar

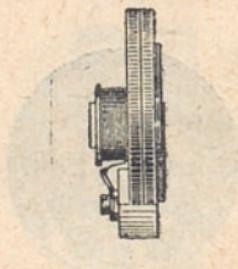


Fig. 95 — Magnete de receptor de caixa de relógio

de ferro macio de 6 mm. de diâmetro e 16 mm. de comprimento.

A outra extremidade do magnete laminado está disposta de modo a receber um parafuso, que serve para ajustar a distância entre a peça polar e o diafragma.

Receptor bipolar. — As figuras 90 e 91 mostram uma forma de receptor telefónico em que o magnete de barra é substituído por um magnete de ferradura. A fig. 90 representa a secção longitudinal e a fig. 91 os pólos do receptor bipolar. As extremidades do magnete de ferra-

dura estão encurvadas para fora e suportam projecções de ferro macio de forma rectângular, às quais estão ligadas as bobinas da linha.

Receptor em forma de relógio. — As figs. 92 a 95 representam um telefone na forma duma caixa de relógio.

As figuras 92 e 93 mostram a frente e o lado do instrumento completo, e as figuras 94 e 95 a frente e o lado do magnete separado da caixa.

A caixa metálica que contém o magnete tem cêrca de 5,5 cm. de diâmetro e 2 cm. de espessura. O magnete é de forma circular, e as extensões polares, que estão colocadas no centro, estão ligadas às extremidades dos pólos por meio de barras radiais de ferro, que se vêm muito bem na fig. 94.

O microfone de Hughes. — Em 1878, o professor Hughes, em Inglaterra, inventou um instrumento a que êle deu o nome de microfone, derivado de *micros* (pequeno) e *phonein* (ouvir), visto que o seu objecto é de *ouvir ou distinguir sons muito fracos*.

O *microfone*, fig. 96, consiste num rôdo de carvão de retorta *P* com uma ponta em cada extremidade. *B₁* e *B₂* são dois blocos pequenos de carvão, nos quais entram as pontas citadas, e que estão montados sôbre um quadro de resonância muito fino *A*, o qual é suportado por sua vez por meio de uma espessa base de madeira *C*. O rôdo de carvão *P* repousa nas concavidades dos blocos de carvão *B₁* e *B₂* que formam os *bornes* do circuito exterior. A corrente, quando circula através do circuito, passa ao primeiro bloco através do primeiro contacto entre êle e o rôdo, através do rôdo, através do segundo contacto para o segundo bloco e daí para o circuito da linha.

Êste instrumento é muito delicado; a mais pequena perturbação no quadro de ressonância ou na base, tal como, por exemplo, o andar de uma mosca, produz um som audível num telefone que esteja inserido no circuito.

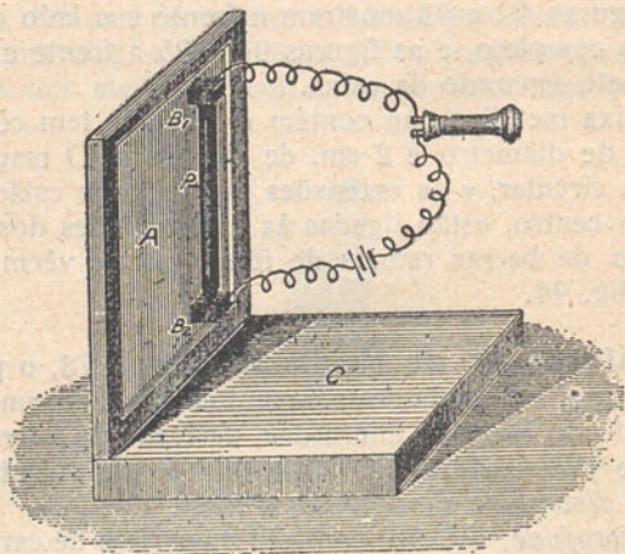


Fig. 96 — O microfone de Hughes

A acção do microfone de Hughes depende da mudança da *resistência de contacto* nas pontas de carvão, quando o quadro de ressonância é actuado, e da conseqüente flutuação da corrente através dos contactos.

O transmissor de Blake. — Uma forma de transmissor que teve um grande emprêgo foi a inventada por

Francis Blake. A fig. 97 mostra uma vista interna do instrumento. A tampa da caixa é côncava de modo a formar a peça bucal; nas costas tem um anel de ferro provido de

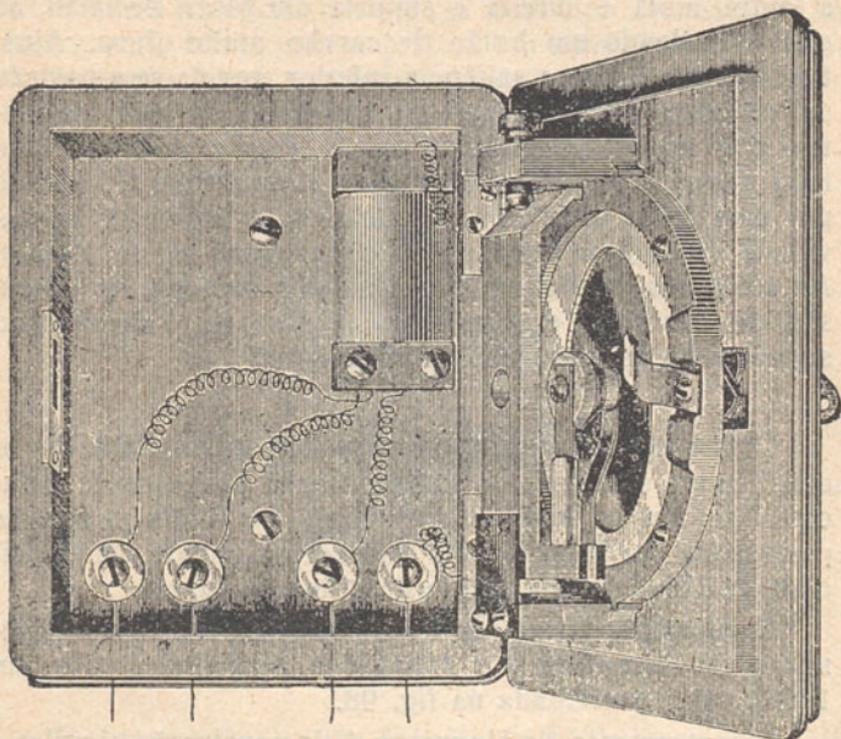


Fig. 97 — O transmissor de Blake

duas saliências no tampo e na base da caixa. A saliência superior suporta uma mola de latão, à qual está ligada uma alavanca, cuja extremidade inferior descansa sobre

um parafuso ajustável, existente na saliência inferior. No tampo esta alavanca tem uma extensão rectangular à qual estão aparafusadas duas molas isoladas com rodela de borracha endurecida. Uma destas molas é encurvada e a sua extremidade livre tem uma pequena barra de platina; a outra mola é direita e suporta um bloco de latão, ao qual está ligado um botão de carvão muito duro. Ajustando o parafuso na saliência inferior, regula-se a posição da alavanca de modo que um dos lados da mola de platina toca apenas no botão de carvão, enquanto que o outro lado repousa contra o diafragma. Este último é formado por uma fôlha de ferro muito delgada, existente na concavidade do anel de ferro, estando seguro ali por uma mola. As vibrações do diafragma mudam por conseguinte a pressão de contacto, e a resistência de contacto do circuito segue assim as vibrações do diafragma.

O transmissor de carvão em grânulos. — Em quasi todos os países os transmissores baseados no principio de um ou mais simples contactos foram postos de parte para dar lugar a uma forma com grande multiplicidade de contactos por meio de grãos de carvão.

A primeira forma de transmissor de carvão em grânulos foi inventada por *Hunnings*, sacerdote inglês, em 1868; vai representada na fig. 98.

O instrumento de *Hunnings* é de construção simples e é formado por um diafragma vibrador de fôlha muito fina de platina, por detrás do qual, a uma distância de 1,5 a 3 milímetros, está fixada uma placa de carvão ou de platina. O espaço entre os electrodos está quasi completamente cheio de carvão duro, em grânulos, muito pequenos. O diafragma vibrador, por ser de fácil deterioração,

está protegido por uma rêde de arame muito fino, colocada em frente dêle, mas não em contacto.

O inconveniente desta forma de instrumento é a tendência que as partículas de carvão têm de se aglomerar devido às vibrações, perdendo assim a elasticidade de contacto que é essencial para o seu bom funcionamento. Um instrumento nêsse estado produz um som abafado e indistinto, sendo por conseguinte a transmissão muito má.

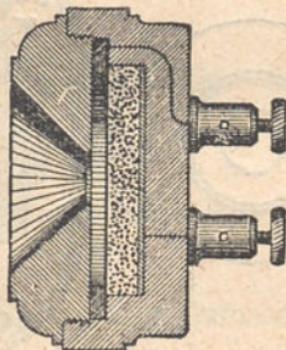


Fig. 98 — O transmissor de carvão em grânulos Hunnings

O transmissor de White. — Um instrumento, em que se evitou a acção da aglomeração, que é particular ao tipo de carvão em grânulos, colocando estes entre dois discos de carvão suportados rigidamente, vai representado na fig. 99.

A caixa C do transmissor é em forma de taça e está ligada ao braço do transmissor.

Esta caixa está fechada pela peça *F* que contém a abertura da peça bocal à qual estão ligados todos os órgãos principais do instrumento.

O diafragma, que é de alumínio, de cerca de 2,5 polegadas de diâmetro e de $\frac{2}{100}$ de polegada de espessura

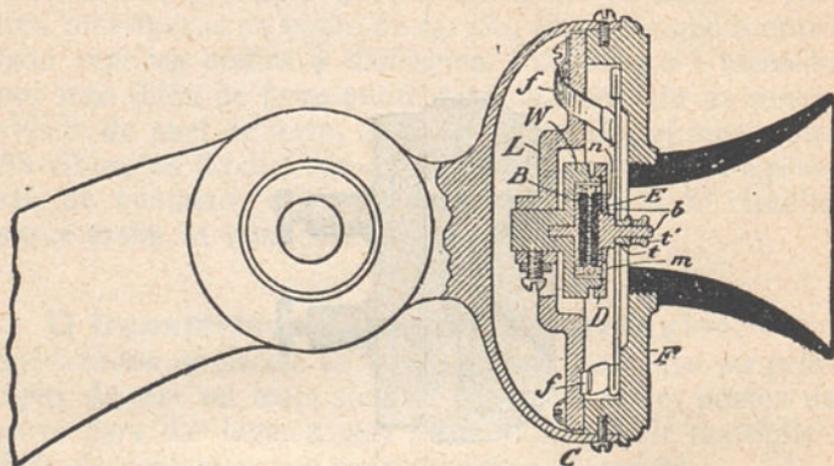


Fig. 99 — Transmissor de White

tem o seu rebordo encaixado num arco de borracha mole e é conservado em posição por duas molas *f f* com pontas de borracha, as quais actuam ao mesmo tempo como amortecedores, evitando que o diafragma vibre muito livremente.

As partes activas d'êste instrumento vão representadas em detalhe na fig. 100. A peça de latão *W* que é su-

portada por uma forte ponte de latão *L*, ligada à peça *F*, fig. 99, forma a caixa para os discos de carvão. A extensão sólida de *W* entra num orifício central da peça *L* e está segura ali por meio de um parafuso.

Os lápis da concavidade em *W* estão cobertos de papel, para isolar a parede da câmara.

O disco posterior de carvão *B* está ligado a uma placa de latão aparafusada no fundo do orifício de *W*. O disco de carvão anterior *E* está montado sobre a placa de latão *b*. Esta placa está provida duma haste de parafuso que passa

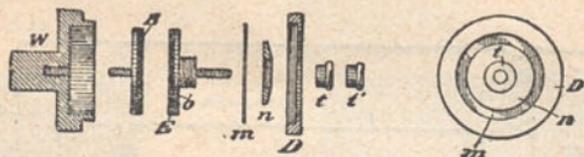


Fig. 100—Detalhe das partes activas do transmissor White

através do diafragma e está aparafusada nêle por meio de duas porcas *t* e *t'*.

Sobre o parafuso, em *b*, está colocada uma pequena rodela delgada, de mica, *m*, suportada contra o disco pela porca *n*. Esta rodela de mica tem o mesmo diâmetro que a parede anterior da peça *W*, e está encostada contra esta parede por uma pequena virola de latão *D* que se aparafusa sobre a peça *W*. A câmara fechada, formada assim entre os discos de carvão na peça *W*, está cheia de carvão em grânulos. Na placa de latão do disco anterior está soldado um fio muito fino, sendo o circuito completado através do carvão em grânulos até o disco posterior, o qual está em ligação metálica com a caixa do instrumento.

As vibrações do diafragma metálico são transmitidas ao disco anterior *E* por meio da haste de parafuso da placa *b*, variando assim a pressão sobre o carvão em grânulos e mudando correspondentemente a resistência do circuito. A mica é suficientemente elástica para receber as vibrações e não é afectada pelo calor.

Agitadores mecânicos. — Para evitar a acumulação dos grânulos de carvão, têm-se adoptado um tanto ou quanto os *agitadores mecânicos*. Numa forma de transmissor, as partes activas estão montadas de tal maneira

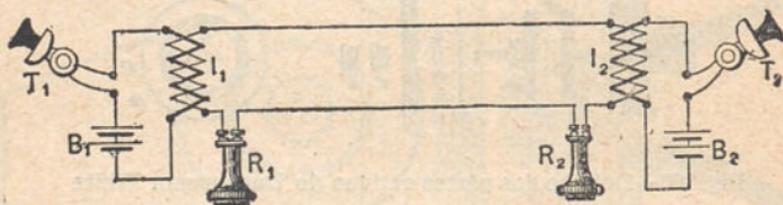


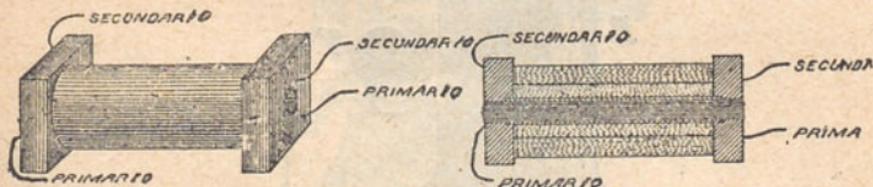
Fig. 101 — Circuito do telefone de Edison

que, voltando a peça bocal, se pode fazer revolver a caixa que contém o carvão em grânulos; êste, caindo sempre para o fundo da caixa, é assim conservado num estado de desaglomeração.

Circuito do telefone de Edison. — Em 1878, Edison conseguiu telefonar a grandes distâncias, introduzindo o transmissor e a bateria num circuito de *baixa* resistência, e a linha e o receptor num circuito de *grande* resistência por intermédio duma *bobina de indução*. O simples circuito telefónico actual para comunicação mútua

entre duas estações é por conseguinte formado por *tres* partes distintas : os *dois circuitos locais* nas estações, e a *linha de circuito* entre as estações. A fig. 101 representa esta disposição. T_1 T_2 são os transmissores; R_1 R_2 são os receptores telefônicos; B_1 B_2 são as baterias e I_1 I_2 são as bobinas de indução, através das quais os circuitos locais comunicam com a linha de circuito.

A bobina de indução. — A bobina de indução é formada por dois circuitos, enrolados sôbre um núcleo de



Figs. 102 e 103 — Vista externa e secção da bobina de indução para telefone

ferro macio, de modo a actuarem indutivamente um sôbre o outro.

As figs. 102 e 103 mostram a vista externa e a secção duma bobina de indução de telefone, A carcassa da bobina de indução é formada por duas peças quadradas de matéria isolante que constituem as suas extremidades, e por um tubo de cartão ou de fibra que suporta o núcleo de ferro, assim como os enrolamentos. O núcleo é formado por um molho de fios de ferro *recozido*.

O *enrolamento primário* da bobina de indução é de fraca resistência. Contém geralmente 250 a 400 voltas de

fio de cobre isolado e tem uma resistência de $\frac{1}{2}$ a 2 óhmios, conforme o género de transmissor e de linha.

O enrolamento secundário está usualmente separado do

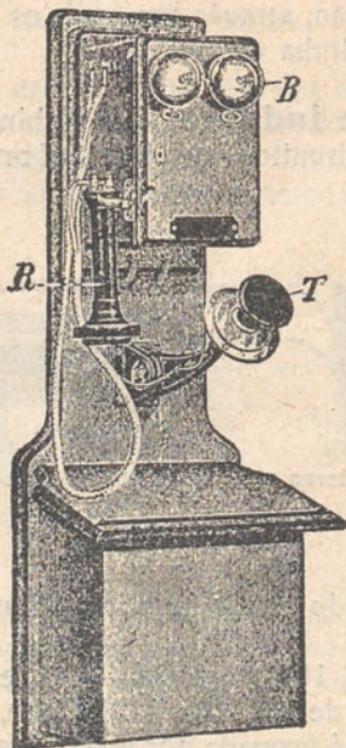


Fig. 104— Telefone de parede, fechado

primário por uma camada isoladora de papel ou de tela e é formado por um grande número de voltas de fio de cobre muito fino, também isolado. O número de voltas no enro-

lamento secundário varia geralmente de 1.300 a 3.000 e a resistência de 14 a 260 óhmios. A força multiplicadora duma bobina de indução é proporcional à relação entre

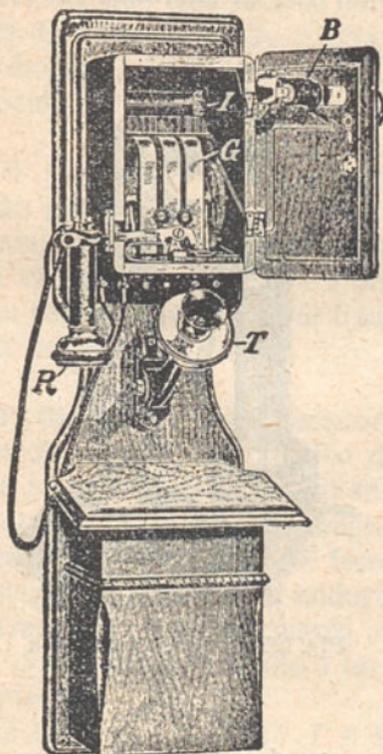


Fig. 105—Telefone de parede, aberto

as voltas do secundário e do primário, de modo que, aumentando esta relação, a força electro-motriz produzida nos bornes do enrolamento secundário é aumentada proporcionalmente.

Aparelho de chamada. — Em adição aos instrumentos necessários para a transmissão e recepção da voz, o aparelho tem de ser disposto para a chamada de qualquer ponto para a estação central e daí para qualquer outro ponto. O aparelho de chamada em casa do assinante é

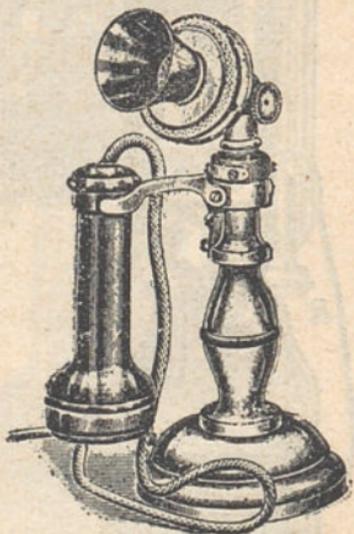


Fig. 106 — Telefone de mesa

formado por um *gerador manual* e uma *campainha polarizada*. Deve haver um gerador na estação transmissora e outro na estação receptora. Visto que cada estação está equipada tanto para receber como para transmitir a voz, em cada estação telefónica há portanto um transmissor, uma bateria, uma bobina de indução, um receptor, uma campainha e um gerador manual. Todos estes vários ins-

trumentos estão instalados numa caixa, cuja forma usual, conhecida pela designação de instrumento de parede, vai representada nas figuras 104 e 105. *T* é o transmissor e *R* o receptor.

A caixa superior, que está aberta na figura 105, contém os magnetes da campainha *B*, o gerador manual *G*, e a bobina de indução *I*. A caixa inferior, cuja tampa tem geralmente a forma de uma escrevaninha, contém a bateria.

A figura 106 representa um instrumento portátil ou de mesa, formado por um receptor e um transmissor montados num pedestal, munido de um interruptor automático. A campainha de chamada, a bateria e a bobina de indução estão numa caixa separada, a qual está fixa num lugar conveniente debaixo ou junto da mesa.

O gerador manual. — O gerador manual é um pequeno dínamo de corrente alternativa do tipo *magneto* ou de *magnetes permanentes*, mostrando a fig. 107 uma vista geral do aparelho. O campo magnético é mantido por magnetes permanentes do tipo de ferradura, feitos do melhor aço de magnete, muito bem endurecido e cuidadosamente magnetizado. Há três ou quatro magnetes colocados uns ao lado dos outros, de modo a ter juntos os pólos da mesma polaridade.

A armadura é do tipo em *duplo T* e é provida, numa das extremidades, de um pequeno carrete que é accionado por uma roda dentada. Esta última é accionada por uma manivela que sai fora da caixa do telefone pela parte direita.

Geradores de energia. — Em muitas instalações públicas de telefones e mesmo nas particulares de grande

importância, em que seria pouco cómodo actuar a campainha manualmente, empregam-se frequentemente *geradores de energia*. Êstes geradores são accionados por motores eléctricos ou qualquer outro meio e estão enrolados para produzirem uma corrente alternativa de voltagem apropriada. Estão ligados no circuito de chamada, sendo

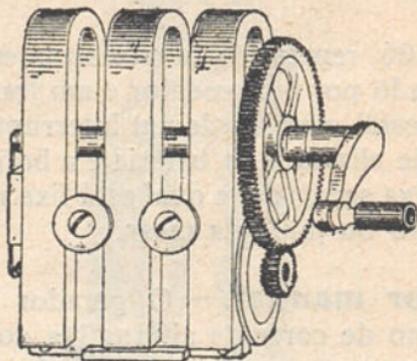


Fig. 107—Gerador manual

só suficiente carregar num botão para chamar a pessoa respectiva.

A campainha polarizada. — Com a introdução do gerador de magneto, manual, teve de se empregar uma forma de campainha que respondesse rapidamente e que fôsse sensível às inversões rápidas da corrente. Estas condições conduziram à adopção da *campainha polarizada*, fig. 108, na qual a armadura é mantida num estado de polarização por meio de um magnete permanente.

E_1 E_2 são dois electro-magnetes que estão montados num núcleo Y de ferro macio. Um magnete permanente M está aparafusado por uma das extremidades ao núcleo Y , enquanto que a outra extremidade está a alguma distância do pólo livre dos electro-magnetes. Em frente do pólo livre do magnete permanente e perto dos pólos está articulada por *pivot* a armadura de ferro macio A , à qual está ligada uma fina haste R com um martelo.

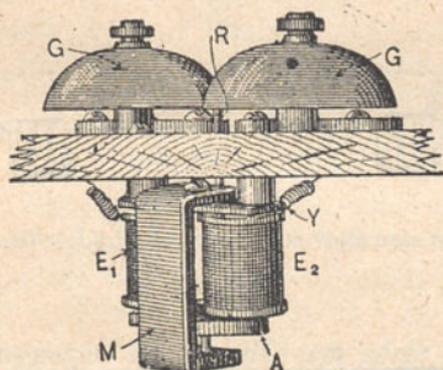


Fig. 108 — Campainha polarizada

A armadura A é assim magnetizada por indução por M , de modo a apresentar uma face de polaridade fixa aos electro-magnetes. Quando uma corrente alternativa passa através de E_1 e E_2 , cada pólo será alternativamente norte e sul e atrairá e repelirá por seu turno a armadura polarizada. A armadura vibra então para diante e para traz, à roda do *pivot*, e faz com que o martelo bata contra as campainhas $G G$.

Circuitos telefónicos

Volta pela terra e circuitos metálicos. — A ligação entre as estações pode ser estabelecida por meio de duas classes de circuitos:

1.^o *Circuito de volta pela terra* em que se emprega só *um* condutor entre as estações, fazendo-se a volta pela *terra*.



Fig. 109 — Circuito em série com volta metálica

2.^o *Circuito metálico* em que se empregam *dois* condutores entre as estações, sendo um d'êles usado para a volta da corrente em vez da terra.

O circuito pela terra foi o primeiro empregado no serviço telefónico, mas tem sido substituído em grande parte pelo circuito metálico. Bem que o circuito metálico necessite duas vezes mais cobre que o outro, tem a vantagem de se obter um circuito praticamente livre de perturbações estranhas. Estas perturbações são devidas à acção in-

dutiva exercida pelos circuitos da luz eléctrica e de motores os quais produzem correntes no circuito telefónico e causam os zumbidos que se ouvem muitas vezes.

Nas instalações em que as estações não estão muito separadas umas das outras e em que não há outros circuitos eléctricos, pode-se empregar com bons resultados o circuito de volta pela terra.

Circuito em série. — Os aparelhos de ouvir e de falar podem estar ligados à linha quer pela forma conhe-

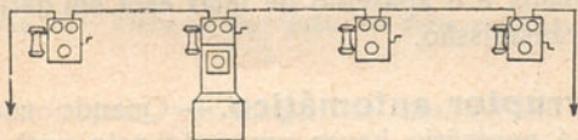


Fig. 110 — Linha em série com volta pela terra

cida pela designação de *circuito em série* quer pelo sistema de *circuito em derivação* ou *ponte*.

No circuito em série o receptor, o secundário da bobina de indução, a campainha e o gerador estão dispostos em série em cada estação, e cada uma destas está ligada à linha para que tôdas estejam em série. A figura 109 representa uma linha em série com circuito de volta metálico, e a figura 110 uma linha em série com volta pela terra.

Circuito em derivação. — No circuito em derivação ou ponte, os diferentes aparelhos em cada estação estão colocados no circuito em derivação independentes atra-

vés da linha ; quando há diferentes estações na linha, cada uma delas está assim em derivação. A figura 111 representa uma tal linha em derivação com o circuito de volta metálico e a fig. 112 outro do mesmo sistema, mas com linha de volta pela terra.

A campainha está permanentemente em derivação através da linha e é feita com grande resistência, para permitir que só uma pequena porção da corrente necessária para se falar passe através dela. O gerador de chamada e os aparelhos para falar estão dispostos de modo a ficarem em derivação através da linha só quando são utilizados, isto é, o gerador está em derivação quando se faz uma chamada e o aparelho de falar está em derivação durante a transmissão.

Interruptor automático. — Quando não se está falando, é necessário haver um meio pelo qual o circuito primário esteja aberto e evite assim que a bateria se esteja descarregando continuamente. A operação de abrir ou fechar o circuito primário é introduzir ou suprimir a campainha da linha é efectuada por meio dum interruptor automático. Êste interruptor automático é formado por uma alavanca metálica articulada numa extremidade e tendo na outra uma forquilha na qual se pode pendurar o receptor.

Quando o receptor está pendurado, a alavanca está numa posição baixa ; quando se retira o receptor da forquilha, uma mola força a alavanca de modo a dar-lhe uma posição mais elevada. Êste movimento da alavanca da posição inferior para a superior estabelece ou abre contacto para abrir ou fechar os circuitos de falar ou de sinalização. Colocando o receptor sôbre a forquilha, interrompe-se o circuito de falar e estabelece-se o circuito da campai-

nha ; retirando o receptor da forquilha, estabelece-se o circuito de falar e interrompe-se o circuito dos sinais.

Derivação automática. — No sistema em série, o gerador manual está normalmente fora do circuito, isto é,

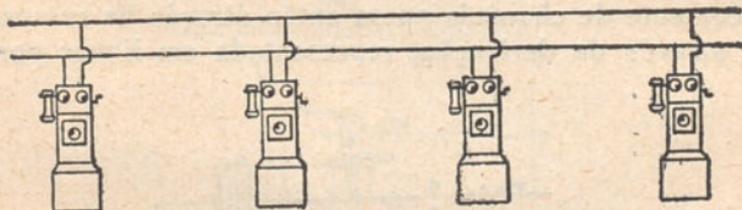


Fig. 111 — Linha em derivação com volta metálica

em derivação ; para pôr o gerador manual em circuito, quando se deseja utilizar os aparelhos de chamada, emprega-se um *interruptor automático* ou *derivação*.

O abrir e o fechar do circuito em derivação é efectua-

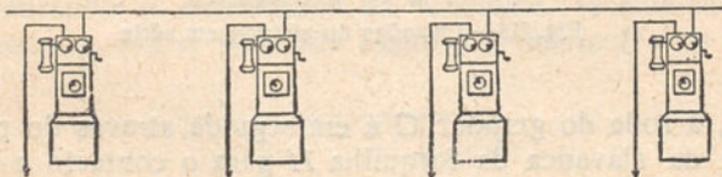


Fig. 112 — Linha em derivação com volta pela terra

do por uma mola que conserva o contacto de derivação fechado enquanto a manivela do gerador manual está em repouso ; quando porém se revolve o gerador manual, um disco actua contra a acção da mola, abrindo o contacto de derivação.

Ligações do sistema em série. — O método empregado para pôr fora do circuito o aparelho de falar, quando o circuito de chamada dum sistema em série está em uso, vai representado nas figuras 113 e 114.

Na figura 113, o receptor do telefone *R* supõe-se estar sobre a forquilha, fechando assim o contacto inferior *a*. A corrente de chamada passa então através da campainha *B*, através da derivação, representada em linhas pontea-

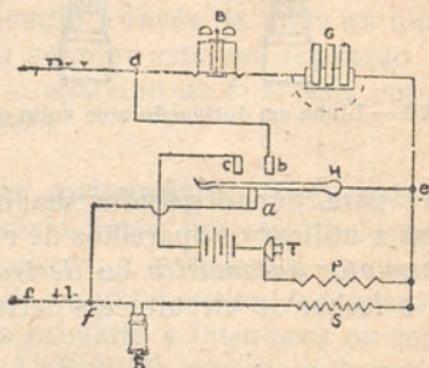


Fig. 113 — Ligações do sistema em série

das, à roda do gerador *G* e em seguida através do ponto *e* e da alavanca da forquilha *H* para o contacto *a* e daí para a linha, pondo assim em derivação o receptor e o secundário *S* da bobina de indução pela ponte de baixa resistência *e H a f*.

Retirando o auscultador da forquilha, o circuito fica como está representado na figura 114. O circuito de chamada está agora aberto em *a*, o circuito primário está fechado em *c* e a campainha de chamada *B* e o gerador *G* estão derivados entre *d* e *e* através do contacto *b*.

Ligações do sistema em derivação. — O funcionamento do interruptor automático do sistema *em derivação* vai representado na figura 115.

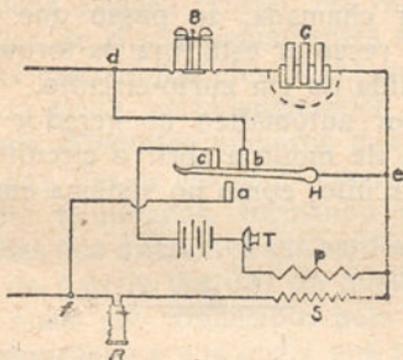


Fig. 114 — Ligações do sistema em série

Retirando o auscultador da forquilha, fecham-se os contactos *a*, *b* e *c*, fechando assim o primário *P* e os cir-

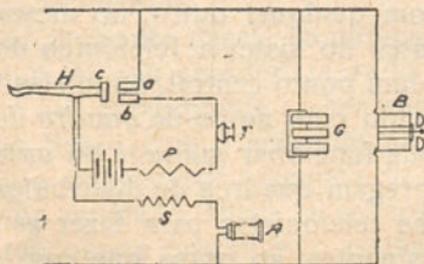


Fig. 115 — Ligações do sistema em derivação

cuitos de falar. A introdução do sistema em derivação tem a vantagem de que a campainha toca quando o seu gerador funciona, mostrando assim que o seu circuito está em bom estado. Outra vantagem ainda é que se se deixar acidentalmente o receptor fora da forquilha, a estação pode continuar a ser chamada, ao passo que no sistema em série, quando o receptor está fora da forquilha, a campainha está suprimida ou em curto-circuito.

O interruptor automático no gerador do sistema em derivação actua de modo a abrir o circuito, em vez de o pôr em curto-circuito, como no sistema em série.

A estação central de telefones

Função da estação central. — A função duma *estação central de telefones* é pôr qualquer assinante em comunicação com qualquer outro, no mesmo sistema. As linhas procedentes do sistema telefónico dos vários assinantes radiam dum ponto central, onde elas terminam num aparelho conhecido pelo nome de *quadro de distribuição*. Êste quadro pode funcionar *manual* ou *automàticamente*. Quando se empregam quadros de distribuição do tipo manual, utilizam-se telefonistas para fazer as ligações pedidas entre os assinantes, ao passo que com os quadros de distribuição automáticos a ligação e desligação das linhas é feita automàticamente pelo assinante que deseja a liga-

ção. Consideraremos aqui somente o quadro de distribuição manual.

O quadro de distribuição de telefone. — A figura 116 representa um simples quadro de distribuição para uma pequena estação central. Na sua parte superior estão cinco filas de discos semelhantes aos dos quadros de chamado das campainhas eléctricas; estes discos, chamados *discos da linha*, estão numerados de modo a corresponderem aos diferentes números dos vários assinantes. Por baixo das filas de discos há cinco filas de orifícios semelhantemente numerados, formando os terminus ou bornes das linhas dos diferentes assinantes do sistema. Na parte inferior da parede vertical do quadro há outra fila de discos, os quais são conhecidos pelo nome de *discos de fim de comunicação* e aos quais nos referiremos mais adiante.

A figura 116 representa a telefonista no acto de ligar dois assinantes. Para êste fim, há um certo número de *fiões flexíveis* com pontas terminus, de metal ou *fichas*, sendo a ligação estabelecida entre dois assinantes, inserindo as duas extremidades dum circuito de ligação nos dois orifícios do quadro de distribuição que correspondem aos respectivos assinantes.

Quando um assinante deseja comunicar com outro, revolve a manivela do seu gerador, fazendo cair na estação central o disco que corresponde ao seu número de telefone e a telefonista liga-o com o aparelho da estação central, formado por um transmissor suspenso do tampo do quadro, e dum receptor aplicado sobre a cabeça da telefonista. Assim que a telefonista responde, o assinante indica o número do telefone com o qual deseja comunicar e a telefonista estabelece então a comunicação desejada entre os dois

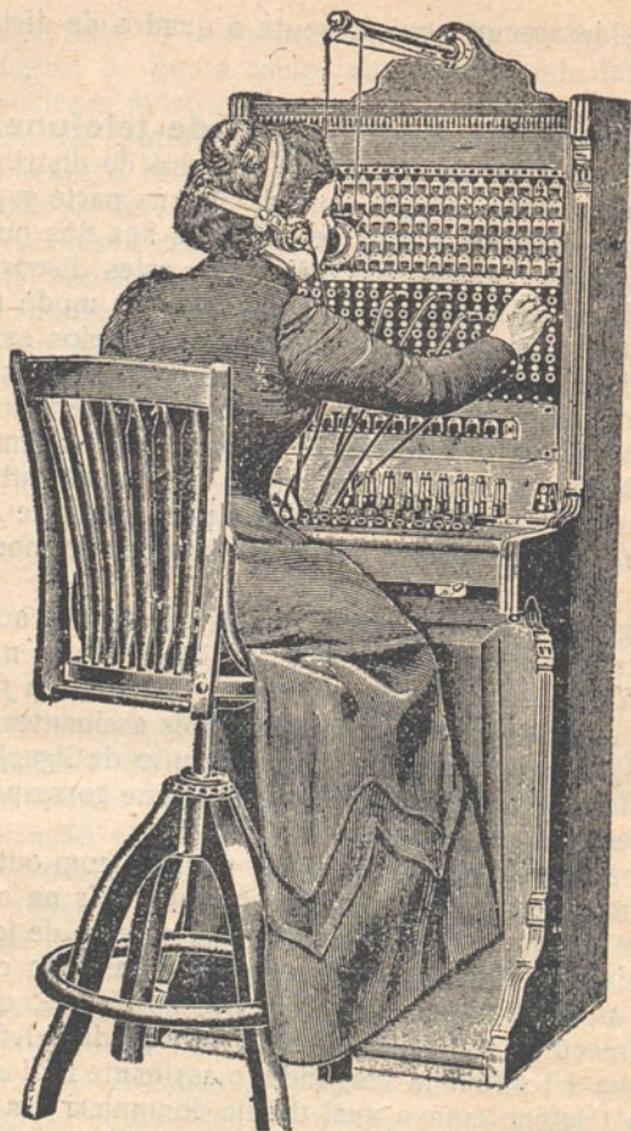


Fig. 116 – Quadro de distribuição telefónica

assinantes, a não ser que o último esteja já falando com outro assinante.

Os fios flexíveis de ligação ou cordas estão enfiados em orifícios na mesa ou parte horizontal do quadro, e são conservados em tensão por meio de pesos pendurados nêles pela parte inferior, de modo que só as fichas projectam acima do quadro quando as cordas não estão em uso.

O conjuntor. — Para ligar rápida e convenientemente dois assinantes entre si, cada linha que entra na estação central termina num aparelho chamado *conjuntor*, o qual é formado por um anel que contém um aparelho de interrupção. A fig. 117 representa a secção dum conjuntor simples ligado às costas do quadro de distribuição tendo uma ficha introduzida nêle.

A base metálica *aa* do conjuntor, usualmente de latão, termina na sua parte dianteira numa manga *b* que se adapta muito bem num orifício aberto na parede *A* do quadro de distribuição e que está perfurada de modo a receber a haste da ficha *P*; na parte posterior da base *aa* está ligada a mola *c* à qual está soldado o fio de linha *l* que conduz ao telefone dum dos assinantes. A parte anterior da mola *c* repousa normalmente contra a ponta *p*, suportada pela base *a*, mas isolada dela. Um fio *g* liga esta ponta a um dos discos do anunciador da linha.

Quando se introduz a ficha no conjuntor, a sua extremidade faz contacto com a ponta da mola *c* da linha e ao mesmo tempo levanta-a do contacto com a ponta *p*. Quando o assinante não está fazendo uso do seu telefone, o fio da linha está ligado através da mola *c* da ponta *p* e do fio *g* ao disco da linha. Quando se introduz a ficha no conjuntor, a linha fica desligada do circuito que conduz ao disco

e é ligada por meio da ficha à corda flexível *F* que liga os dois assinantes.

O conjuntor, representado na fig. 117, serve para um circuito de volta pela terra. Os conjuntores para circuitos metálicos estão dispostos semelhantemente, mas têm dois contactos; a mola *c* da linha, que está neste caso isolada da base *a*, forma um borne, enquanto que a própria base *a* forma outro borne, como se vê na fig. 118. As fichas,

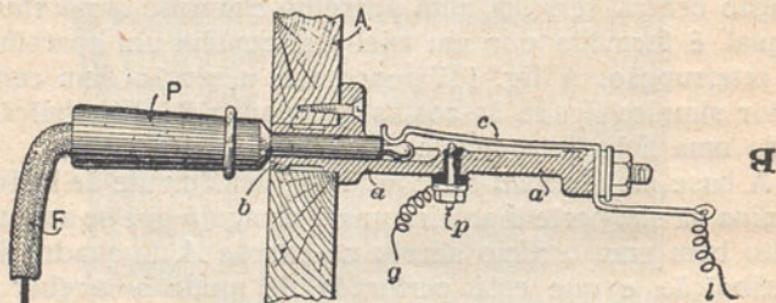
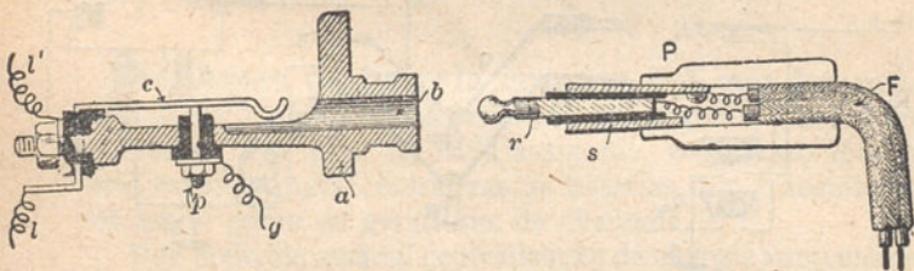


Fig. 117 — Conjuntor para um sistema de telefone de volta pela terra

em vez de serem formadas por uma peça sólida de metal, são também dispostas com dois contactos. A ponta que se casa com a mola da linha do conjuntor forma a extremidade dum rôdo central isolado *r*, fig. 119, ao passo que uma manga de metal *s* rodeia uma porção do rôdo central e faz contacto com a base *a* do conjuntor à medida que a ficha entra no orifício *b*. A corda flexível de ligação *F* contém dois fios isolados, um dos quais está ligado ao rôdo central da ficha e o outro à manga exterior.

Ligações do quadro de distribuição. — As ligações dum quadro de distribuição com circuito de volta pela terra vão representadas diagramaticamente nas figs. 120 e 121. A fig. 120 representa duas linhas de assinantes com os seus conjutores e discos de linha, e a fig. 121 as ligações entre os conjutores e os instrumentos do quadro de distribuição. J_1 e J_2 são os conjutores da linha; D_1 e D_2 são os discos da linha e G é a ligação à terra. R representa o receptor da telefonista, F o transmissor da estação central, B a bateria do transmissor, H o gerador manual,



Figs. 118 e 119 — Conjutor para um circuito de volta pela terra

I a bobina de indução, P e P' um par de fichas, C e C' as cordas flexíveis, e W W' os pesos pendurados nas cordas. K K' e K'' são chaves ou interruptores para operar os vários circuitos do sistema; G' é a ligação à terra na estação central e D é o chamado *disco de fim de comunicação*, o qual cai quando qualquer dos dois assinantes ligados toca a sua campainha para indicar que acabaram de falar um com o outro.

Quando a ficha não está introduzida no orifício, a corrente eléctrica que vem pela linha do assinante n.º 1,

por exemplo, passa através da mola e da ponta de contacto do conjuntor J_1 para o disco da linha D_1 e daí para a terra, completando assim o circuito. Assim que um dos discos da linha caíu, a telefonista introduz a ficha P no conjuntor J' e carrega na chave K . Isto liga o telefone da telefonista com o do assinante que deseja uma comunicação, sendo o circuito da linha completado através do conjuntor J_1 , ficha P , corda C , contacto superior da chave K' através da chave K , receptor R e o secundário da bobina de indução I para a terra G' .

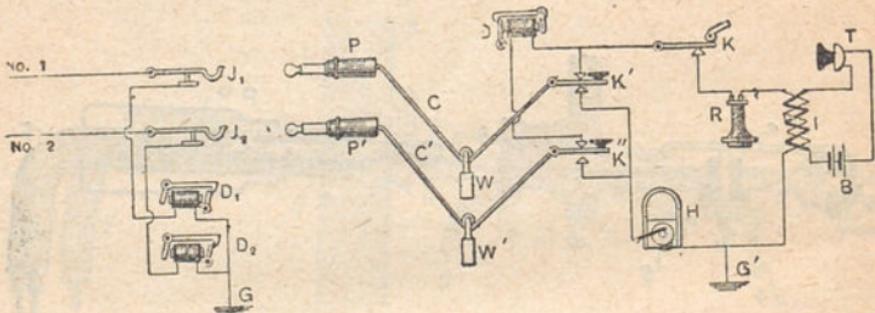


Fig. 120 e 121 — Ligações do quadro de distribuição para um circuito de volta pela terra

Assim que a telefonista conhece o número do assinante desejado, abre a chave K e introduz a outra ficha P' do par no conjuntor do segundo assinante e carrega na chave K'' , fazendo contacto com o seu borne inferior. Isto completa a ligação da terra na estação central através do gerador manual da telefonista, através da chave K'' corda C' , ficha P' , conjuntor J_2 para o assinante n.º 2 e através do magnete da campainha do seu aparelho para a terra. Depois de ter chamado o assinante n.º 2, fazendo accionar o

gerador manual H , a telefonista levanta a chave K'' , ligando assim os dois assinantes através do conjuntor J_1 , ficha P , corda C , contacto superior da chave K' do disco de fim de comunicação D , contacto superior da chave K'' , corda C' , ficha P' através do conjuntor J_2 .

Se a telefonista deseja em qualquer ocasião escutar, para saber se os assinantes estão ainda falando, pode fazê-lo, carregando na chave K , pondo assim o seu telefone numa derivação do circuito entre os dois assinantes. A chave K' pode ser empregada para ligar o gerador central com a linha do primeiro assinante, à qual a ficha P está ligada, se a telefonista deseja chamar o assinante n.º 1.

Sistemas de bateria comum. — É uma desvantagem óbvia ter uma fonte separada de corrente, para falar e chamar, em casa de cada assinante, e portanto têm-se feito esforços para centralizar as baterias dos transmissores assim como os geradores de chamada.

Por meio de uma tal centralização de energia aumenta-se enormemente o rendimento da instalação, pois que em vez de haver um grande número de pequenas unidades que estão inertes, a maior parte do tempo, podem-se empregar algumas grandes unidades que são conservadas em funcionamento continuamente. Também, por outro lado, o custo da instalação e conservação dos aparelhos é muitíssimo reduzido, visto que o gerador manual é a parte mais cara dum telefone ordinário; a bateria comum na estação central é mais facilmente conservada em estado de funcionamento, e mais barato do que o grande número de baterias em casa dos assinantes.

A experiência também mostrou nalgumas estações modernas, em que se empregam tais fontes comuns de

energia, que o trabalho das telefonistas foi reduzido de tal maneira, ao ponto de poderem ocupar-se de um número duplo de assinantes do que com o antigo sistema. Como os aparelhos de chamada funcionam automaticamente, o assinante não tem o incómodo de tocar para chamar ou desligar a central.

Canalizações para um sistema de bateria comum. — O princípio do sistema de bateria comum vai

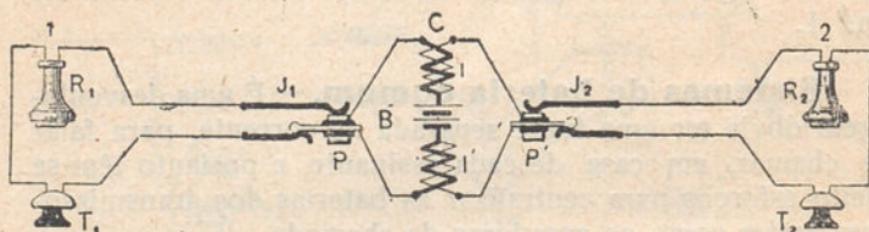


Fig. 122 — Sistema de bateria comum

representado na fig. 122, na qual 1 e 2 são as estações dos dois assinantes e *C* é a estação central. Vêr-se-á que a bateria comum do transmissor *B* está incluída no circuito da ficha na estação central. *T*₁ *T*₂ são os transmissores, *R*₁ *R*₂ os receptores e *J*₁ *J*₂ os conjuntos de linha dos dois assinantes. *P* e *P'* são um par de fichas da estação central, cujos contactos interiores ou mangas estão ligados respectivamente através dos enrolamentos primário e secundário da bobina de indução *I* ao pólo positivo da bateria *B*, ao passo que os seus contactos interiores ou ródos estão ligados através da bobina de indução *I'* ao

pólo negativo de *B*. Os circuitos de chamada, que terminam numa bateria comum de chamada na central, foram omitidos na figura para maior clareza.

A corrente da bateria *B*, quando os receptores dos assinantes são removidos dos seus ganchos, passará em paralelo através dos dois enrolamentos da bobina de indução *I*; daí as duas porções da corrente passam através dos transmissores e receptores das duas estações dos assinantes, respectivamente, e de volta através da bobina de indução *I'* para o borne negativo da bateria.

Qualquer mudança na corrente, num ou noutro circuito, produzida pelo funcionamento dum dos transmissores, actuará através das bobinas de indução sôbre o outro circuito, causando correspondentes flutuações de corrente nesse circuito, de modo que o seu receptor será actuado.

Sistema de estações agrupadas. — Uma linha de estações agrupadas é aquela que contém mais de duas estações, não contando naturalmente a estação central. O termo *estações agrupadas* é empregado para distinguir de *linha particular* que pode ser definida como sendo uma linha que liga a estação central só com um assinante ou só um assinante com outro.

O fim das estações agrupadas é óbvio: combinando dois ou mais assinantes num circuito, reduz-se correspondentemente o número de linhas que terminam na estação central, diminuindo assim o custo do quadro de distribuição e a despesa nos fios da linha.

Quando vários assinantes estão numa linha comum, podem-se empregar quaisquer dos dois métodos seguintes para fazer a chamada:

1.^o Os circuitos de chamada podem ser dispostos de modo que as campainhas de cada linha de estações agru-

padas toque simultâneamente, empregando-se um código de sinais audíveis para distinguir a sua chamada da dos outros ;

2.º Pode-se empregar um sistema de *chamada onibus* ou *facultativa*, de modo que qualquer assinante pode ser chamado sem Incomodar qualquer dos outros assinantes da mesma linha.

No sistema ordinário de estações agrupadas, nada impede que um assinante tire o seu receptor do gancho e escute a conversa dos assinantes na linha comum. Para garantir um certo grau de sigilo no serviço de estações agrupadas, tem aparecido nos últimos anos um certo número de sistemas dispostos de tal maneira que quando um assinante está usando o seu aparelho, todos os outros assinantes no mesmo circuito estão completamente cortados, não podendo usar os seus aparelhos até que o primeiro tenha cessado de falar.

Sistemas de telefones particulares

Sistema de telefone de inter-comunicação.

— Nos sistemas de telefones particulares formados só por um pequeno número de estações, como, por exemplo, para o serviço entre as várias dependências de um estabelecimento ou fábrica, é conveniente comunicar-se entre as diferentes estações sem a ajuda duma estação central.

O plano geral, pelo qual um sistema de telefone inte-

rior está disposto, é de colocar cada estação numa linha separada e passar a linha pertencente a cada estação através de tôdas as outras estações. Por meio de um simples interruptor, disposto em cada telefone, uma pessoa em qualquer estação pode à vontade ligar o seu telefone com a linha que pertence a qualquer outra estação e chamar uma pessoa nessa estação sem a interferência duma telefonista.

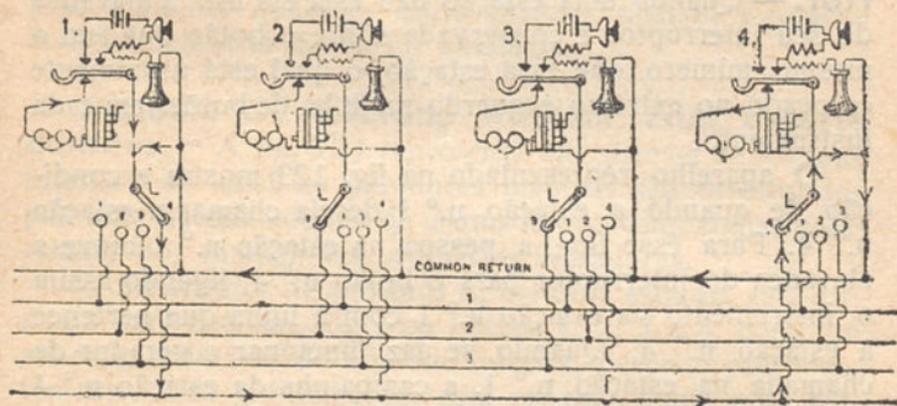


Fig. 125 — Circuito dum sistema ordinário de telefone interior

LEGENDA — *Common return* — Volta comum

Sistema de telefone interior. — A figura 123 representa as ligações para um sistema de telefone interior com 4 estações.

Cada aparelho telefónico compreende os aparelhos ordinários de falar e chamar, introduzidos alternativamente no circuito pelo interruptor ordinário de gancho.

O borne que conduz da alavanca de gancho de cada estação está ligado com a extremidade de um interruptor de alavanca *L*, o qual está arranjado para deslizar sôbre os contactos de botão 1, 2, 3 e 4, dispostos por baixo dêle em arco de círculo. Cada botão, em cada telefone, está ligado com um fio de linha que tem o mesmo número que o botão. O segundo borne de cada estação está ligado a um fio comum de volta, o qual liga desta maneira tôdas as estações.

Funcionamento do sistema ordinário interior. — Quando uma estação não está em uso, a alavanca do seu interruptor é conservada sôbre o botão que tem o mesmo número que essa estação, o qual está usualmente colocado no extremo esquerdo na linha de botões em cada instrumento.

O aparelho representado na fig. 123 mostra a condição de quando a estação n.º 1 deseja chamar a estação n.º 4. Para êsse fim, a pessoa na estação n.º 1 move a alavanca do interruptor para o botão n.º 4, ligando assim o instrumento na estação n.º 1 com a linha que pertence à estação n.º 4. Quando se faz funcionar o gerador de chamada na estação n.º 1, a campainha da estação n.º 4 tocará, sendo o circuito completado através dos circuitos de chamada em ambas as estações. Do gerador na estação n.º 1 a corrente passa através da campainha e da alavanca de gancho dessa estação para o interruptor de alavanca *L* da mesma estação; daí para o botão n.º 4 e através da linha 4 para o botão 4 na estação n.º 4. Daí a corrente passa para o interruptor de alavanca *L* na estação n.º 4 e depois através da alavanca de gancho, campainha e gerador da estação n.º 4 para o fio de volta comum através do qual volta para o gerador da estação n.º 1, como mostram as setas.

Quando se retiram em seguida os receptores dos seus ganchos em ambas as estações, os instrumentos de falar são ligados, pelo movimento para cima da alavanca de ganho, ao circuito pelo qual uma corrente de chamada foi justamente enviada, e as pessoas podem falar pela linha n.º 4 e pelo fio de volta comum.

Quando a conversa acabou, a pessoa na estação n.º 1 deve mover o interruptor de alavanca para o seu botão próprio; doutra maneira a campainha na estação n.º 1 não poderá responder a uma chamada, enviada pela sua própria linha, de qualquer outra estação, quando a estação com que ela está ligada fôr chamada.

Sistema de telefone interior com bateria comum. — A fig. 124 representa um sistema de telefone interior, no qual os geradores manuais são substituídos por uma bateria comum de chamada e as campainhas polarizadas por campainhas ordinárias vibradoras.

O interruptor de alavanca *L*, em cada estação, está disposto para deslizar sobre os botões 1, 2, 3 e 4, como no sistema ordinário de telefone interior, descrito precedentemente, mas o interruptor está provido duma peça adicional de contacto *D*, disposta de modo que a alavanca *D* não esteja normalmente em contacto com ela, mas que pela pressão sobre o manípulo de *L* possa em qualquer das suas várias posições ser posta em contacto com *D*. As peças de contacto *D* de tôdas as estações estão ligadas a um fio comum de chamada que contém a bateria comum de chamada *CB* e que está ligado a um fio comum de volta dos circuitos de falar.

Quando uma estação deseja chamar outra, por exemplo se a n.º 4 deseja falar com a n.º 1, leva-se a alavanca da estação n.º 4 para o botão n.º 1, no interruptor, e então

carrega-se nele; com êsse movimento a corrente da bateria comum é enviada da peça de contacto *D* na estação n.º 4 através do botão 1 para a linha n.º 1 que se deseja chamar, passando através da campainha de chamada na estação n.º 1 e voltando pelo fio comum de falar. O caminho da corrente de chamada vai indicado por setas.

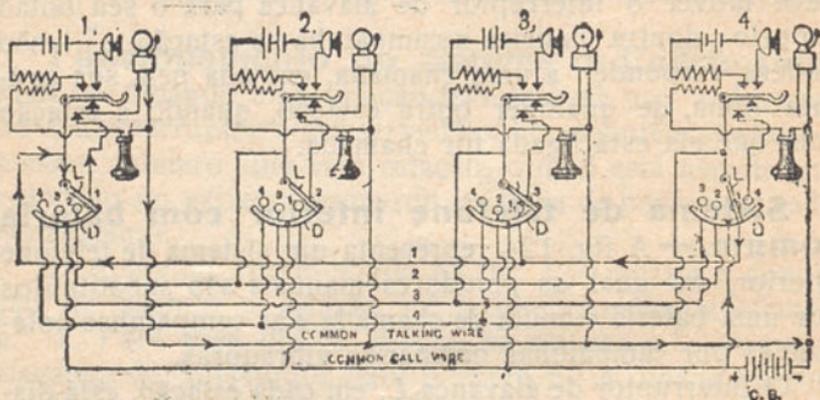


Fig. 124 — Sistema de telefone interior com bateria comum

Legenda — *Comon talking wire* = Fio comum de falar

Common call wire = Fio comum de chamada

Interruptor automático para sistemas de inter-comunicação. — Para vencer as dificuldades dos sistemas de telefones interiores, devido à pessoa que chama deixar a sua alavanca do interruptor numa posição errada, os instrumentos para os sistemas de inter-comunicação são muitas vezes providos de interruptores automáticos. Estes interruptores automáticos estão dispostos de modo que quando a pessoa que chamou pendura o seu receptor, actúa automaticamente uma mola que envia a alavanca do interruptor para a sua posição apropriada.

Os aparelhos de raios X

A produção e definição de Raios X

Se um pedaço rígido de cartão, revestido dum lado com um sal ou produto químico, fluorescente, como por exemplo o platino-cianeto de bário, fôr pôsto diante dos olhos, com a parte coberta de sal voltada para êles, e fôr submetido ou pôsto perto dum tubo de vidro apropriadamente construído e no qual haja um grande vácuo por onde se faça passar uma descarga eléctrica, o alvo ou quadro de cartão iluminar-se-à e ver-se-à brilhar enquanto durarem as descargas.

Se se colocar ao mesmo tempo um corpo denso, como por exemplo uma moeda ou uma chave, na parte não revestida do quadro, face ao tubo, ver-se-à através do quadro a sua sombra bem definida.

Desta maneira, se se substituir o quadro por uma chapa fotográfica, o perfil da sombra do objecto apparecerá reproduzido na placa depois de revelada, isto é, depois de tratada quimicamente.

Este efeito sobre o quadro ou placa não é devido à luz ordinária radiada pelo tubo, visto que tem lugar mesmo quando o tubo parece estar perfeitamente sem vida no referente a luz visível; se o tubo fôr encerrado numa caixa de madeira à prova de luz, por exemplo com paredes de $\frac{1}{2}$ centímetro de espessura, a acção descrita persistirá com um vigor por assim dizer igual.

O estudo das sombras assim produzidas mostra que o efeito é como o de raios, semelhantes aos da luz, excepto que os primeiros ou raios X não affectam a retina directamente e podem penetrar a madeira e outros corpos densos; imergem dum ponto ou superficie dentro do tubo, espalhando-se em tôdas as direcções em linha recta.

Se se colocar sobre o quadro, face ao tubo, uma bolsa com dinheiro, uma caixa de madeira com chaves dentro, ou a mão duma pessoa, ver-se-á uma sombra escura das moedas, das chaves ou dos ossos da mão, dentro duma sombra mais clara da bolsa, caixa ou carne das mãos, respectivamente.

Estes raios penetram portanto os corpos sólidos, sendo absorvidos quando assim os penetram, aumentando a absorção para uma dada espessura dos materiais, directamente em proporção às suas densidades, e para uma mesma densidade de material proporcionalmente às suas espessuras. Esta lei não é contudo absolutamente rigorosa, mas só aproximadamente verdadeira; há algumas excepções absolutas como, por exemplo, o diamante, o qual, bem que seja muito mais denso que o vidro, é muito transparente aos raios X.

As sombras de todos os corpos, quer homogéneos ou não, mostrarão em geral não só o perfil do corpo no seu conjunto mas também uma certa profundidade de sombra cada vez mais escura sobre a sua área, mostrando cada

aumento de espessura ou densidade, uma sombra mais intensa relativamente ao resto.

Ao contrário dos raios de luz, estes raios não podem ser reflectidos nem refractados.

A-pesar-do assunto ter sido muito estudado, não se tem podido dar uma explicação satisfatória do carácter anómalo dos raios X. Por esta razão, a designação de raios X, proposta pelo seu descobridor, o professor Roentgen, foi universalmente adoptada. A significação do título é derivada do uso que se faz da letra X em álgebra para representar uma quantidade desconhecida.

Aparelhos geradores

Já dissemos que os raios X são emitidos por tubos de vidro, nos quais o vácuo é elevado a um grau muito elevado, fazendo-se em seguida passar através dêsse vácuo descargas eléctricas. Como a resistência eléctrica de tais tubos é sempre muito grande, essas descargas necessitam um potencial ou tensão muito elevado. A fôrça electromotriz das baterias ou dos circuitos de luz e fôrça industriais não se adequa para tais usos, sendo necessário multiplicá-la por meio de aparelhos especiais; ou então a F. E. M. necessária pode ser desenvolvida directamente, como por exemplo por uma forma qualquer da máquina estática.

Na prática, os dois métodos indicados são os únicos

conhecidos que são capazes de reproduzir raios X em profusão. Tem-se pois como aparelhos de produção dos raios X:

- | | | |
|----------------------|---|-----------------------|
| A. Aparelho | } | 1 A bobina de indução |
| transformador, | | 2 A bobina de Tesla |
| B. Máquina estática. | | |

A bobina de indução e a máquina estática já foram descritas no volume desta biblioteca «A Chave da Electricidade». Vamos, pois, descrever agora a bobina de Tesla.

A bobina de Tesla

A bobina de Tesla vai representada em diagrama na fig. 125. Consiste essencialmente em duas bobinas de indução, servindo a corrente secundária da primeira para carregar uma jarra de Leyde ou condensador.

O primário da segunda bobina está ligado em série com a distância explosiva G aos dois revestimentos da jarra de Leyde. Quando esta está completamente carregada, descarrega-se através da distância G , sendo esta descarga, pelas leis bem conhecidas da passagem da electricidade num circuito de carácter oscilatório de alta frequência, de um milhão ou mais vezes por segundo. O primário da segunda bobina é assim excitado por uma corrente alternativa de grande voltagem e alta frequência, de modo que o

seu secundário produz uma descarga, de grande *F. E. M.* e da mesma alta frequência. Esta *F. E. M.* final é tão grande que é geralmente necessário submergir a segunda bobina por completo, primário e tudo, num tanque de óleo, pois que poucos isolamentos sólidos são capazes de suportar uma *F. E. M.* tão elevada, sem serem atravessados.

Na prática, a jarra de Leyde é substituída por um con-

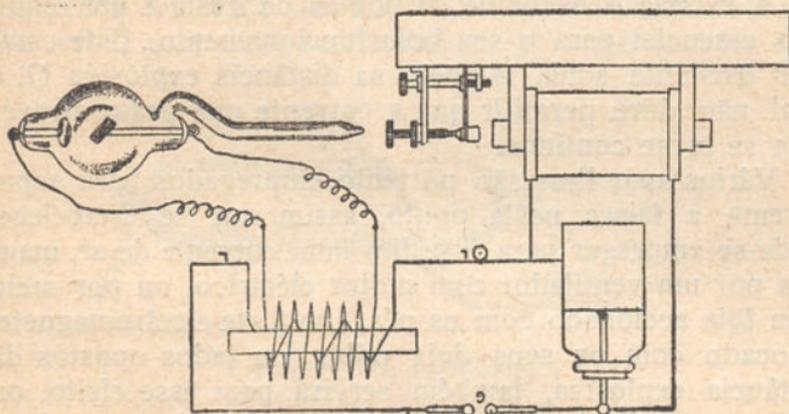


Fig. 125—Ligações da bobina do Tesla

densador especial, feito como o duma bobina de indução, mas com folhas de vidro de 1,5 a 3 milímetros de espessura, actuando como isolador. Em vez de folha de estanho, usa-se folha de cobre para a substância condutora.

A bobina de indução representada no diagrama é substituída por um pequeno transformador de circuito magnético fechado, isto é, praticamente uma bobina de indução com um núcleo formado por um anel de ferro, em vez dum molho de fios diretos. Nesta bobina, emprega-se um

número muito menor de voltas no secundário, do que na bobina de indução ordinária.

A segunda bobina de indução ou **bobina de Tesla**, propriamente dita, tem usualmente só algumas voltas de fita de cobre no primário. Êste é enrolado sôbre um cilindro ou rôdos de vidro. Sôbre um cilindro exterior de rôdos de vidro está enrolada uma camada só de fio fino, por exemplo N.^o 30 a 34 *B. & S.*

A excitação oscilante da bobina de Tesla é um requisito essencial para o seu bom funcionamento. Êste caracter oscilante actúa também na distância explosiva *G*, a qual não deve permitir que a corrente que passa através dela se torne contínua.

Vários aparelhos são portanto empregados para «apagarem» a faísca neste ponto, assim que se estabelece. Pode-se empregar para êsse fim uma corrente de ar, mantida por um ventilador com motor eléctrico, ou por meio dum fole accionado com os pés. Um forte electromagnete, colocado com os seus dois pólos em lados opostos da distância explosiva, também servirá para êsse efeito, ou então por meio duma roda com um certo número de braços radiais, igualmente espaçados, actuando como um borne do espaço de ar, de tal forma que quando é revolvido por um motor, êstes braços sucessivamente estabelecem e suprimem a faísca. Também se pode empregar metal «anti-arco» para os eléctrodos de faísca, o qual dá resultados bastante satisfatórios sem os aparelhos enumerados atrás.

Tubos de Raios X

Imagine-se um tubo cilíndrico de vidro, de 10 cent. de comprimento por 2,5 de diâmetro, com uma espessura de paredes de cerca de $1,5 \text{ m/m}$. Em cada extremidade d'êste tubo, que deve ser fechado, está selado um fio de

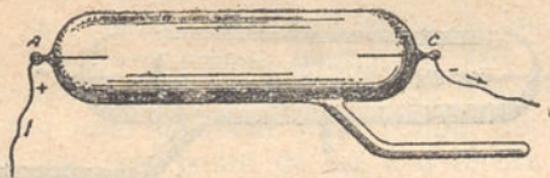


Fig. 126 — Tubo de Geissler

platina, o qual projecta uma pequena parte para dentro do tubo, e tem na sua parte exterior dois elos para a ligação aos bornes duma bobina de indução ou outro aparelho gerador. Perto dum dos seus extremos está um tubo de «selamento» que serve em primeiro lugar (antes da sua extremidade estar fechada) para a ligação a uma bomba de vácuo, e depois como manípulo ou suporte. Um tal tubo pode ser considerado como a idéia típica ou fundamental para o estudo dos tubos de raios X (ver figura 126).

Se um tal tubo fôr ligado a uma bobina activa, cujo comprimento de faísca seja menor que a distância entre as

extremidades interiores dos dois fios de platina, ou «electrodos» antes do tubo estar exausto, não se notará nenhuma mudança na descarga da faísca, entre os bornes A e C. Accionando porém um pouco a bomba de vácuo, o tubo começa a encher-se de luz rosada muito clara, aparecendo primeiro nos eléctrodos e estendendo-se gradualmente à medida que o vácuo aumenta, até que o corpo todo do tubo se enche. Algumas vezes a côr tem um colorido esverdeado, outras vezes branco. Se se continuar a aumentar o vácuo, o corpo colorido divide-se em anéis de côr, mais

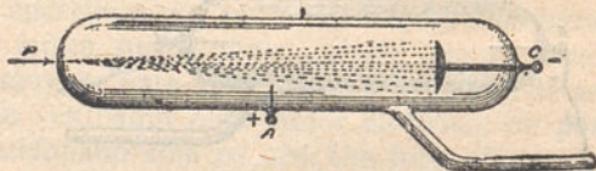


Fig. 127 — Tubo de Crookes

ou menos claramente separados uns dos outros, mudando continuamente a sua posição no tubo com um movimento semelhante a tremor. Nesta condição o tubo diz-se estar estriado, chamando-se aos anéis «estrias».

Estes efeitos de luz variam em côr e forma, conforme o modelo do tubo, a qualidade do vidro, o grau de vácuo, a temperatura, etc. O carácter geral de efeito fica porém pouco mais ou menos o mesmo, sendo o aparelho geralmente conhecido pelo nome de **tubo de Geissler**. O grande vácuo necessário para produzir êstes efeitos de Geissler nunca excede 1 a 2^m/_m de mercúrio.

Se se levar o grau de vácuo ainda mais longe, para o que se devem empregar bombas de mercúrio do tipo Sprengel, o carácter das descargas de faíscas altera-se completamente. As côres leitosas desaparecem e são substituídas por uma incandescência geral esverdeada na superfície interior do tubo. Esta incandescência é em geral muito mais pronunciada perto duma das extremidades do tubo do que da outra.

Se se construir um tubo, como mostra a figura 127, substituindo um dos fios por um disco côncavo *C*, cujo centro esteja oposto a *P*, e se se puser o outro eléctrodo *A* sôbre um dos lados, submetendo-se o tubo exausto a uma descarga enérgica de faíscas, vêr-se-á sôbre a superfície *P* um pequeno ponto ou disco de luz verde muito intensa. Passados alguns momentos esta superfície do vidro torna-se muito quente, podendo finalmente produzir a fusão se o tubo funcionar muito tempo. Um exame atento mostrará que êste ponto de luz é o vértice dum raio ou facho de luz que passa através do tubo de *C* para *P*.

O eléctrodo *C*, donde o facho parece partir, chama-se o **cátodo** e é sempre negativo. O outro eléctrodo *A* chama-se **ânodo** e é positivo.

Os raios do facho catódico são sempre perpendiculares à superfície do cátodo. Se o cátodo fôr um disco plano circular, o facho catódico será um cilindro de secção uniforme. Se o cátodo tiver um pequeno diâmetro, o cone de raios catódicos terá uma pequena altura.

Quando ocorrem êstes fenómenos catódicos, o vácuo chama-se *vácuo de Crookes* e os tubos, *tubos de Crookes*.

Estes vácuos são muito mais elevados que os de Geissler, e são, no máximo, pouco superiores a algumas milésimas partes de uma atmosfera.

O que se passa dentro dos tubos de Crookes não é bem

conhecido. A teoria mais aceite supõe que, à pressão normal, as moléculas do ar estão tão juntamente amontoadas que uma dada molécula não pode deslocar-se sôbre uma distância maior que algumas vezes o seu diâmetro, sem esbarrar com uma vizinha. Com os grandes vácuos, porém, o número de moléculas torna-se tão pequeno que uma molécula pode deslocar-se sôbre uma distância considerável, 2 cm. por exemplo, antes de encontrar outra. Supõe-se que a electrificação do cátodo dá direcção a estas moléculas (as quais estão, naturalmente, em movimento contínuo, segundo a teoria cinética dos gases) carregando-as com electricidade negativa e em seguida arremessando-as para longe violentamente, em direcções normais à sua superfície. Esta teoria da natureza do cátodo considera pois o facho feito de partículas electrificadas, e isto é mais ou menos corroborado pelo facto de que dois fachos semelhantes paralelos exercem uma acção mútua um sôbre o outro, e também pelo facto de estes raios serem desviados por um magnete, etc.

Os tubos de Geissler não produzem raios X, ao passo que os de Crookes produzem êsses raios.

A fonte imediata donde os raios X emergem é a superfície sôbre a qual os raios catódicos incidem. Na fig. 127 a superfície *P* produz raios X.

Em geral, os raios X serão produzidos por qualquer superfície dentro dum tubo de Crookes; sôbre a qual incida um facho de raios catódicos.

O tipo mais eficaz de tubos para raios X é aquele em que o facho de raios catódicos está focado por um eléctrodo côncavo sôbre um reflector de platina chamado anti-cátodo, colocado dentro do tubo, formando um certo ângulo com o eixo do facho.

A forma corrente dêstes tubos vai representada na fi-

gura 128. A parte central do tubo cilíndrico é, neste tipo, alargado na forma duma esfera. Isto permite obter-se um grande cone de raios X através duma pequena espessura de vidro praticamente uniforme, o que é muito importante, visto que o vidro é muito opaco aos raios X.

A forma esférica é naturalmente a que apresenta um máximo de resistência, com uma espessura mínima.

No centro está o plano inclinado ou «reflector» de pla-

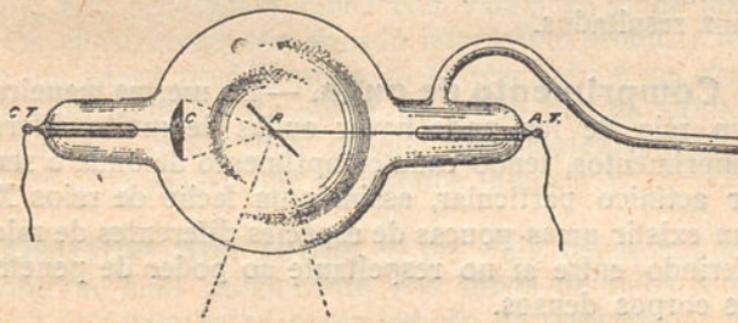


Fig. 128 — Tubo de Roentgen

tina iridiada, sobre o qual o cátodo C concentra os seus raios.

O eléctrodo cátodo deve ser de alumínio, muito regular e muito polido. Deve ser colocado de modo que o vértice do cone de raios catódicos tenha uma área tão pequena quanto possível; isto significa, por assim dizer, um ponto, ou fonte local de raios X e conseqüente nitidez no poder de definir os contornos.

O vértice do fecho de raios X emitido pelo reflector

inclinado cu anti-cátodo, como mostra a fig. 128, pode ser chamado o ponto focal do tubo, para tôdas as applicações práticas subseqüentes.

A incidência dos raios catódicos sôbre o refletor tende a aquecer êste último. É necessário, com efeito, que o reflector esteja pôsto ao rubro, para se obter uma fôrça sufficiente capaz de penetrar corpos densos e operar a fotografia ràpidamente. O funcionamento com «calor até ao branco» para corpos muito densos é ainda melhor; mas, para resistir a um tal tratamento, o tubo deve ser feito com grande cuidado, e mesmo assim muitas vezes dá maus resultados.

Comprimento de onda. — Da mesma maneira que num raio de luz pode haver ondas de muito diferentes comprimentos, tendo cada comprimento de onda o seu poder actínico particular, assim num fecho de raios X podem existir umas poucas de espécies diferentes de raios X, diferindo entre si no respeitante ao poder de penetração nos corpos densos.

Poder de penetração. — Quando o vácuo é elevado, isto é, quando a rarefação é muito completa, os raios X têm um poder máximo de penetração; quando o vácuo é fraco, isto é, quando a rarefação é muito incompleta, os raios X têm um poder mínimo de penetração. Variando o vácuo, a qualidade penetrativa do tubo pode ser regulada como se quiser. Assim, com um tubo de fraco vácuo, a mão apresenta uma sombra densa sôbre o alvo fluorescente já descrito, e não se vêem os ossos. Á medida que a rarefação aumenta, o corpo geral da sombra torna-se mais claro, pois que os raios se tornam mais penetrantes, e os ossos começam a aparecer na forma de

massas mais escuras. Elevando ainda mais a rarefação do tubo, os raios tornam-se tão penetrantes que a sombra da carne desaparece quasi por completo, tornando-se os ossos muito mais claros. Finalmente, com um vácuo muito grande, mesmo os ossos produzem sombras muito claras, tornando-se mesmo invisíveis na grande quantidade de luz.

Na prática, deve-se pois dispôr dum certo número de tubos com vácuo variável. Para as mãos e pés o vácuo deve ser comparativamente fraco. Os ombros, joelhos, etc. necessitam uma maior penetração, ao passo que o tórax, pelvis, etc. necessitam tubos com rarefação ainda maior.

Os construtores têm achado impossível produzir tubos com um vácuo predeterminado. O resultado é em grande parte consequência do acaso, de modo que os tubos são geralmente classificados depois de completos, conforme as suas capacidades que os ensaios indicam.

Defeitos dos tubos. — Os dois defeitos que se encontram mais comumente nos tubos de raios X são:

- 1.º O vácuo baixa — diminuição da rarefação.
- 2.º O vácuo aumenta — aumento da rarefação.

Diminuição da rarefação. — Isto é geralmente produzido por se fazer funcionar o tubo com muito vigor. O ponto especial de perigo é quando o reflector começa a tornar-se rubro. Isto faz saír da sua superfície o vapor, absorvido, o que naturalmente tende a abaixar o vácuo. Provavelmente, o calor intenso também faz saír o vapor da parte interior da superfície do tubo. Êste abaixamento do vácuo vê-se imediatamente pela diminuição no poder de penetração dos raios X, como também pela incandescência no tubo que muda para o rosado ou encarnado.

Também será indicado por um aumento repentino do encarnado do reflector, devido ao aumento rápido da corrente que a resistência interior do vácuo deixa passar através do tubo.

Quando se usa um tubo novo pela primeira vez, deve ser tratado com grande cuidado, começando com uma quantidade de energia muito pequena, aumentando progressivamente a distância da fâisca até que a platina comece justamente a brilhar; em seguida proceda-se ainda com mais cuidado, permitindo que a platina se ponha rubra, muito devagar, observando de perto quaisquer sinais de insucesso. Se ocorrer alguma coisa anormal, pare-se imediatamente, deixe-se arrefecer o tubo e comece-se de novo.

Algumas vezes, um tubo, por meio de tais experiências repetidas, pode ser pôsto numa condição em que o ponto crítico seja passado regularmente, sem embaraço.

Geralmente, porém, tais tubos só podem funcionar com distâncias explosivas inferiores à distância crítica.

Aumento do vácuo. — Todos os tubos em que o vácuo não baixa quasi imediatamente, aumentam o vácuo mais cedo ou mais tarde. A causa disto não está bem determinada. Segundo a teoria de Tesla, isto é devido ao facto do bombardeamento catódico ser de tão grande velocidade que expele as moléculas do ar através das paredes do tubo. Segundo outra teoria mais restrita, as moléculas são absorvidas pela superfície interior das paredes do tubo.

Êste aumento do vácuo é indicado pela maior penetração dos raios, e ainda mais claramente pelo aumento da distância explosiva necessária para o funcionamento do tubo. Referindo-nos à figura 125, vê-se que o tubo está

sempre em paralelo com a distância explosiva, sendo esta última ajustada de modo a não apresentar um caminho mais fácil entre os seus bornes do que o tubo. Se, portanto, o vácuo no tubo se elevar, a resistência d'este último torna-se maior e a descarga abandona o tubo e passa através da distância explosiva.

A distância explosiva deve então ser aumentada para que a descarga passe de novo através do tubo.

Muitas vezes o tubo comporta-se assim quando é usado pela primeira vez; nesse caso, não há em geral nada mais a fazer do que devolvê-lo ao seu construtor.

Em todos os casos qualquer tubo aumentará eventualmente o vácuo — a sua duração é assim limitada. O equivalente de 60 horas de funcionamento contínuo é provavelmente o máximo que se pode esperar, nas circunstâncias mais favoráveis, de qualquer tubo.

Um tubo pode aumentar tanto o vácuo até que as faíscas passem à roda da parte exterior do tubo entre os dois eléctrodos, de preferência a passarem através d'ele.

Isto ocorre geralmente antes que se atinja um ponto em que a penetração dos raios é demasiada. Se o tubo fôr forçado até êsse ponto, ou mesmo além, há grande risco de que as faíscas passem através das finas paredes do tubo. Um tubo assim danificado diz-se estar *picado* ou *perfurado*.

Um tubo em que o vácuo aumenta pouco a pouco de dia para dia pode ter a sua duração prolongada aquecendo-o branda e gradualmente na sua superfície inteira com uma chama de Bunsen ou com uma lâmpada de alcoól. Se se fizer isto em *demasiado*, o vácuo pode mesmo ser *abaixado* em excesso; nesse caso, deixando *arrefecer* o tubo, êste voltará de novo ao estado primitivo.

Deve-se sempre parar a corrente antes de aquecer o

tubo visto que a chama, sendo um bom condutor, poderá comunicar um choque às mãos, causando com tôdas as probabilidades um acidente, vertendo o alcohol ou quebrando o tubo.

Um tubo que tenha um vácuo demasiado, pode, bem entendido, ser aberto e o ar rarefeito de novo. A maior parte dos construtores anunciam que fazem isso com pouco dispêndio. Deve-se porém notar que, um tubo em que se produza de novo o vácuo nunca tem a duração que tinha primitivamente; o mais que se pode esperar, nas melhores condições, é 15 a 20 ⁰/₁₀₀ da duração primitiva. É pois duvidoso que essa operação valha a despesa.

Tubos perfurados. — Os tubos perfurados podem muitas vezes ser reparados e o vácuo produzido de novo, bem que as observações expostas acima lhes sejam igualmente applicáveis. Algumas perfurações não podem ser reparadas, pois que o vidro muitas vezes não resiste a ser reaquecido, partindo-se em mil pedaços quando se tenta fazer isso.

Alguns tubos têm por vezes listras compridas de ar nas suas paredes. Estas listras iluminam-se vigorosamente durante a descarga, devido à acção electrostática, a qual perfurará eventualmente o vidro a não ser que se exerça grande cuidado. Estas manchas, se não estiverem directamente no caminho dos raios X, podem ser grandemente fortalecidas, cobrindo-as com parafina quente; isto é equivalente a aumentar a espessura do vidro nesse ponto.

Regulação do vácuo. — A figura 129 mostra uma forma típica de tubo construído para se regular o vácuo. Difere do tubo da figura 128 somente em ter um pequeno tubo lateral perto dum dos extremos dentro do qual está

colocada uma pequena quantidade de potassa cáustica. Este produto químico tem uma grande afinidade para a água, de modo que, fazendo sair a maior parte, mas não toda a água, durante a rarefacção, pôde-se a qualquer momento encher o tubo mais ou menos com vapor de água, aplicando simplesmente calor na pequena ampola. Um método semelhante é empregado bastante em Inglaterra o qual consiste em colocar um pedaço de paládio na pequena ampola.

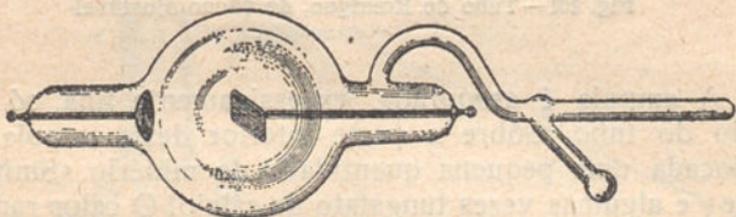


Fig. 129—Tubo com vácuo ajustável

Enche-se o tubo com hidrogénio antes da rarefacção. O paládio absorve 900 a 1.000 vezes o seu volume de hidrogénio à temperatura ordinária e este pode ser restituído em qualquer ocasião, aquecendo a pequena ampola.

A dificuldade com estes tubos de potássia, assim chamados por falta de outro termo mais apropriado, está em aplicar exactamente o calor necessário para que não seja de mais nem de menos. Este expediente é também só temporário e eventualmente o vácuo aumentará a-pesar desta disposição, pois que a potassa perde finalmente a propriedade de absorver e de restituír o vapor da água.

Com respeito ao tubo de pálido, existem poucos dados práticos a seu respeito.

A figura 130 representa uma outra forma de tubos de Röntgen. É muito pequeno, gendo as suas dimensões só de 12 centímetros de comprimento por 2 de diâmetro.

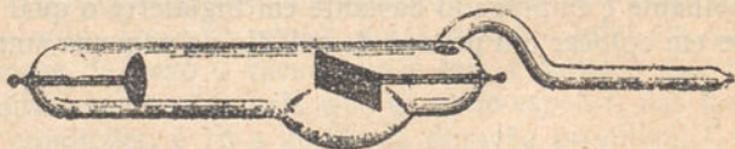


Fig. 131—Tubo de Röntgen, de vácuo ajustável

A ampola é assoprada, excessivamente fina, só dum lado do tubo. Sôbre a parte interior desta ampola está colocada uma pequena quantidade de minério «Smithsonite» e algumas vezes tungstato de cálcio. O calor radiado

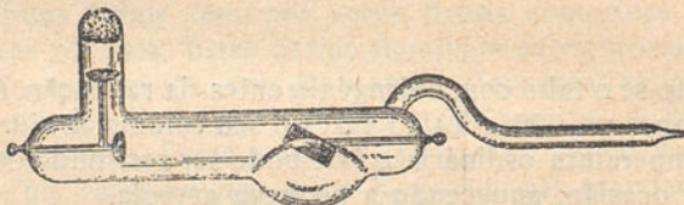


Fig. 130—Pequeno tubo de Röntgen

pelo reflector de platina parece fazer sair uma pequena porção de vapor de minério, tendendo assim a prolongar a duração do tubo.

A figura representa um tudo criado recentemente.

É semelhante na forma ao tubo da figura 130, mas o material que se deve aquecer — provavelmente potassa cáustica — não está colocado na ampola principal, mas sim na extremidade dum pequeno tubo oposto a um pequeno disco

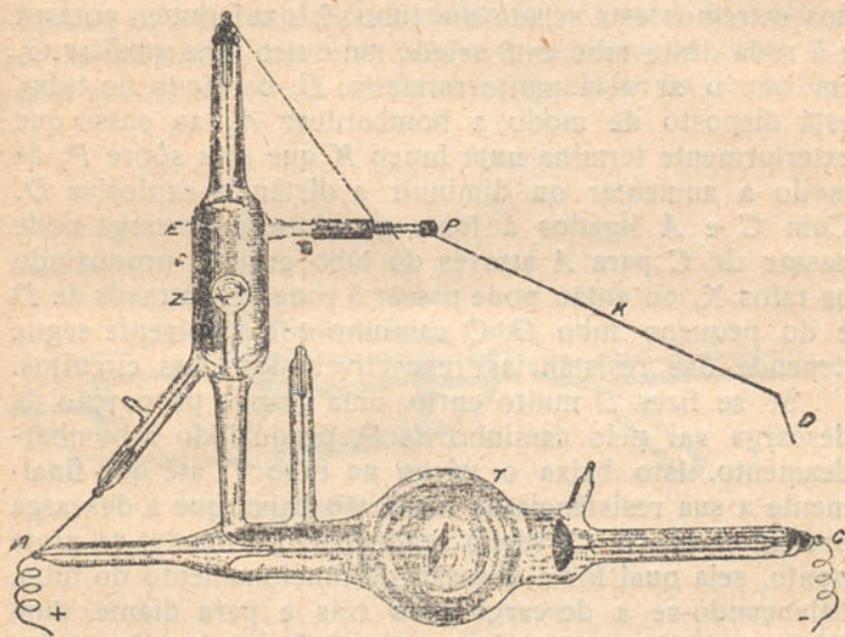


Fig. 132 — Tubo de vácuo ajustável

catódico, a corrente do qual continuamente bombardeia e aquece o produto químico suficientemente para expelir a quantidade necessária de vapor.

Tubo de vácuo ajustável. — Um tubo ideal seria aquele em que o vácuo pudesse ser levado a qualquer

valor que se desejasse e pudesse ser mantido nesse ponto continuamente.

A figura 132 representa um tal tubo, ou pelo menos o melhor de todos, dos vários modelos que se têm feito nesse género. *T* é o tubo propriamente dito, construído segundo os princípios enunciados anteriormente. Perto dum dos extremos está selado um tubo *Z*, que contém potassa e à roda dêste tubo está selado um outro tubo auxiliar *G*, em que o ar está muito rarefeito. *E*, o cátodo do tubo, está disposto de modo a bombardear *A*, ao passo que exteriormente termina num braço *K* que gira sobre *P*, de modo a aumentar ou diminuir a distância explosiva *D*. Com *C* e *A* ligados à fonte geradora, a descarga pode passar de *C* para *A* através do tubo-grande, produzindo os raios *X*, ou então pode passar à roda dêle através de *D* e do pequeno tubo *G*. O caminho que a corrente segue depende das resistências respectivas dos dois circuitos.

Se se fizer *D* muito curto, uma grande proporção da descarga vai pelo caminho de *P*, produzindo o bombardeamento. Isto baixa o vácuo no tubo *T*, até que finalmente a sua resistência se torna tão baixa que a descarga prefere *T* a *G*. O vácuo tende então a manter-se neste ponto, seja qual fôr a duração de funcionamento do tubo, balançando-se a descarga para trás e para diante, dum tubo para o outro, conforme a resistência do tubo maior se tornar mais alta ou mais baixa. Para obter qualquer grande vácuo desejado aumenta-se a distância *D*; pode-se aplicar então uma F. E. M. maior ao tubo, antes que a acção de *G* comece, de modo que o vácuo fica permanentemente mais elevado.

Êste tubo dá resultados muito bons, permitindo o emprêgo de grande quantidade de energia. A sua forma é necessariamente desageitada e portanto o tubo está sujeito

a quebrar-se durante o transporte ou mesmo em serviço. Também tem a desvantagem comum a todos os tubos de potassa, isto é, desta última perder finalmente a sua propriedade de absorver e restituir o vapor.

A figura 133 mostra uma forma de tubo empregada com a bobina de Tesla e é conhecido geralmente pela designação de «**tubo de duplo foco**». Contém dois cátodos semelhantes, um em cada extremidade do tubo, ao passo que no meio está um reflector *R*, em forma de cunha.

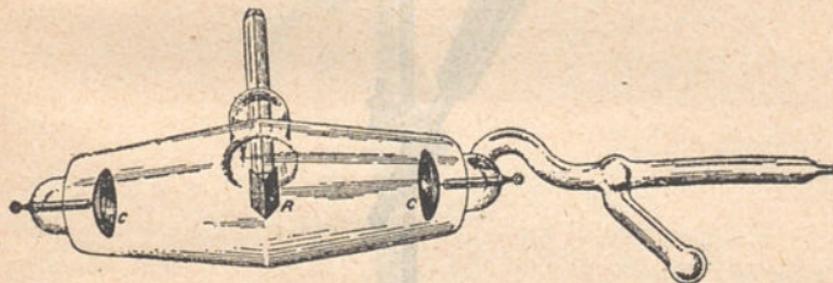


Fig. 133 — Tubo de duplo foco

Os dois bornes da bobina de Tesla estão ligados a cada um dos dois cátodos. Como a descarga da bobina de Tesla é de caracter alternativo de muito alta freqüência, cada um dos dois cátodos está assim simultâneamente em acção, focando cada um os seus raios sôbre a metade do reflector *R*, em forma de cunha. Os raios X procedem portanto de cada lado do reflector.

As imagens nunca são tão bem definidas, com o tubo de duplo foco e a bobina de Tesla, como quando se usa

uma bobina de indução e um tubo de um foco só, pois que os dois pontos focais, ainda que perto um do outro, estão, contudo, a uma distância apreciável, de modo que cada um produz a sua sombra própria. A duração do tubo

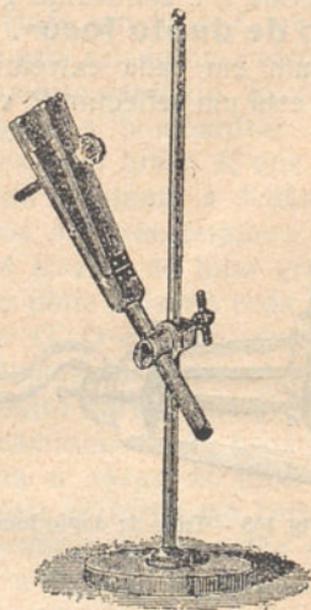


Fig. 151 — Suporte pequeno de madeira

de duplo foco, como de todos os tubos que empregam a bobina de Tesla, parece muito mais reduzida que a dos tubos usados com aparelhos de corrente contínua.

O tubo de duplo foco pode ser usado com uma bobina de indução ou com uma máquina estática, ligando junta-

mente os dois cátodos *C* e o pólo negativo do aparelho ao reflector *R* que se torna o positivo ou ânodo *A*. As

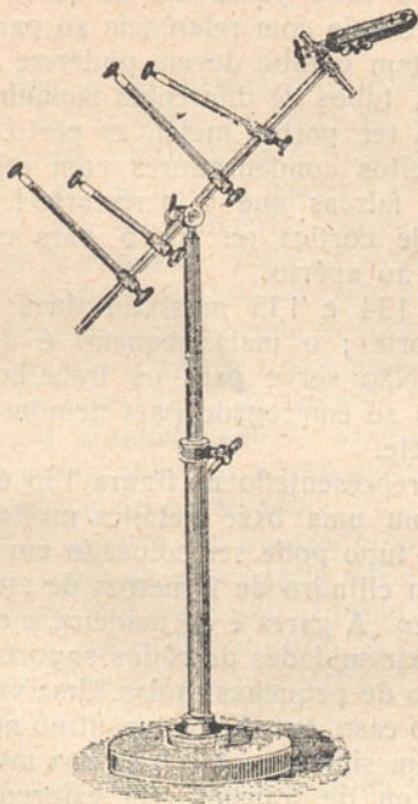


Fig. 155 — Suporte grande de metal

imagens são definidas porém tão defeituosamente como com a bobina de Tesla.

Suportes. — Um suporte para tubos de raios X deve

ter uma grande base para se evitar o risco de se tombar. As suas partes devem ser arranjadas com juntas apropriadas, para que o tubo possa ser colocado em qualquer posição que se deseje com referência ao paciente. As garras que sustentam o tubo devem poder-se abrir bastante para receberem tubos de diferentes tamanhos. Estas garras não devem ter partes metálicas perto do tubo, pois estabelecem efeitos condensadores com relação ao tubo, fazendo passar faíscas que o perfurarão! A garra deve ser revestida de cortiça ou couro para evitar qualquer fractura devida ao apêrto.

As figuras 134 e 135 mostram duas formas muito usuais de suportes; o mais pequeno é de madeira e é muito barato. Não serve para os trabalhos práticos de cirurgia, sendo só empregado para demonstrações com a mão, moedas, etc.

O suporte representado na figura 135 é feito de tubo de bicicleta com uma base metálica muito pesada. Com êste suporte, o tubo pode ser colocado em qualquer posição dentro dum cilindro de 2 metros de altura por 2 metros de diâmetro. A garra é de madeira, e os fios são sustentados nas extremidades de ródos suportadores de vulcanite por meio de pequenas molas. Uma vantagem destas molas é que no caso de esforço repentino nos fios de ligação, estes saltam simplesmente fora das molas em vez de se quebrarem ou de transmitirem esforços perigosos às várias partes do aparelho.

Fluoroscópios e quadros fluorescentes

O fluoroscópio é um instrumento usado para o exame fácil e cómodo das sombras de raios X; a figura 136 representa uma forma muito usada. É formado simplesmente por um quadro de cartão ou madeira muito fina, tendo num dos lados um revestimento uniforme dum produto químico ou sal fluorescente. Este sal deve estar em cristais dum determinado tamanho, um tanto pequenos, e deve ser aplicado sobre o quadro segundo certos métodos que são em grande parte o segredo dos construtores. A roda da aresta e do lado revestido de sais está ligada uma caixa ou câmara escura, afunilando-se do quadro para os olhos e terminando numa abertura muito macia que se adapta facilmente aos olhos do observador.

A figura 137 mostra um fluoroscópio em uso, pouco mais ou menos como se empregaria um estereoscópio. O objecto a examinar collocá-se muito perto contra o quadro do fluoroscópio e entre êle e o tubo. A caixa serve naturalmente só para impedir a luz supérflua e preservar assim a sensibilidade da vista.

Sais. — Os sais mais usados para os quadros de fluoroscópios, são o tungstato de cálcio e o platino-cianeto de bário.

Os fluoroscópios feitos com os sais de cálcio são um pouco mais baratos que os feitos com um sal de platina, mas não dão imagens tão claras nem tão bem definidas.

Este inconveniente é devido à qualidade fortemente fosforescente do sal de cálcio, a qual aumenta com o tempo.

É indicado pela persistência da imagem anterior depois de cada mudança de posição do fluoroscópio, quando em uso, como também por uma iluminação geral de tôda a

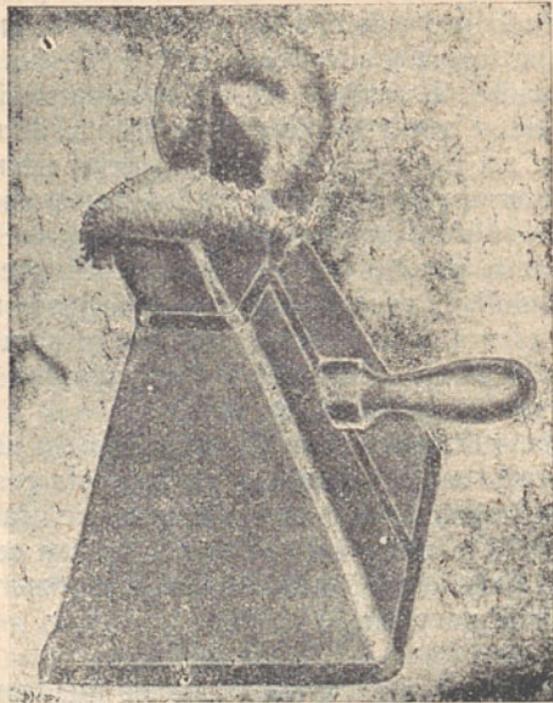


Fig. 136—Fluoroscópio

superfície. Este efeito é tão forte, na verdade, que depois de seis a oito meses de uso, um fluoroscópio de tungstato reterá uma imagem visível durante alguns minutos

depois de se ter parado o tubo, ficando então o fluoroscópio impróprio para se usar por mais tempo.



Fig. 157 — Fluoroscópio em uso

O fluoroscópio de platino-cianeto de bário tem um colorido verde distinto quando fluorescente, dando uma ima-

gem brilhante e bem definida. Não tem propriedades fosforescentes.

Para demonstrações ou mesmo para o trabalho geral de diagnose emprega-se um **quadro fluorescente**, assim chamado para se distinguir do fluoroscópio propriamente dito. O quadro é, em essência, um fluoroscópio sem a caixa ou câmara escura.

Pode ser feito de qualquer tamanho e de vários preços, sendo geralmente vendidos por centímetro quadrado, e depois postos numa moldura. A superfície do quadro propriamente dita, deve ser coberta com uma placa de vidro fino ou celuloide transparente para impedir que se risque por acidente ou que se suje.

Quando se usa o quadro fluorescente, o quarto deve estar muito às escuras, visto não haver então a câmara escura para proteger os olhos contra a luz ordinária.



Aplicações da electricidade às artes e às indústrias

Efeito térmico das correntes eléctricas

Aplicações do efeito térmico. — A aplicação mais importante da propriedade térmica das correntes eléctricas é a *lâmpada de incandescência* de que já falámos. Há contudo algumas outras aplicações práticas que tiram partido do efeito térmico da electricidade, sendo as principais o *aquecimento doméstico e das carruagens*, a *cozinha eléctrica*, a *soldadura eléctrica* e as *explosões de minas pela electricidade*.

Aquecimento eléctrico. — A corrente eléctrica aquece todos os condutores através dos quais passa. Dimensionando, pois, convenientemente o comprimento e a secção duma *bobina de aquecimento*, de resistência e material apropriado, pode-se obter não só qualquer temperatura desejada, mas o calor também pode ser concentrado em qualquer ponto que se queira para melhor o utilizar.

As bobinas aquecedoras dos *fogões eléctricos* e dos *esquentadores de carruagens* são feitas quer na forma de

espirais nuas de fio de grande resistência, ou então são formadas enterrando o fio aquecedor em *esmalte* sobre placas incombustíveis. Num sistema de aparelhos de aquecimento, a bobina é substituída por uma delgada camada de *pintura metálica* aplicada numa fôlha de mica.

A figura 138 mostra alguns tipos de *radiadores eléctricos* destinados ao emprêgo em residências particulares. A resistência de aquecimento está enterrada e selada num

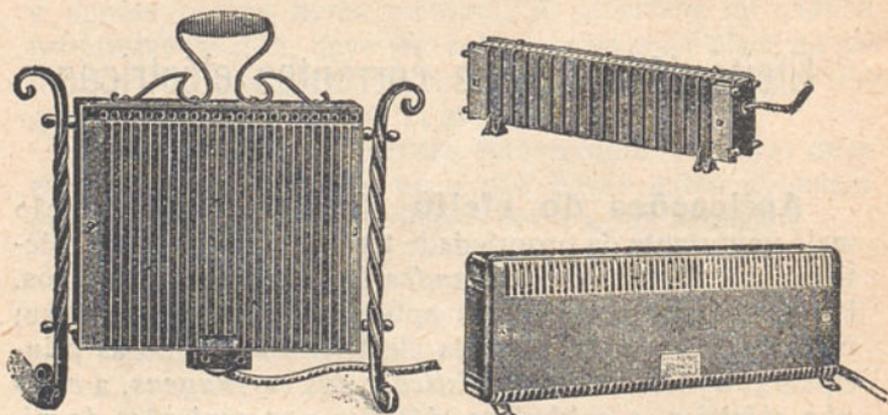


Fig. 138 — Radiadores eléctricos

revestimento isolador de esmalte soldado numa placa de ferro, encerrada dentro do radiador. Êste está munido dum comutador por meio do qual se pode regular a temperatura, usualmente com três intensidades. A máxima potência necessária para fazer funcionar um radiador eléctrico, suficiente para aquecer um quarto ordinário de habitação, e de 1.200 wátios ou cêrca de 1,6 cavalo.

Não se pode dar nenhuma regra definida para determinar a quantidade de energia eléctrica necessária para

aquecer um dado espaço, bem que se possam fazer cálculos aproximados, admitindo 30 a 60 wátios por cada méτρο cúbico de espaço de ar a aquecer. O primeiro valor aplica-se a edificios bem construídos de cidades, em tempo regular de inverno, ao passo que o último valor refere-se a casas isoladas no campo, em tempo muito frio. Para as carruagens devem-se empregar 45 a 90 wátios por cada méτρο cúbico de espaço a aquecer.

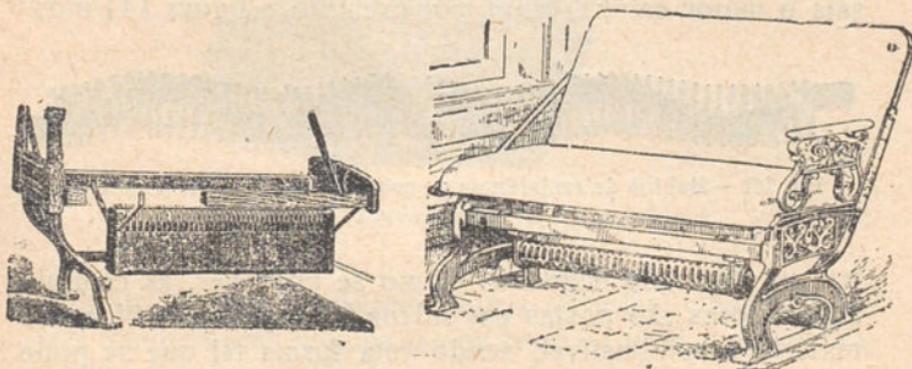


Fig. 139 — Esquentadores de carros eléctricos

A figura 139 mostra duas formas comuns de *aquecedores eléctricos para carros*. Estão colocados debaixo dos assentos, sendo a armação de ferro munida de braços para êsse fim. As bobinas de resistência do aquecedor representado à direita são aplicadas sôbre um fino rôdo de aço, em forma de onda, que está isolado por meio duma forte camada de esmalte aplicado a alta temperatura sôbre o rôdo. Por meio desta disposição, que vai representada em

detalhe na figura 140, pode-se encerrar uma grande quantidade de fio num espaço comparativamente pequeno e contudo o ar pode circular livremente através do esquentador.

Aparelhos de aquecimento. — Também se têm aplicado bobinas de aquecimento a vários aparelhos, tais como *ferros de engomar, ferros de soldar, frizadores de cabelo, acendedores de cigarros, caldeiras de cola, tapetes aquecedores*, etc. Em cada um dêstes as bobinas de aquecimento são colocadas perto do ponto em que se deseja o maior calor. Assim, por exemplo, a figura 141 mos-



Fig. 140 — Bobina de resistência de esquentador de carro eléctrico

tra um ferro de engomar. Como se pode vêr, as espirais aquecedoras são postas em sulcos formados num bloco de matéria incombustível, sendo esta forma tal que se pode casar no corpo ôco do ferro de engomar. No ferro de soldar eléctrico, figura 142, a bobina de aquecimento envolve uma porção da sua ponta de cobre. Em ambos os casos uma grande vantagem do aquecimento eléctrico consiste no facto do ferro ficar quente independentemente da duração do tempo empregado e portanto não necessitar ser reaquecido freqüentemente como com os ferros ordinários.

Como o calor eléctrico pode ser usualmente aplicado de modo que quási todo ou todo o calor gerado seja utilizado no trabalho a executor, é freqüentemente mais barato do que o gás, gasolina, álcool e mesmo o vapor ou o carvão. Em muitos casos os produtos da combustão, calor

desperdiçado, e a dificuldade de aplicação e de regulação são sérios obstáculos para o bom funcionamento das máquinas que necessitam calor. Pelos motivos expostos acima, podem-se fazer melhor muitas aplicações com a electrici-

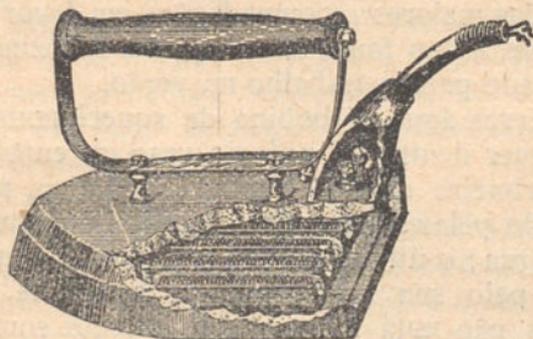


Fig. 141 — Ferro de engomar eléctrico

dade do que por quaisquer outros métodos. Onde se desejem temperaturas moderadas ou temperaturas comparativamente elevadas, aplicadas a uma área limitada, os esquentadores eléctricos serão freqüentemente mais baratos no



Fig. 142 — Ferro de soldar eléctrico

seu funcionamento; são sempre capazes de regulação perfeita e isentos de qualquer perigo, sujidade e do aumento desnecessário de temperatura dos quartos, bem característicos dos outros meios de aquecimento.

A cozinha eléctrica. — No trabalho doméstico nenhuma fonte de calor oferece tantas características valiosas como o uso da electricidade para o trabalho de cozinha e de lavandaria. Todo o calor gerado para a cozinha é utilizado, não havendo perda alguma como no fogão ordinário. Uma das maiores recomendações em favor do uso da electricidade, como fonte de calor para a cozinha, é a sua adaptabilidade para o trabalho no verão.

Para ferver água, a bobina de aquecimento pode ser colocada quer dentro do próprio vaso ou enrolada à roda d'ele. O primeiro método é mais económico, pois todo o calor gerado pela corrente deve necessariamente ser comunicado à água; o último método, porém, é algumas vezes preferível pelo seu aceio, pois a água que serve para cozinhados não está em contacto directo com a bobina. A figura 143 mostra várias formas de esquentadores com *bobina de imersão*. As bobinas são formadas por tubos de cobre, cujo diâmetro varia entre 1 e 2 cm.

A potência eléctrica necessária para estas bobinas é a seguinte:

Potência eléctrica necessária para os esquentadores de bobina e imersão

Quantidade de água e tempo necessário para ferver	Potência eléctrica
$\frac{1}{2}$ litro em 10 min. ou 1 litro em 20 min.	440 wátios
$\frac{1}{2}$ » » 5 » » 1 » » 8 »	880 »
1 » » 7 » » 4,5 » » 25 »	1.000 »
2 litros » 7 » » 4,5 litros em 13 min.	2.000 »
4,5 » » 8 » » 14,5 » » 24 »	3.000 »

As grelhas, frigideiras, panelas, assadeiras, etc. são geralmente feitas com uma resistência esmaltada enterrada perto do seu fundo, ou então podem ser munidas duma base separada, como se vê na figura 144, que contém as bobinas aquecedoras e que pode ser munida dum comutador para regular a temperatura. A vantagem desta base separada de aquecimento ou fogão é de poder ser usada com quaisquer utensílios ordinários de cozinha, exactamente como um fogão de gás, álcool ou petróleo, mas sem os perigos destes últimos.

Custo aproximado da cozinha eléctrica. —

O custo da cozinha pela electricidade pode ser calculado pelo seguinte quadro, que dá o tempo e a energia necessários para várias operações, achadas pela experiência.

Energia eléctrica consumida por vários aparelhos de cozinha

Operação	Vóltios	Ampérios	Wattos	Tempo	Energia total
Tostar pão (em grande tostador) . . .	100	7	700	1 min.	0,012 K. W. hora
Grelhar 6 costeletas	100	6	600	15 »	0,15 » » »
Ferver uma chocolateira	100	3,5	350	12 »	0,08 » » »
Cosinhar 1 quilo de carne	100	4	400	15 »	0,1 » « »

Soldadura incandescente eléctrica. — O princípio envolvido na soldadura incandescente eléctrica, tal

como foi inventada pelo *Professor Elihu Thomson*, é de fazer com que correntes eléctricas passem através das extremidades adjacentes das peças de metal que se desejam soldar, gerando por isso calor no ponto de contacto, que também se torna o ponto de maior resistência, enquanto se aplica ao mesmo tempo pressão mecânica para forçar

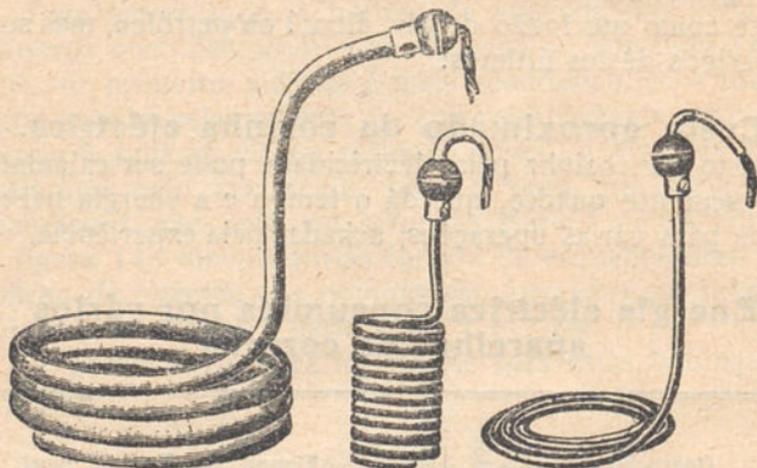


Fig. 145—Várias formas de bobinas de esquentadores de imersão

as partes a soldar uma contra a outra. À medida que a corrente aquece o metal na junção até a temperatura de soldar, segue-se a pressão na superfície de amolecimento até que se efectue uma união completa da soldadura; como o calor é desenvolvido primeiramente no interior das partes a soldar, o interior da junta fica tão bem unido como a parte visível exterior.

Quando se aquece uma peça qualquer de ferro por meio

duma forja ou dum forno, a superfície à qual o calor é aplicado torna-se mais quente que o interior, pois o calor tem de ir do exterior para o interior. O calor também vai ao longo da peça, aquecendo e deteriorando muitas vezes o metal que não é necessário para a soldadura, além de se perder tempo e energia. No processo da soldadura eléctrica de *Thomson*, o calor é gerado no próprio metal na junta,

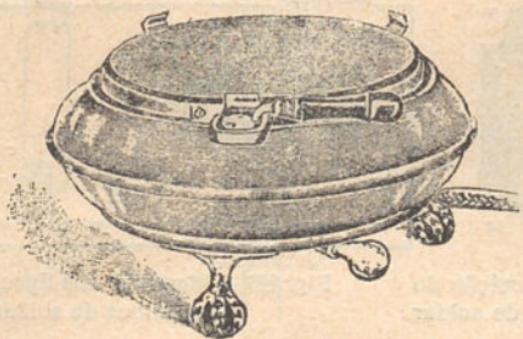


Fig. 141 — Fogão eléctrico para cosinha

e fica quasi por completo nesse ponto, de modo que a energia é utilizada o mais economicamente possível.

Aparelhos de soldadura Thomson. — Os aparelhos para a soldadura eléctrica incandescente na sua presente forma consistem essencialmente num transformador de corrente alternativa, cujos bornes secundários estão munidos de braços para agarrar e segurar no seu lugar as peças a soldar. Existe também um aparelho mecânico, hidráulico ou de qualquer outra espécie, por meio do qual

se forçam uma contra a outra as partes adjacentes da soldadura, enquanto se aplica a corrente.

Emprega-se usualmente uma corrente alternativa de 300 vóltios para a soldadura incandescente; esta é transformada nas máquinas de soldar numa corrente de 2 a 6 vóltios de potencial e uma intensidade variável, conforme

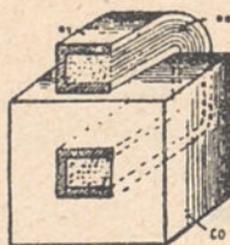


Fig. 145 — Disposição do transformador de soldar.

Legenda: RY, secundário — PR, primário — CO, núcleo.

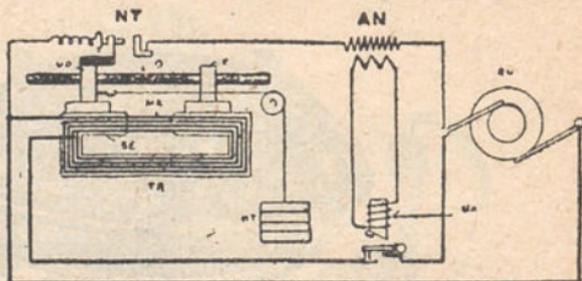


Fig. 146 — Diagrama das ligações para os aparelhos de soldar.

Legenda: NT, disjuntor — MP, braço móvel — JO, junta de soldadura — MA, primário — SE, secundário — TR, transformador de soldar — FI, braço fixo — AN, transformador de disjuntor — RN, alternador — MA, disjuntor magnético — HT, pêsso.

a importância e a natureza do trabalho. Já se têm usado em algumas máquinas de soldar tanto como 35.000 ampé-rios a 6 vóltios, o que equivale a uma potência de cerca de 280 cavalos.

O transformador para êste fim é formado por um secundário duma volta só, feito duma peça de fundição, cuja secção tem a forma de um **U**, dentro do qual está colocada

a bobina primária. O núcleo laminado de ferro rodeia a metade inferior do secundário, como se vê na figura 145.

A pressão na junta para as pequenas peças que não excedem 5 cm² de secção é obtida usualmente por meio de molas ou pesos, ou por dispositivos mecânicos de apêto, etc.; para as grandes peças, emprega-se a pressão hidráulica, em alguns casos até 50 toneladas e mesmo mais.

A corrente é cortada automaticamente pela acção dum disjuntor electromagnético, regulado por um transforma-

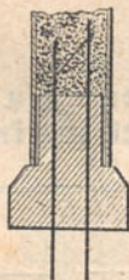


Fig. 147—Escorvas de fio incandescente

dor, cujo primário é fechado por um parafuso de contacto ligado ao braço móvel. A figura 146 mostra um diagrama das ligações.

Um grande número de ensaios feitos com barras soldadas elèctricamente mostraram que a resistênciã média das soldaduras no ferro é de 95 a 100 por cento, e no aço de 90 a 95 por cento da resistênciã da porção sòlida; muitas vezes porém a junta é mais forte do que a mesma secção transversal noutra parte da barra. A perda de material é cêrca de uma vigésima parte da que ocorre na soldadura ordinária de forja,

Potência e tempo necessários para a soldadura incandescente. — A potência necessária para diferentes espessuras varia pouco mais ou menos com a secção transversal do material na junta em que se tem de fazer a soldadura. O quadro seguinte é baseado sôbre a experiência em vários gêneros de trabalho. O tempo dado é o necessário sômente para a aplicação da corrente; o tempo necessário para pôr as peças na máquina e para as retirar depois de terminada a soldadura depende do tamanho e da forma das peças, do género de trabalho e da experiência do soldador.

Potência, tempo e energia necessários para a soldadura eléctrica incandescente

FERRO E AÇO				CÓBRE			
Area em cm ²	Cavalecs aplicados ao dínamo	Tempo necessário em segundos	Energia Total em K. W. horas	Area em cm ²	Cavalecs aplicados ao dínamo	Tempo necessário em segundos	Energia Total em K. W. horas
0,33	2	10	0,004	0,13	2	3	0,0012
0,66	4	15	0,012	0,33	4	5	0,004
1,75	10	20	0,041	0,80	10	8	0,016
3,25	15	30	0,186	1,75	23	11	0,052
6,50	30	40	0,248	2,45	32	13	0,086
9,75	40	50	0,414	3,25	42	16	0,139
13,00	50	60	0,62	4,00	52	18	0,194
16,25	57	70	0,83	4,75	64	20	0,265
19,50	65	80	1,08	5,65	73	22	0,332
26,00	85	90	1,58	6,50	82	23	0,386
32,50	105	100	2,17	8,00	105	25	0,544

Explosão de minas por fio incandescente.—

Uma das primeiras aplicações técnicas do efeito térmico da corrente eléctrica foi no seu uso para as *explosões de mina*. Nesta aplicação, um condutor eléctrico, que pode ser levado à incandescência por uma corrente apropriada, é enterrado no explosivo, como se vê na figura 147, que dá a secção transversal duma escorva ou detonador de mina. As vantagens do sistema eléctrico para a explosão de minas, sôbre o antigo método por meio duma



Fig. 148 — Escorva por faísca eléctrica

escorva ou detonador e rastilho acêso, são: 1.º que a mina pode ser explodida a qualquer momento desejado, evitando assim os perigos de detonação prematura ou retardada; 2.º Que se pode fazer explodir qualquer número de minas simultâneamente, de modo que o seu efeito combinado pode ser posto em acção exactamente ao mesmo tempo, o que é muito importante em certos casos. A corrente necessária para a explosão de minas pode ser fornecida quer por uma bateria de pilhas quer por pequenos magnetos ou dínamos. Os magnetos que são usualmente empregados para as explosões simples são dispostos de

modo que, empurrando um rôdo ou haste, a armadura é revolvida rápidamente durante algum tempo, no fim do qual o rôdo bate num contacto e fecha assim o circuito.

Uma aplicação das explosões de minas por fio incandescente em larga escala realizou-se em 1876, quando se retiraram os recifes de Hell Gate Rocks, na entrada leste do pôrto de Nova York. Para produzir o efeito desejado foi preciso explodir simultâneamente 3.680 tiros de mina. Para isso montaram-se 23 grandes pilhas de bicromato de potassa, cada uma das quais alimentava 160 escorvas. A operação teve um sucesso completo, explodindo tôdas as minas ao mesmo tempo. Uma segunda explosão gigantesca teve um sucesso também completo no mesmo lugar nove anos mais tarde, no outono de 1885.

Efeitos de fâisca e de arco das correntes eléctricas

O sistema Bernardos de soldadura eléctrica.

— O arco eléctrico foi empregado primeiramente para o trabalho dos metais pelo francês *De Meritens*, tendo sido desenvolvido mais tarde completamente por um russo chamado *Bernardos*. Neste processo usa-se uma corrente contínua com uma tensão de cêrca de 150 vóltios, estando um borne do gerador ligado ao metal que se deseja aquecer e o outro terminal ligado por um condutor flexível a um rôdo portátil de carvão, vêr fig. 149. Quando se põe o rôdo de carvão em contacto com a peça e se

afasta ligeiramente, faz-se brotar um arco eléctrico e o metal é aquecido. Êste aparelho tem sido usado com sucesso no processo de encher com metal as bôlhas de ar nas peças de fundição. Também tem sido usado para soldar as costuras nas pequenas caldeiras de ferro, nos depósitos para ar comprimido, etc. É de grande vantagem para êste último género de trabalho, pois o arco pode ser des-

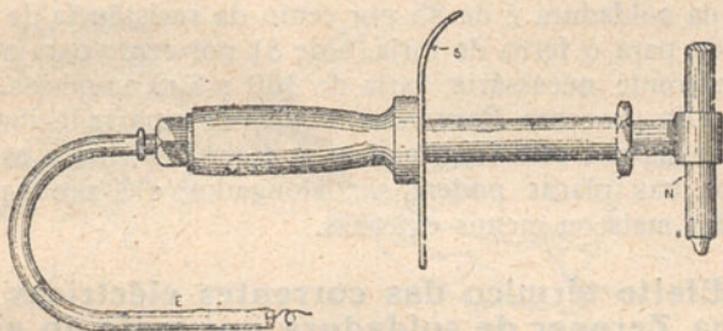


Fig. 149 — Máquina de soldar por arco, sistema Bernardos

Legenda: E, condutor flexível — S, biombo de fôlha de ferro — N, carvão,

locado vagarosamente ao longo das arestas das placas a soldar, levando-as assim a um calor de soldadura, e esta última é então completada por compressão ou batendo com um martelo nas placas aplicadas uma contra a outra.

Uma das vantagens do processo da soldadura eléctrica pelo arco é a possibilidade de unir os metais, sem o auxílio de substâncias estranhas, sòmente pela fluidez da sua própria matéria. Isto é devido ao facto de que por meio do arco eléctrico se pode localizar em qualquer ponto dese-

jado um alto grau de temperatura, de modo que os metais nesse ponto se tornam flúidos e podem ser unidos pela simples applicação de pressão. Pelo aquecimento numa forja de ferreiro êste efeito derretedor local não se pode obter, porque o calor espalha-se sôbre tôda a superfície e derreteria por conseguinte tôda a sua massa, se se forçasse até muito longe. Podem-se soldar assim costuras em placas de caldeiras de 1 cm. de espessura na razão de 2,5 cm. em 50 segundos ou 1^m,80 numa hora. A resistência média da soldadura é de 85 por cento da resistência da peça sólida para o ferro de forja, e de 81 por cento para o aço. A corrente necessária varia de 300 a 500 ampérios. Por meio do processo *Bernardos*, podem-se reparar fâcilmente as fendas nas caldeiras, podem-se fazer orifícios, e os orifícios nas placas podem ser alongados até produzirem fendas, mais ou menos extensas.

Efeito térmico das correntes eléctricas sistema Zerener de soldadura por meio do arco.

— Numa modificação introduzida no sistema *Bernardos* pelo Dr. H. Zerener, o arco é formado não entre um lápis de carvão e o próprio metal, mas sim entre dois lápis de carvão, independentemente do metal que se quer soldar. Para aplicar o arco ao metal, aproveita-se um fenómeno peculiar que se dá no arco eléctrico sob a influéncia de um magnete. Se o pólo dum forte magnete fôr colocado perto dum arco de corrente contínua, êste será desviado, e pode, por meio dum dispositivo apropriado, ser soprado para o lado com violéncia; dêste modo, pode obter-se uma chama semelhante à dum maçarico, mas a uma temperatura muito superior à do arco voltaico.

A fig. 150 mostra a disposição do aparelho Zerener para soldar. Os dois carvões, CC, são inclinados um para

o outro, e o magnete soprador, *MM*, é colocado no ângulo formado por êles. A polaridade do magnete é tal que o arco é repellido, e portanto a chama soprada, na posição da figura, dirige-se das pontas dos carvões para baixo.

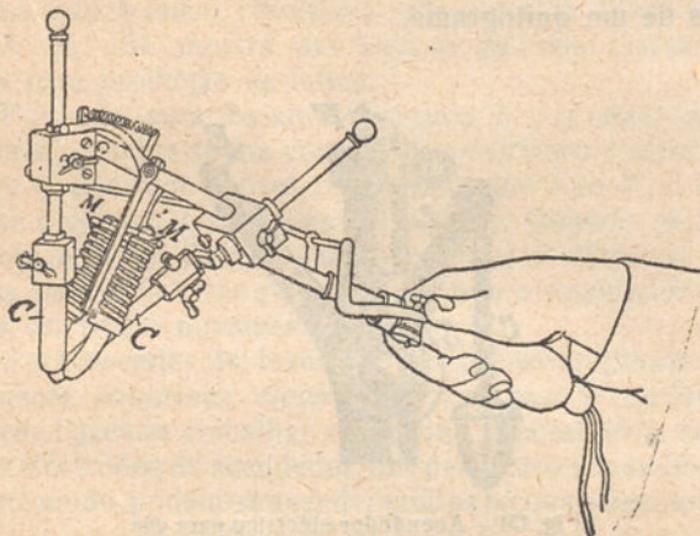


Fig. 150 — Aparelho Zereener de soldadura pelo arco

Para soldadura directa emprega-se uma corrente de 15 ampérios sob 40 vóltios; para soldadura autogénea de peças delgadas de ferro, 40 a 50 ampérios sob 40 vóltios. Usado como ferro de soldar, colocando uma peça de cobre em frente dos carvões, o aparelho consome 30 ampérios sob 55 vóltios; para soldar tubos de bicicleta, o que se pode executar em menos de 2 minutos para cada soldadura, necessita-se uma corrente de 60 ampérios sob 55

vóltios; para a soldadura autogénea de duas grandes peças de ferro, a corrente varia de 150 a 200 ampérios sob 65 ou 70 vóltios.

Um ferro de soldar vulgar pode ser aquecido em 1 a 1 1/2 minuto com uma corrente de 15 ampérios sob 40 vóltios, pesando o aparelho que é necessário para isto menos de um quilograma.

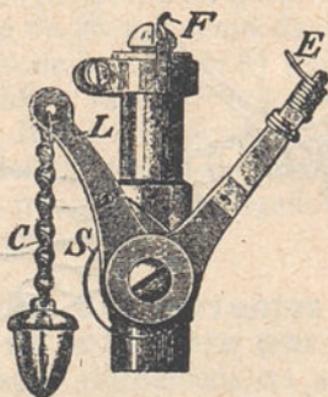


Fig. 151 — Acendedor eléctrico para gás

Acendedores eléctricos para gás. — Como para a soldadura, há também dois sistemas distintos: um é baseado nas propriedades térmicas da corrente, o outro na fâsca eléctrica. No primeiro coloca-se directamente por cima do bico do gás um fio fino de platina, que se torna incandescente por meio da corrente eléctrica e o gás inflama-se por contacto com êle. Êste método tem contudo o inconveniente de não ser de absoluta confiança, porque o gás às vezes não se inflama, resultando daí o perigo do

estragamento de gás não queimado. Por êste motivo, o sistema de inflamação de gás iluminante pelo fio aquecido está hoje posto de parte e substituído pelo sistema *de faísca*. Neste, um circuito eléctrico, constituído por uma bateria e uma bobina de indução produtora de faíscas, é fechado e logo em seguida aberto perto do bico de gás, permitindo à faísca resultante inflamar êste último.

A fig. 151 mostra um bico de gás com ligação eléctrica para produção da faísca.

Puxando para baixo a alavanca *L* por meio da corrente *C*, produz-se um contacto momentâneo e interrupção entre o eléctrodo móvel *E* e o eléctrodo fixo *F*, o que dá lugar à produção da faísca de ruptura. Quando se larga a cadeia, a mola *S* leva a alavanca *L* e o eléctrodo móvel *E* às suas primitivas posições, ficando o acendedor pronto para ser usado novamente.

Para acender as luzes dos teatros empregavam-se geralmente *máquinas electro-estáticas* para a produção da faísca. Fazendo trabalhar a máquina, a faísca salta entre os dois eléctrodos do acendedor, que neste caso são ambos fixos. Dêste modo, podem-se acender muitos bicos ao mesmo tempo.

Escorvamento eléctrico. — O escorvamento eléctrico é baseado num princípio semelhante ao do acendedor eléctrico de gás. Emprega-se para êle ou uma bobina de indução ou uma máquina electro-estática para a produção de faíscas. O circuito secundário da bobina de indução ou os colectores da máquina estática são ligados com dois fios, cujas pontas são fixas a pequena distância uma da outra dentro do explosivo da escorva, como se vê na fig. 148. Quando a diferença do potencial entre as pontas atinge o valor necessário, a faísca salta entre elas, produzindo a explosão da escorva.

Aplicações comerciais da electrólise

Electro-química. — A electricidade, ou, antes, a energia eléctrica, pode ser produzida por meios químicos, por exemplo, pela acção química que se dá em qualquer elemento de pilha entre os eléctrodos e o líquido activo. Uma certa quantidade de energia química produz uma quantidade determinada de energia eléctrica no circuito, e, inversamente, fazendo passar a corrente através dum elemento electrolítico, uma certa quantidade de energia eléctrica produz uma quantidade determinada de trabalho químico. Por exemplo, a água ordinária, sujeita à acção duma corrente eléctrica, é decomposta nos seus elementos constitutivos, oxigénio e hidrogénio. Uma das aplicações mais interessantes da dependência mútua das acções químicas e eléctricas é a *bateria de acumuladores*, na qual a energia eléctrica pode ser armazenada, por assim dizer, por uma acção química.

O ramo da ciência eléctrica que trata das composições e decomposições químicas efectuadas pela corrente eléctrica chama-se *electro-química*. O próprio efeito da corrente eléctrica, manifestando-se na descomposição química ou na formação de substâncias líquidas, sólidas ou gasosas, chama-se *electrólise*. As várias aplicações da electricidade a processos que se ligam com o trabalho dos metais são muitas vezes, em conjunto, designadas por *electrometalurgia*.

A electrólise tem quatro aplicações práticas principais, que são: 1) Cobrir objectos metálicos com uma delgada camada doutro metal por meio da corrente eléctrica; este

processo chama-se *galvanoplastia sôbre metais*. 2) A cópia de caracteres de imprensa, gravuras, moldes de gesso e trabalhos em metal por depósito electrolítico de metais sôbre moldes condutores; êste processo chama-se *electroptia* ou *galvanoplastia pròpriamente dita*. 3) A separação de metais das soluções dos seus compostos químicos. 4) A separação de metais dos seus minérios fundidos por meio da electricidade.

Algumas applicações menos gerais, posto que em muitos casos não menos importantes da electrólise, são: *soladadura electrolítica, cortimento eléctrico, tinturaria eléctrica, branqueamento eléctrico, esterilização de águas de esgôto, rectificação do alcohol, purificação de águas potáveis, conservação das madeiras, manufactura de productos químicos, etc.*

Galvanoplastia sôbre metais. — A acção que se passa no banho de galvanoplastia é inversa da que tem lugar nas pilhas. Nestas a corrente nasce no elemento, e a sua produção é em geral acompanhada da formação dum sal do elemento que constitui o eléctrodo negativo; na galvanoplastia, pelo contrário, uma corrente proveniente de uma *origem externa* decompõe o sal em solução e deposita o metal nêle contido sôbre o eléctrodo negativo. O eléctrodo positivo não tem necessariamente de ser atacado, e não o será se fôr formado por uma substância que o electrólito não ataque.

É costume, contudo, fazer o eléctrodo positivo *ou ânodo*, do mesmo material que se pretende depositar; de outro modo a solução enfraquecer-se-ia durante a operação, ao passo que, se se empregar um ânodo do mesmo metal, êste dissolve-se tão rapidamente como o metal do electrólito se deposita no eléctrodo negativo, *ou cátodo*,

conservando assim a solução com a concentração primitiva.

Na galvanoplastia sobre metais é preciso ter cuidado em escolher um electrólito que por si só não ataque o objecto a revestir de metal. O ferro, por exemplo, quando

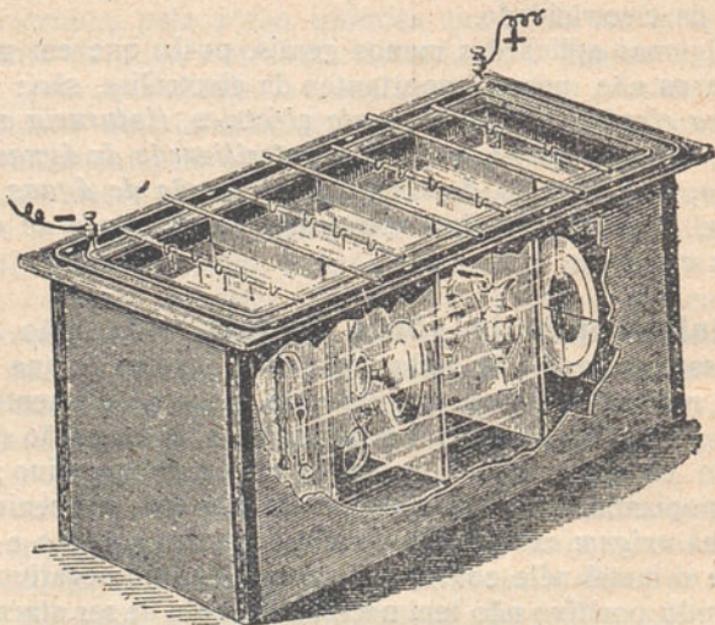


Fig. 152 — Banho para galvanoplastia

imerso numa solução de sulfato de cobre, que se emprega como electrólito para a galvanoplastia com o cobre, é atacado pela solução; o ferro precipita o cobre metálico, formando-se sulfato de ferro, e o depósito de cobre formado não adere ao ferro e impede o cobre electrolítico de aderir.

A fig. 152 mostra a disposição habitual para a galvanoplastia sobre metais. Os objectos a cobrir com a camada metálica são suspensos de barras ligadas ao pólo *negativo* da origem de electricidade; os ânodos são suspensos das barras *positivas*.

A origem da corrente pode ser uma bateria de pilhas ou um dínamo de baixa voltagem e intensidade conveniente. Os objectos a cobrir têm de ser *preparados* limpando-os e polindo-os antes da imersão, e, depois de feito o depósito, são polidos ou brunidos.

Aplicações comerciais da electrólise

Electrotípia. — A *electrotípia* é um processo para reproduzir caracteres de imprensa, gravuras, etc., por meio dum depósito de cobre. Na *electrotípia* faz-se um molde do tipo, que é composto como se fôsse para imprimir. Esse molde é geralmente feito de cera. Depois de alisar muito bem a superfície do molde, cobre-se esta com uma camada de plumbagina muito fina, de modo que se possa depositar sobre ela uma camada de cobre electrolítico. A *plumbaginagem* é necessária porque o molde em si não é condutor, e a corrente necessária para fazer um depósito electrolítico não pode passar através dêle. A plumbagina é a grafite pulverizada, e é boa condutora, de modo que uma delgada camada aplicada com uma escôva sobre a superfície do molde torna-a capaz de conduzir a corrente.

Assim preparado, o molde é suspenso num banho electrolítico constituído por uma solução de *sulfato de cobre (caparrosa azul)*, a que se junta uma pequena percentagem de ácido sulfúrico. O ânodo do elemento electrolítico é uma placa de cobre, e o cátodo é o molde. A espessura da camada de cobre que se deposita sobre o molde varia entre a de uma folha de papel e umas poucas de vezes essa espessura, dependendo da quantidade de impressões que se deseja fazer com as placas electrolíticas.

Quando o depósito de cobre tem a espessura desejada, retira-se o molde do banho e a chapa de cobre é separada do molde. A chapa é alizada e finalmente consolidada com um enchimento de *metal de imprensa*, que é fundido e vasado na parte posterior da chapa.

As placas de electrotipia têm sobre o tipo a grande vantagem de terem uma forma permanente e de durarem mais tempo. Logo que o molde para a electrotipia é separado do tipo, este pode continuar a servir para outros trabalhos.

Separação eléctrica de metais. — Uma aplicação muito útil da electrólise é a *refinação do cobre*. Nesta operação o cobre bruto, que vem das oficinas metalúrgicas ordinárias com 2 a 5 % de impurezas, é refinado, pela electrólise, ficando apenas com uma percentagem muito diminuta de impurezas.

Na refinação electrolítica o cobre bruto é fundido em placas pesadas, que são usadas como ânodos em recipientes de precipitação, nos quais há uma solução de sulfato de cobre com uma pequena percentagem de ácido sulfúrico. Os cátodos são ao princípio folhas de cobre puro, que se tornam, pelo depósito, em espessas placas ou blocos, que podem ser cortados em barras ou estirados em fio, como se desejar.

Nas oficinas de refinação de cobre usam-se enormes dínamos e um grande número de tanques ou recipientes, contendo, cada um, um certo número de ânodos e de cátodos dispostos alternadamente e respectivamente ligados em paralelo. A queda de potencial necessária para cada recipiente é muito pequena, em geral menos de $\frac{1}{2}$ vóltio, de modo que se pode ligar em série um grande número dêles (mais de 200) sem exceder a queda de potencial de 100 vóltios.

Durante a refinação do cobre por êste processo as impurezas do cobre bruto são pela sua maior parte dissolvidas no electrólito, ou acumulam-se em barras no fundo dos recipientes.

O cobre que se refina por electrólise contém em geral uma pequena percentagem de prata e ouro. Durante a refinação, o ouro e a prata precipitam-se e formam parte da lama, da qual são ulteriormente extraídos pelos processos usuais de fundição, para o que as lamas são de tempos a tempos extraídas dos recipientes.

A refinação electrolítica de cobre bruto proveniente de minérios que contenham prata é particularmente vantajosa, pois é o processo mais barato para separar êste metal do cobre.

Fundição eléctrica. — O arco eléctrico, tal como se vê nas lâmpadas, mas muito maior, tem sido empregado com bom resultado em *fornos eléctricos* para a extracção de metais dos seus minérios, por fusão. A acção que se dá nesta extracção eléctrica é devida em parte à elevada temperatura do próprio arco, e em parte à electrólise produzida pela corrente passando através dos minérios fundidos.

Fornos eléctricos. — Há dois tipos de fornos eléctricos: *fornos de arco* e *fornos de resistência*. A forma mais simples do forno de arco é a do químico francês *Moissan*, que se vê na fig. 153. Consiste em dois blocos de cal viva, *A, A*, dos quais o inferior tem na face de cima uma ranhura longitudinal, com um alargamento ao meio, no qual se coloca um cadinho de grafite, *C*. Eléc-

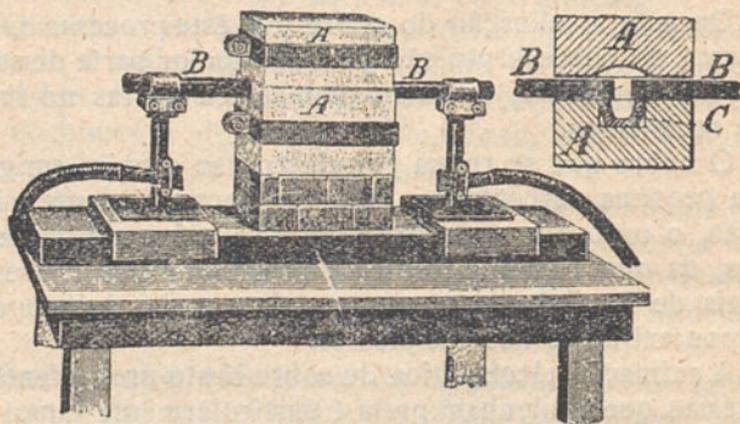


Fig. 153 — Forno Moissan pelo arco eléctrico

trodos massiços de carvão penetram até esta cavidade através da ranhura, de modo que o arco formado entre êles darda sôbre o cadinho, aquecendo a substância que se colocar neste.

Fornos dêste tipo, mas de forma modificada, são empregados no fabrico do *carboneto de cálcio* ou *carbide*, que produz com água a *acetilena*, gás de grande poder iluminante.

Um *forno de resistência* típico é o de *Borchers* (fig. 154). As suas partes essenciais são uma vara delgada de carvão, *A*, suportada entre duas outras varas de carvão de grande diâmetro, *B, B*. A vara delgada atravessa a cavidade *C* feita num bloco incombustível, que se enche com a substância a tratar. Fazendo passar uma corrente de intensidade suficiente, a vara *A* é aquecida a uma alta

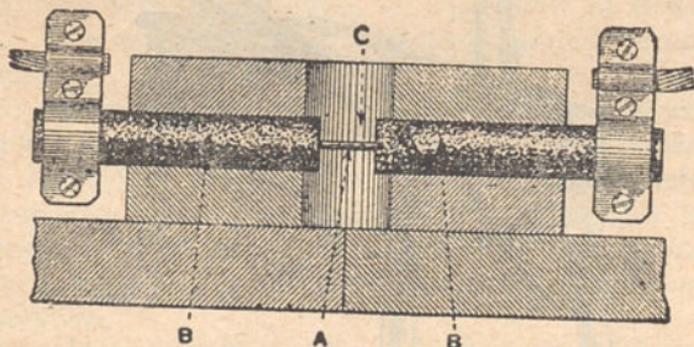


Fig. 154 — Forno de resistência Borchers

temperatura e a carga do forno é aquecida mesmo no seu centro. Esta espécie de fornos é aplicável sempre que a substância a tratar se não acumule em tórno da vara *A*, formando um bom condutor entre as varas *B, B*. Um forno construído segundo êste princípio por *Acheson* é largamente usado para a fabricação do *corborundum* (*carboneto de silício*), hoje muito empregado para esmerilagem, em vista da sua dureza que é comparável à do diamante.

Forja electrolítica. — A corrente eléctrica, passando através da água decompõe-a nos seus elementos constitutivos, oxigénio e hidrogénio. O hidrogénio, acumulando-se no pólo negativo, forma imediatamente uma camada isoladora em tórno do eléctrodo negativo, cortando

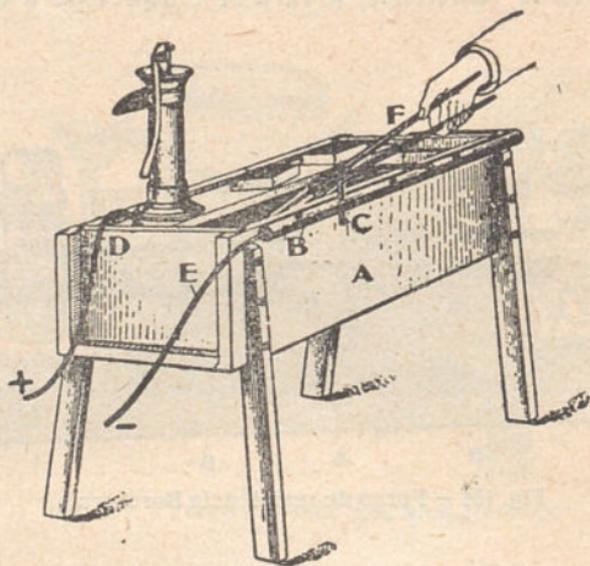


Fig. 155 — Forja electrolítica

assim o circuito e formando um arco eléctrico. Se a voltagem fôr suficiente para manter êste arco, um objecto imerso na água e ligado ao eléctrodo negativo pode ser rapidamente aquecido ao rubro branco, e mesmo fundido.

Na fig. 155, que representa uma forja eléctrica, A é um tanque de madeira cheio de água, contendo uma certa

quantidade de soda cáustica e de sal ordinário em dissolução; *B* é uma vara metálica suportada junto da borda do tanque provida de orifícios nos quais se podem introduzir braços de ferro de diâmetro conveniente, como o que se vê em *C*.

A corrente eléctrica entra no tanque por um fio *D*, que liga o pólo positivo do circuito do dínamo a uma placa de chumbo imersa no líquido, tornando assim êste parte do próprio circuito. O pólo negativo do circuito é ligado por um fio, *E*, à vara *B*. O objecto a forjar é seguro com tenazes de ferro, *F*. Apoiando as tenazes no braço *C* e mergulhando o objecto no líquido, fecha-se o circuito.

O tipo comercial de forja é feito para utilizar corrente contínua a 220, 250 ou 500 vóltios. A corrente consumida para aquecer os objectos mergulhados no líquido depende do tamanho dêstes e da profundidade a que estão imersos, determinando em cada caso a superfície do objecto a corrente consumida, e actuando assim como um regulador automático.

Com êste aparelho pode-se realizar a curiosa operação de aquecer metais, ou até fundí-los, debaixo de água. A bomba que se vê na fig. 155 serve para extrair o líquido, de tempos a tempos, para o renovar.

Cortimento eléctrico. — A operação de *cortir* consiste em tratar as peles com uma solução de extracto de casca de carvalho, ou outra substância semelhante, que penetra nos póros da pele, transformando-a em coiro. Esta acção é ordinariamente muito lenta, e para a tornar mais rápida é preciso agitar as peles e abrir-lhes os póros artificialmente. Pode-se fazer isto por meio da electrólise. A solução e as peles são metidas num barril rotativo, ou

tambor, através do qual se faz passar uma corrente eléctrica. Os eléctrodos no interior do barril são providos de pernos, que pegam nas peles e as arrastam quando se dá ao barril movimento de rotação, ficando assim as peles agarradas aos eléctrodos enquanto mergulhadas no líquido. Chegadas à parte superior, as peles assim arrastadas caem de novo na solução, para outra vez serem arrastadas, e assim sucessivamente. As peles são assim sucessivamente remexidas; por outro lado, os gases que se formam no meio delas, provenientes da acção electrolítica da corrente sobre o líquido, ao procurarem escapar-se, alargam-lhes os póros, permitindo assim à solução penetrar neles mais facilmente. Esta acção da corrente aumenta consideravelmente a rapidez do cortimento.

O quadro seguinte estabelece a comparação entre as durações do cortimento com o processo puramente químico e com o processo eléctrico, e mostra a enorme vantagem dêste último:

Tempo necessário para os processos de cortimento químico e eléctrico

Espécie de pele	Tempo necessário para o cortimento	
	Processo químico	Processo eléctrico
Bezerro, fina	3 meses	24 a 32 horas
» forte	4 a 6 »	48 a 60 »
Vaca, fina	8 a 10 »	70 a 80 »
» forte	10 a 12 »	84 a 96 »
Novilho	12 a 15 »	96 a 108 »

Tinturaria eléctrica. — O processo de tingir substâncias por meio da electricidade tem tido alguma applicação ultimamente, mas, a-pesar disso, pode ser considerado como um processo ainda em experiência.

Os princípios gerais do método podem deduzir-se da exposição do processo seguinte para formar e fixar no papel ou no pano *tinta preta de anilina*. O pano é mergulhado numa solução diluída dum sal de anilina e estendido sôbre uma capa de metal isolada. Um dos pólos duma bateria ou duma máquina eléctrica é ligado a esta placa. Uma segunda placa, na qual se executa o desenho padrão, é posta em cima do pano molhado e é ligada ao outro pólo do gerador eléctrico. Quando passa a corrente forma-se no pano uma cópia em preto do desenho padrão.

Branqueamento eléctrico. — O processo de *branquear* pela electricidade consiste essencialmente em formar por meio da electrólise um *produto químico descorante* — em geral a *cal clorada* ou *hipocloritos* — produto que vai actuar sôbre a substância a descorar, ordinariamente mergulhada nêle.

Um processo de branqueamento muito usado na fabricação do papel é o processo *Hermite*, para branquear a pasta. Neste processo faz-se com um aparelho apropriado a electrólise duma solução aquosa de cloreto de magnésio. Pela electrólise êste cloreto decompõe-se em magnésio e cloro; êste gás liberta-se no pólo positivo, onde se combina com o oxigénio proveniente da electrólise da água, formando um composto exiginado de cloro que tem um grande poder descorante. Êste composto oxida as matérias corantes que se pretendem destruir, libertando de novo o cloro, que vai combinar-se com o hidrogénio desenvolvido junto ao pólo negativo pela electrólise da água, formando ácido clo-

rídrico, que por sua vez vai de novo formar com o magnésio o cloreto de magnésio, dando-se assim um ciclo completo de reacções que regenera sempre a solução primitiva.

Esterilização de águas de esgôto. — Nas grandes cidades interiores a condução directa das águas de esgôto para um rio não é, em certos casos, possível, devido ao perigo que haveria para a saúde pública em carregar as águas do rio com grandes quantidades de matérias orgânicas em putrefacção. Nestes casos é pois necessário *esterilizar* as águas de esgôto — isto é, destruir os micróbios que contêm — antes de as conduzir para o rio. Aplicam-se para isso dois processos diferentes de *esterilização electrolítica*. Um, consiste em submeter *directamente* tôdas as águas de esgôto à acção da corrente eléctrica; no outro, produz-se, por meio da electrólise, um fluído esterilizante que se faz actuar sôbre as águas de esgôto que são assim esterilizadas *indirectamente*.

No primeiro processo, inventado por *W. Webster*, fazem-se passar aquelas águas por uma série de canos, cujas paredes são providas, em todo o seu comprimento, de eléctrodos de ferro. Quando se faz passar a corrente, libertam-se nos ânodos oxigénio, e cloro se as águas de esgôto contêm cloretos, como acontece geralmente; ambos êstes gases são poderosos agentes de esterilização. O óxido de ferro, formado pela acção do oxigénio sôbre os eléctrodos, precipita as substâncias orgânicas que se acumulam no fundo dos canos.

No segundo processo, conhecido por processo *Hermite* ou *Woolff*, emprega-se a corrente para decompôr uma solução de cloretos, como por exemplo a água do mar, libertando o cloro. Prolonga-se a acção electrolítica até que a solução contenha 0,5 a 1 0/0, em pêso, de cloro livre.

O líquido é então elevado por meio de bombas para um reservatório, donde pode ser lançado para um tanque colector das águas de esgôto, ou conduzido por meio de canalizações de chumbo aos reservatórios de águas das retretes. As águas de esgôto assim tratadas são completamente inodoras.

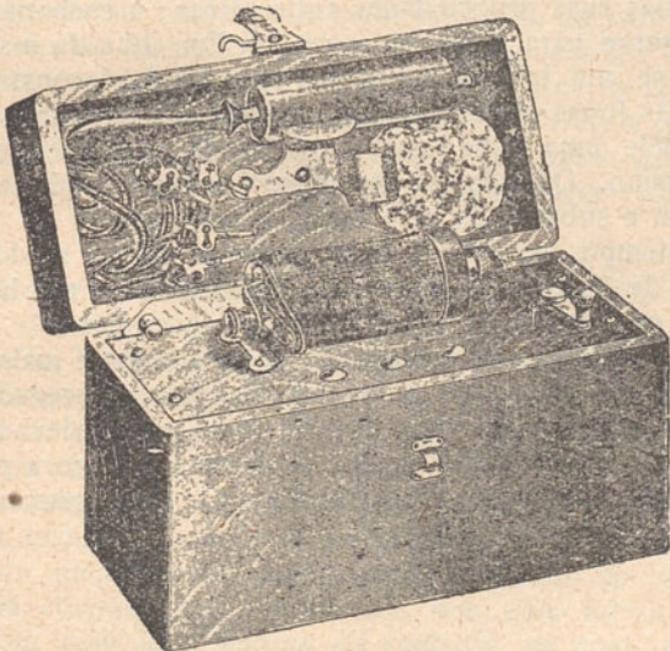


Fig. 156 — Bobina de indução para emprégos terapêuticos

Conservação das madeiras. — O fim do processo que vamos descrever é expelir a seiva e substituí-la por uma substância insolúvel e insusceptível de apodrecimento.

Num processo comercial que tem dado bons resultados, liga-se o pólo positivo dum dínamo a uma grade de chumbo, sôbre a qual se coloca a madeira. Esta e a grade são contidas num recipiente, no qual se deita, até quasi cobrir a madeira, uma solução, cuja temperatura de 30° se mantém constante por meio de tubos de vapor colocados sob a grade. A solução contém 10 0/0 de *borax*, 5 0/0 de *resina*, e 0,75 0/0 de *carbonato de sódio*; o borax emprega-se por causa das suas propriedades antisépticas; o carbonato de sódio serve para dissolver a resina. Em cima da madeira coloca-se um taboleiro poroso, cujo fundo é constituido por duas lonas separadas por uma camada de feltro, e por cima dêle uma fôlha de chumbo ligada ao pólo negativo do dínamo. Quando se faz passar a corrente, a seiva é expelida e substituida pelo borax e pela resina.

O tempo necessário para preparar dêste modo um tronco de 25 cm. de diâmetro é de cêrca de 7 a 8 horas; põe-se em seguida a madeira a secar ao ar livre.

Êste processo de preparação das madeiras é mais simples que os processos químicos até agora empregados, e tem a vantagem, em vista do seu preço pouco elevado, de dar valor comercial a certas madeiras, até agora pouco applicáveis, quer para construções quer para marcenaria.

A electricidade na medicina

Acção fisiológica das correntes. — Experiências executadas neste ramo demonstraram que o *protoplasma*, que é a base fundamental de todos os organis-

mos vivos, se contrai quando é atravessado por uma corrente eléctrica. Se a corrente fôr suficientemente forte, causará um *choque* muito doloroso; se excessiva, pode causar a morte.

Se se permitir a passagem contínua duma corrente através do corpo humano, produz-se uma *electrólise*, decompondo a água que faz parte do corpo. Vimos que, quando se dá a decomposição da água por *electrólise*, o hidrogénio se acumula no pólo negativo, ou *cátodo*, e o oxigénio no positivo, ou *ânodo*. Se expuzermos à acção electrolítica duma corrente um bocado de carne crua, notaremos que os tecidos se *contraem* e *endurecem* junto do ânodo, devido à acção do oxigénio, ao passo que junto ao cátodo se tornam *moles* e *polposos*, em virtude da acção do hidrogénio.

Electro-terapêutica. — A acção fisiológica da corrente eléctrica dá lugar à sua aplicação para o tratamento de várias doenças, tendo-se obtido dela em alguns casos resultados magníficos. A parte da ciência médica que se refere à aplicação da electricidade para tratamento de doenças chama-se *electro-terapêutica*.

Emprega-se a *electrólise* para endurecer ou amolecer dados tecidos, podendo obter-se um ou outro destes efeitos por uma escolha conveniente do sentido da corrente.

Os *choques* são ministrados sob uma forma pouco violenta com uma *bobina de indução*, da qual se vê na fig. 156 um dos modêlos. O efeito destes choques é despertar o paciente duma depressão fisiológica, excitando-lhe a energia latente. As bobinas de indução com alta frequência de interrupção têm uma acção sedativa ou calmante sôbre o sistema nervoso excitado. A electricidade estática exerce uma poderosa influência nas acções

moleculares que se dão nos tecidos do corpo humano, e é um grande modificador da nutrição. Emprega-se com os melhores resultados nos casos de má assimilação e irregularidades de quaisquer funções, em especial das do sistema nervoso.

Electro-cautério. — A aplicação de fios aquecidos pela corrente eléctrica para cortar ou queimar partes do corpo humano realizou um enorme melhoramento na cirurgia. O método anteriormente empregado tinha a desvantagem da impossibilidade de regular a temperatura duma agulha aquecida à chama ou por contacto com um corpo quente. O electro-cautério, além de permitir a cuidadosa regulação da temperatura do fio, tem ainda a vantagem de êste poder ser introduzido, enquanto frio, em qualquer cavidade, levando-o até o ponto de queimar, aquecendo-o depois no grau desejado.

Dos raios X não falaremos, por já termos tratado êsse assunto.

Várias aplicações da electricidade e do magnetismo

Sinalização de bloco nos caminhos de ferro.

— Vimos anteriormente as aplicações do electro-magnete à telefonia, à telegrafia, às campainhas eléctricas, anunciadores etc. Há ainda outras aplicações referentes à sinalização eléctrica, das quais a mais importante é a *sinalização de bloco nos caminhos de ferro*.

Esta sinalização tem por fim evitar o perigo de choques de combóios, para o que se divide a via num certo número de secções, ou *blocos*, de dado comprimento, mantendo comunicação telegráfica entre *torres* situadas nos extremos dêsses blocos, a-fim-de impedir, por meio do abaixamento de dados sinais, que esteja mais dum combóio ou locomotiva no mesmo bloco ao mesmo tempo.

Empregam-se vulgarmente dois sistemas diferentes de bloco, o *absoluto* e o *permissivo*. No primeiro, que é o mais seguro, só se permite a existência dum combóio num dado bloco em cada momento. No segundo, pode haver, em certas circunstâncias e em certas condições, mais dum combóio no mesmo bloco, avisando-se cada um dêles do facto de não estar só nêsse bloco.

O telegrafone Poulsen. — Uma das últimas e das mais interessantes invenções no campo da sinalização eléctrica é o *telegrafone* ou *telefonógrafo Poulsen*, por meio do qual se pode registar uma conversação telefónica sôbre um fio de aço, reproduzindo-a quando se desejar. Nêste aparelho há um fio ou uma fita de aço, que se faz passar com uma velocidade considerável, por meio de um dispositivo apropriado, entre os pólos dum pequeno eléctro-magnete. Falando para um microfone ligado ao circuito, as variações de intensidade da corrente produzidas pelo microfone actuam sôbre o electro-magnete, estabelecendo uma variação contínua na intensidade e sentido do campo magnético por êle produzido. Estas variações ficam registadas no fio de aço que vai passando entre os pólos do electro-magnete sob a forma de magnetizações transversais de polaridade e intensidade variáveis.

Substituindo agora o microfone por um auscultador telefónico, e fazendo passar de novo o fio, êste, por estar

magnetizado, como dissemos, gera nas bobinas do electro-magnete, entre cujos pólos passa, correntes eléctricas que são a exacta reprodução das que produziram as magnetizações do fio, repetindo portanto o auscultador as palavras primitivas duma maneira perfeita.

Separação magnética de minérios. — Uma aplicação muito importante da electricidade é a separação do ferro ou do aço de quaisquer substâncias com que se encontrem misturados mecânicamente, por meio de electro-magnetes. *Thomas A. Edison* inventou um aparelho muito engenhoso para separar as partículas de minério de ferro da areia produzida pela pulverização das rochas que o contêm.

O *separador de minério Edison* baseia-se na atracção magnética; o minério não é porém posto em contacto com os electro-magnetes, que actuam sobre êle a distância. A areia contendo minério de ferro é lançada numa calheira em forma de **V**, à qual se imprime movimento vibratório por meios apropriados. No fundo da calheira há uma estreita fenda que se estende a todo o seu comprimento. Por baixo desta fenda há uma série de poderosos electro-magnetes, que atraem as partículas de minério de ferro à medida que a areia vai caindo pela fenda, infletindo a sua trajectória e fazendo-as cair dum lado duma divisória, enquanto que as partículas não magnéticas, cuja trajectória não é alterada, caem do outro lado.

Dos receptáculos dispostos para receber o pó de minério de ferro desce êste para máquinas misturadoras, nas quais é misturado com um material aglutinante qualquer que permita a sua moldagem em tijolos. A areia, que pode ser usada para vários fins, constitui um valioso sub-produto dêste processo.

Martelos eléctricos e brocas de percussão.

— O movimento rectilíneo alternativo pode ser produzido de dois modos pelos electro-magnetes: 1) pelo emprêgo dum magnete e dum pêso, ou duma mola; 2) pelo emprêgo de dois solenoides, ou bobinas magnéticas, actuando alternadamente sôbre um núcleo móvel.

No primeiro método, o pêso é levantado, ou a mola deformada, pela armadura do magnete, quando esta é atraída; cortando-se em seguida o circuito, o pêso ou a mola produzem o movimento da armadura em sentido

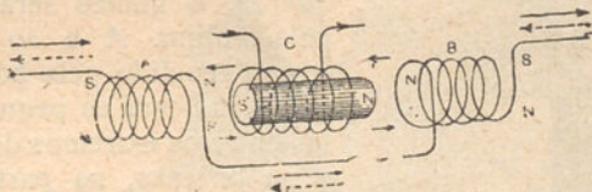


Fig. 157 — Movimento alternativo dum núcleo obtido por meio duma corrente alternativa

oposto. No segundo método pode-se empregar corrente contínua ou alternativa. Se se empregar corrente contínua, o núcleo é de ferro macio, e as bobinas, cada uma das quais é colocada junto dum dos extremos do núcleo, são enroladas de modo que atraiam o núcleo em sentidos opostos, produzindo o movimento alternativo dêste núcleo, quando alternadamente introduzidas no circuito. Se se empregar corrente alternativa, o núcleo é permanentemente magnetizado, de preferência por uma terceira bobina atravessada por uma corrente contínua, e as duas bobinas operadoras são introduzidas simultânea e continuamente no circuito, actuando cada uma delas sôbre um dos polos do núcleo, como indica a fig. 157.

Quando a corrente nas bobinas *A* e *B* tem o sentido

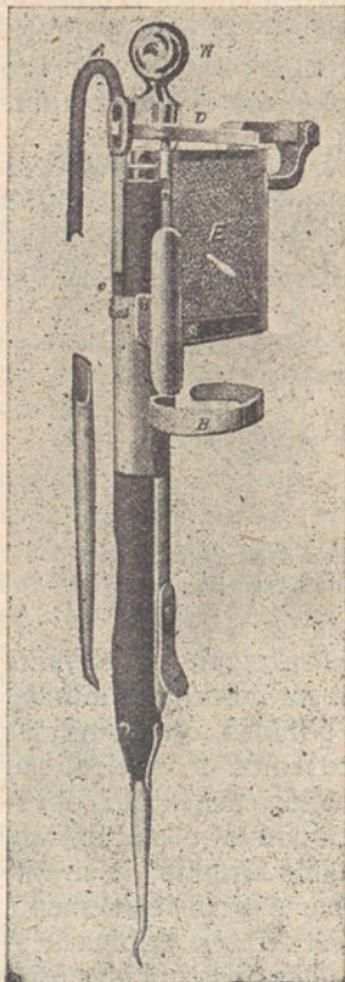


Fig. 158 — Pequeno aparelho eléctrico-magnético empregado pelos dentistas

indicado na figura pelas setas a traço cheio mais compridas, a bobina *A* tem o pólo sul à esquerda e o pólo norte à direita, enquanto que a bobina *B* tem o pólo norte à esquerda e o sul à direita. Supondo que a corrente contínua na bobina *C* magnetiza o núcleo de modo que o seu pólo sul fique à esquerda, o núcleo será atraído pela bobina *A* e ao mesmo tempo repellido pela bobina *B*, como indicam as pequenas setas entre os extremos do núcleo e as bobinas, na parte superior. Em consequência desta atracção e desta repulsão, o núcleo deslocar-se-á para a esquerda. Logo a seguir, quando o sentido da corrente fôr o inverso, isto é, o indicado pelas setas a traço interrompido, as polaridades das bobinas *A* e *B* inverter-se-ão, passando a ser as indicadas pelas letras ponteadas, e o núcleo mover-se-á portanto para a direita. Dêste modo, o núcleo terá um movimento alternativo da mesma frequência da corrente.

O primeiro método é empre-

gado em *martelos eléctricos* de várias formas. Um pequeno instrumento de grande utilidade, baseado neste princípio, é o que está representado na fig. 15S, empregado pelos dentistas. A corrente que excita o electro-magnete *E* é interrompida automaticamente. Quando excitado, o electro-

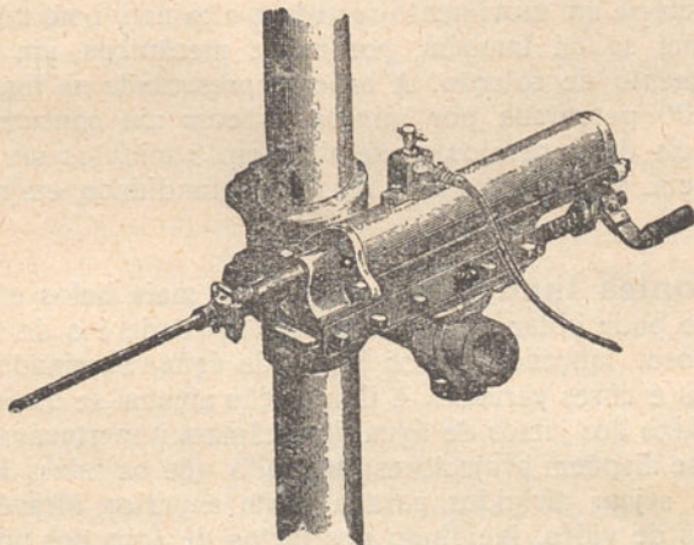


Fig. 159 — Broca de percussão eléctrica

-magnete atraia a armadura *D*, que arrasta um pêso *W*, cujo fim é aumentar a intensidade da pancada. Cortando a corrente, uma mola leva a armadura com o pêso à sua primitiva posição. O percurso da armadura é regulado pela posição da espera *O*. O anel *B* enfia-se num dedo, para segurar o instrumento quando em operação. Os fios

que conduzem a corrente da bateria são ligados em *A*. Este instrumento tem limites de regulação muito afastados, e a natureza do trabalho produzido é muito uniforme.

O segundo método acima referido é aplicado em vários tipos de *brocas de percussão*, um dos quais, destinado à perfuração de rochas, está representado na fig. 159. Pela acção das duas bobinas operadoras já descritas, imprime-se um movimento rectilíneo alternativo ao núcleo, ao qual se dá também, por meios mecânicos, um lento movimento de rotação. A broca representada na fig. 159 faz 600 percursos por minuto, e, com um consumo de potência de 5 cavalos, pode abrir em 5 minutos um furo de 4 cm. de diâmetro e 25 cm. de profundidade, em rocha dura.

Fontes luminosas. — Um dos mais belos efeitos que se pode obter por meio da electricidade é o da fonte luminosa, lançando vários jactos de água, iluminados de formas e côres variadas. A iluminação efectua-se dispondo por baixo dos jactos de água uma câmara impermeável, na qual se dispõem projectores, de modo que os feixes luminosos sejam dirigidos para a parte superior, através de janelas de vidro, incidindo nos jactos de água nos pontos em que êstes saem das agulhetas. Estas são providas de pontas de várias formas, de modo que lançam a água em jactos variados, conforme os efeitos que se desejem obter. As colorações são obtidas interpondo nos feixes luminosos, em frente dos refletores, discos de vidro colorido. Êstes discos são montados em caixilhos, aos quais se pode dar movimento por meio de engrenagens, bastando para isso um só operador. As válvulas dos tubos que conduzem a água às agulhetas são também comandadas do mesmo ponto, podendo ser reguladas pelo mesmo operador.

Electro-cultura. — Há vários modos de empregar a electricidade para estimular o desenvolvimento das plantas, os quais podem classificar-se como segue: 1) processos em que *as sementes* são sujeitas à acção da corrente eléctrica durante algum tempo, imediatamente antes de semear; 2) processos em que *as plantas*, depois de semeadas e desenvolvidas até um certo ponto, são submetidas à acção da *electricidade estática*; 3) processos em que, logo a seguir ou algum tempo depois da sementeira, *o solo* é atravessado contínua ou intermitentemente por correntes eléctricas.

O modo de operar, *no primeiro caso*, é misturar a semente com terra úmida e, colocando a mistura entre dois eléctrodos, fazer passar entre estes com intermitências uma corrente contínua, ou então uma corrente alternativa. A facilidade de germinar pode ser aumentada por êste processo em algumas sementeiras, sem que, contudo, os resultados obtidos tenham grande importância.

O *segundo processo* assemelha-se à acção natural da electricidade atmosférica. Constroi-se com arame farpado uma rêde isolada do solo, formando um sistema de pontas junto das plantas a tratar. A electricidade é fornecida por grandes *máquinas de influência* ou *transformadores Tesla*, e é aplicada só durante algumas horas do dia. Êste método tem dado em alguns casos resultados favoráveis.

O *terceiro processo* compreende dois métodos. No primeiro fazem-se *elementos de terra*, enterrando no solo, para cada elemento, dois grandes eléctrodos de materiais diferentes, de preferência *carvão* e *zinco*. Os eléctrodos são colocados a cêrca de 1 m. de distância, e é entre êles que se lança a semente. Um fio ligando os dois eléctrodos na parte superior, completa o circuito. A fôrça electro-motriz dum dêstes elementos não é grande, sendo todavia

suficiente para manter uma corrente fraca que depende principalmente da temperatura, umidade e quantidade de sais solúveis existentes no solo. No segundo método, os dois eléctrodos são do *mesmo* material, em geral *carvão*, e são alimentados por uma bateria galvânica ou outra origem de corrente contínua.

A vantagem dêste método é a possibilidade de empregar correntes mais intensas. Em ambos os casos, os resultados obtidos são em geral satisfatórios, não acontecendo o mesmo se se empregarem correntes alternativas produzidas por bobinas de indução. É natural pensar que, enquanto que as acções electrolíticas e fisiológicas da corrente vão apressando o desenvolvimento da vida das plantas, a sua acção química tende a dissolver os sais existentes no solo, exercendo assim uma influência estimulante. Vários experimentadores têm emitido a opinião de que o resultado obtido é devido ao efeito térmico da corrente; esta hipótese parece, porém, muito duvidosa, atendendo à pequeníssima intensidade das correntes empregadas na electro-cultura, as quais desenvolvem portanto uma quantidade de calor imperceptível.

Executaram-se experiências sôbre a cultura da cenoura, da beterraba, do trigo, do centeio, da aveia e da cevada. Fizeram-se as sementeiras em dois campos contíguos, disposto um dêles para a aplicação do tratamento eléctrico, e servindo de *campo de experiência*, enquanto que o outro foi abandonado às influências naturais do solo e dos agentes atmosféricos, servindo de *campo de comparação*. O primeiro era ligado ao pôr do sol a uma bateria duns poucos de elementos em série, cortando-se o circuito ao nascer do sol. Assim, as plantas estavam sujeitas durante o dia à acção dos agentes naturais, enquanto que durante a noite se juntava a esta acção a da corrente eléctrica. O

sentido da corrente era invertido de tempos a tempos. A beterraba foi a planta que mais diferença mostrou, cultivada num ou noutro campo. Os resultados obtidos justificam a asserção de que a corrente eléctrica, convenientemente aplicada, produz uma acção favorável ao crescimento das plantas.

Centrais particulares

Instalação

Disposição duma central particular. — Compreende-se por *central particular* uma pequena fábrica geradora de electricidade para o fornecimento de corrente para a iluminação e para a fôrça motriz, dentro dum edificio. Esta condição de gerar corrente sòmente para uso dentro dum edificio distingue uma central particular duma *estação central* pròpriamente dita em que a corrente é produzida para ser distribuída a vários consumidores exteriores. No ponto de vista do tamanho uma central particular pode ser tão grande ou mesmo maior do que uma estação central; na verdade muitas centrais particulares para iluminação e fôrça, em alguns hotéis e edificios modernos, excedem em potência as estações centrais de muitas vilas e de algumas pequenas cidades.

Os pontos mais importantes a considerar na disposição duma central particular são o *local*, as *fundações*, as *tubagens* e o *quadro de distribuição*.

Local da central. — O local da central depende do género de edificio e também da natureza do terreno; nos edificios públicos, de escritórios, ou ainda em hotéis ou semelhantes, é preferível instalar a central numa cave ou sub-solo abaixo do nível dos passeios. Em todos os casos deve-se ter cuidado em conservar as máquinas e as fundações a uma distância suficiente das paredes exteriores, não só para haver um acesso fácil a tôdas as partes da instalação, mas também para evitar qualquer possibilidade de se transmitir a vibração das máquinas motoras às paredes exteriores e daí ao edificio todo.

A central deve, tanto quanto possível, estar situada num terreno isento de rochedos ou de água. As máquinas devem ser protegidas da umidade excessiva, das altas temperaturas e da poeira.

Disposição relativa das várias partes da central. — Tendo-se escolhido o local mais conveniente para a central, o que há a fazer em seguida é determinar a disposição das várias partes da central em relação umas às outras. As máquinas devem estar dispostas de modo que haja um acesso fácil a tôdas as suas partes e os dispositivos que regulam a central devem estar centralizados ao lado uns dos outros, para evitar qualquer demora inútil em caso de *paragem súbita* devida a um acidente.

Distribuição dos dínamos, das máquinas motoras e do quadro de distribuição. — A fig. 160 representa o plano horizontal duma central particular, formada por dois dínamos acoplados directamente às suas máquinas motoras, juntamente com o quadro de distribuição, tubagem, etc. A disposição é tal que os cilindros das máquinas *E E* estão paralelos entre si e os colectores *C C*.

dos dínamos estão em frente um do outro. O quadro de distribuição *S* está situado no muro exterior, voltado para os cilindros das máquinas.

Por meio desta disposição, o operador, quando está

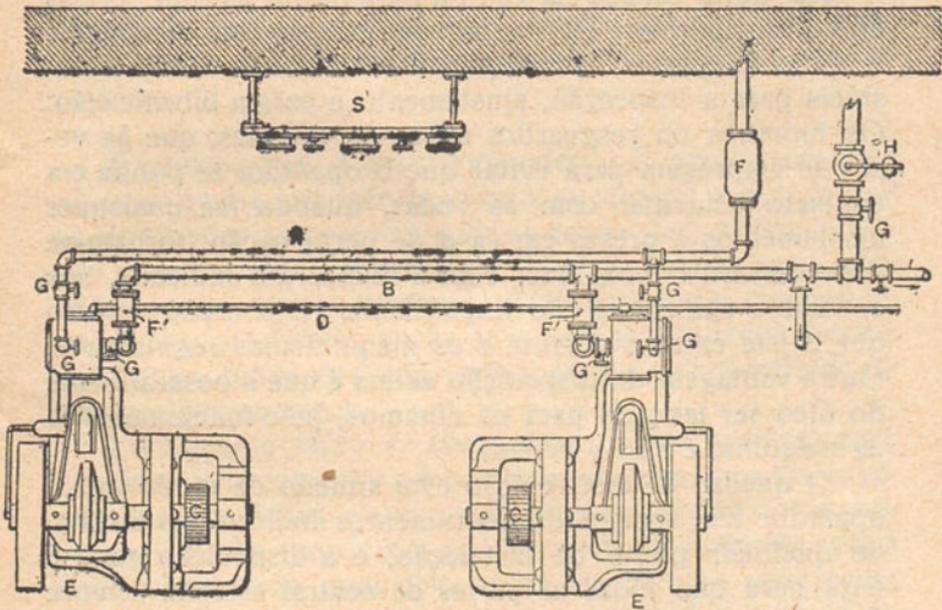


Fig. 160 — Plano horizontal duma central particular

de pé no espaço entre os dois grupos geradores, tem tôdas as válvulas das duas máquinas ao alcance da mão, sendo-lhe muito fácil fazer arrancar ou parar à vontade as máquinas. Pode observar facilmente a sua marcha, e, quando, seja necessário, ajustar as escôvas dos dínamos,

etc. Durante todo êste tempo tem os instrumentos de medida do quadro diante dos olhos, e como as tubagens representadas no plano estão situadas por cima da sua cabeça, pode dessa posição, perto dos geradores, alcançar ràpidamente os interruptores situados no quadro, se fôr necessário.

Há muito espaço na central para retirar as cabeças dos cilindros, êmbolos, etc., se a máquina precisar reparação, e tôdas as partes das máquinas e dos dínamos são acessíveis para a inspecção, ajustamento e para a lubrificação. Os biombos ou resguardos sôbre os volantes, que às vezes se empregam para evitar que o operador se ponha em contacto accidental com as rodas, quando faz quaisquer ajustamentos à pressa em caso de perturbação, tornam-se desnecessários, pois que, com a disposição indicada, tais contactos accidentais são impossíveis, visto o afastamento que existe entre o volante e os maquinismos reguladores. Outra vantagem da disposição acima é que a possibilidade do óleo ser lançado para os dínamos, pelo funcionamento da máquina, é assim evitada.

O quadro de distribuição está situado de modo que o operador tem sempre os instrumentos indicadores à vista, de qualquer ponto da instalação, e a disposição geral é feita para que tôdas as partes da central estejam sempre sob a inspecção do operador, o qual pode fácil e ràpidamente notar qualquer defeito ou perturbação ou ainda as alterações na carga.

Fundações. — As fundações são geralmente construídas de *tijolo duro* com *argamassa de cimento*, ou então são construídas inteiramente de betoniha, contendo uma mistura apropriada de *pedra*, *areia* e *cimento*. Quando as máquinas estão situadas muito perto umas das outras,

as fundações para ambas devem ser de preferência construídas numa só.

Deve-se ter o cuidado de tomar as precauções necessárias contra as *vibrações*, para que não sejam transmitidas às paredes do edifício. As fundações das máquinas não devem estar em contacto com as fundações de quaisquer outras máquinas, e devem ser conservadas a uma distância conveniente de todos os tubos subterrâneos ou qualquer outro objecto capaz de transmitir as vibrações ao edifício.

Excavações e enchimento. — É prática corrente adoptar uma *excavação* um tanto ou quanto maior do que as dimensões necessárias para as fundações. Aplica-se então uma camada de cerca de 25 a 30 cm. de areia sêca como cama para a alvenaria; à medida que a construção da alvenaria procede, enche-se o espaço dos lados entre o solo e as fundações com *areia sêca* ou *desperdícios de cortiça* bem calcados.

Emprega-se *folha de borracha* ou *feltro espesso* para cobrir as cabeças das *cavilhas das máquinas* que vão através das fundações e que se empregam para firmar a máquina. O chão terminado *não deve vir em contacto* com a base da máquina, nem deve tocar nas paredes exteriores; deve-se deixar um espaço de ao menos 4 a 5 cm. Esta abertura pode ser enchida de *alcatrão* ou *asfalto*, ou uma composição semelhante.

Quando as condições são tais que não se pode obter a profundidade necessária para uma fundação de pêso suficiente, será conveniente aumentar em comprimento ou em largura as fundações para se obter o pêso adicional.

Fundações em rocha. — Bem que não se possam

formular regras específicas para a construção de fundações em locais em que haja *rocha* ou *água*, o método seguinte dará uma ideia geral do modo de proceder.

Se a rocha for de boa pedra dura e de grande massa e muito perto da superfície do terreno, pode ser usada como base para a betonilha, devendo a superfície desta ficar rente com o solo da sala das máquinas. A rocha pode ser broqueada para as cavilhas das máquinas, e estas podem ser aparafusadas directamente nela.

Em casos desta natureza a máquina deve ser *equilibrada* e *ajustada*, de modo que não haja absolutamente jôgo algum em qualquer das partes em movimento. A máquina deve ficar separada da sua base por blocos de madeira dura ou outra matéria semelhante, de modo que as vibrações não sejam transmitidas para a rocha e daí para o edifício.

Fundações em água. — Quando se encontra água pode às vezes ser necessário enterrar *estacas* para se obter uma base apropriada para as fundações. Dispõe-se então uma camada de argamassa no tôpo das estacas. Algumas vezes pode ser também um bom plano encher sacos de lona com argamassa e formar uma cama desta maneira. Depois de se formar a cama, deve-se tornar a excavação tôda, à *prova de água*, duma maneira semelhante, como se faz nos subterrâneos, abóbadas, etc. Quanto ao resto, a construção das fundações é feita pela maneira usual.

Quadro de distribuição. — O funcionamento eléctrico total da instalação, com excepção do ajustamento das escôvas do dínamo, é regulado no quadro de distribuição e a posição dos interruptores e instrumentos nesse

quadro deve ser feita sistematicamente com relação à montagem da central. Por exemplo, como se vê na fig. 161, o interruptor do dínamo D_y , S_1 e o amperímetro A_1 , que estão situados à esquerda do quadro, devem estar ligados ao dínamo da esquerda da sala etc.; isto simplifica o trabalho do operador.

Os condutores provenientes dos dínamos devem ser colocados de preferência debaixo do sobrado, empregando-

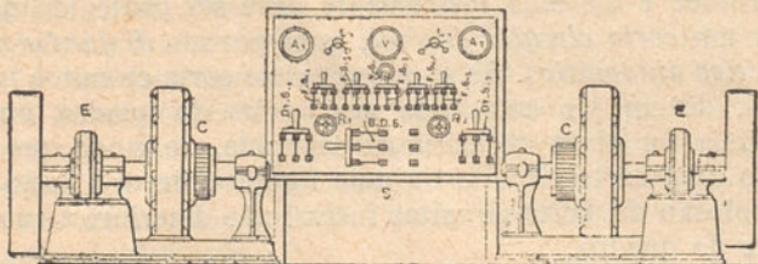


Fig. 161 — Vista em elevação da central particular

-se o melhor isolamento possível nos cabos, devendo mesmo ser introduzidos em tubos isolantes; para maior protecção, costuma-se empregar às vezes uma cobertura adicional de chumbo. Tôdas as ligações eléctricas devem ser feitas de maneira a obter-se uma junta rígida, evitando-se perdas por calor desnecessárias.

Construção do quadro de distribuição. — O quadro de distribuição deve ser feito de mármore ou de ardósia polida e os instrumentos e os interruptores devem ser montados directamente na sua face anterior e ligados

às *barras onibus*, situadas na face posterior do quadro, por meio de *parafusos* e *porcas* bastante grandes. Tôdas as partes dos interruptores e dos instrumentos por onde passe corrente, assim como as barras onibus, devem ser de cobre e a área de contacto de todos os interruptores deve ser larga e ampla. As ligações entre as barras onibus devem ser completamente *estanhadas* e *aparafusadas* entre si e em seguida seguras com *porcas*.

Fusíveis e disjuntores. — Cada pólo de cada interruptor e de cada instrumento deve ser protegido quer por um *corta circuito fusível*, quer por um *disjuntor magnético automático*. Se se empregarem corta circuitos fusíveis, devem ser colocados nas *costas* do quadro, numa ardósia ou placa de mármore separada, de modo que no caso dum curto-circuito ou uma ligação à terra a fusão ou «explosão do corta-circuitos fusível não deteriore a superfície do quadro.

Local do quadro. — Usualmente o quadro está situado na parede mais perto da cabeça dos cilindros da máquina ou mais perto dos dínamos.

O quadro é usualmente colocado distante da parede cêrca de 75 cm. a 1 metro, para permitir um acesso fácil às ligações na sua parte posterior. O mármore está usualmente aparafusado a uma armação de cantoneira de ferro. As aberturas nos lados e no tampo são geralmente fechadas por um biombo de rêde de metal com uma porta numa das extremidades.

Barras onibus. — Para efectuar a ligação eléctrica entre as máquinas geradoras e os circuitos distribuidores duma maneira conveniente e sistemática, empregam-se em

geral condutores muito grossos, formados por barras de cobre, situados na parte posterior do quadro de distribuição.

O nome dado a êstes condutores, por onde passa a corrente total ds instalação, é de *barras onibus* por conduzirem *tôda* a corrente gerada.

Tôdas as barras onibus e ligações devem ser de cobre de boa qualidade e devem estar situadas na parte posterior do quadro; as ligações aos instrumentos e aos interruptores montados sôbre o quadro são feitas por meio de cavilhas com rôsca ou parafusos que passam através da ardósia ou do mármore, e que são ligados aos instrumentos e aos interruptores por meio de porcas. As ligações entre barras onibus são feitas por meio de parafusos que apertam na barra inferior ou por meio de cavilhas e porcas que apertam as duas barras entre si. Tôdas as ligações devem ser completamente alizadas e estanhadas e depois fixadas rígidamente.

Para tôdas as ligações que suportam uma corrente muito intensa é necessário prover uma ampla superfície de contacto. Quanto maior fôr a área da superfície de contacto, melhor será a ligação, visto que o calor gerado na junta é diminuído aumentando a área de contacto. Por êste motivo as barras onibus devem ser feitas de preferência de secção larga e de fraca espessura do que, por exemplo, quadradas ou redondas. Assim, por exemplo, se uma barra onibus de 1 polegada quadrada de secção fôr necessária para conduzir a corrente num dado caso, em vez de usar uma barra quadrada de 1 polegada de aresta, será mais vantajoso usar uma barra que tenha uma largura de 2 polegadas e uma espessura de $\frac{1}{2}$ polegada. A barra mais larga oferecerá não só quatro vezes mais superfície de contacto nos cruzamentos, apresentando assim

juntas muito superiores, mas comportará também uma maior superfície de irradiação do calor, visto que a barra chata terá uma circunferência de 5 polegadas e a barra chata terá só 4 polegadas.

Há ainda uma vantagem que se obtém pelo uso de uma barra mais larga e menos espessa, e é que as ligações sendo feitas por cavilhas e porcas que apertam entre si as duas barras, e sendo a maior parte das vezes necessário abrir dois ou mais furos para as cavilhas, a perda de cobre com estas é metade na barra de 2 polegadas, visto que a sua espessura é a metade da barra de 1 polegada de aresta.

Como a área de contacto da barra de 2 polegadas é 4 vezes maior que a da barra de 1 polegada, a perda de área de contacto nas juntas será comparativamente muito menor para um mesmo número e tamanho de cavilhas. Assim, se se empregarem duas cavilhas de $\frac{3}{8}$ de polegada, em ambos os casos a perda de superfície de contacto, devida aos orifícios das cavilhas, será de $2 \times 0,11 = 0,22$ polegada quadrada, visto que a área dum orifício é de 0,11 polegada quadrada. Isto é, 22 por cento duma polegada quadrada, mas é sòmente $5 \frac{1}{2}$ por cento de 4 polegadas quadradas, que é a área de contacto da barra de duas polegadas de largura.

Disposição do quadro de distribuição. — O afastamento entre os instrumentos colocados na superfície do quadro de distribuição e a sua posição devem ser escolhidos de modo que o operador não esteja em dúvida a respeito da função de cada instrumento. Deve-se evitar um amontoamento escusado de instrumentos e de barras onibus.

O afastamento entre as barras onibus deve ser tal que

tôdas as porcas, parafusos etc. sejam acessíveis para poderem ser apertados de tempos a tempos com uma ferramenta apropriada e sem perigo de contacto com as partes de polaridade oposta.

A fig. 161 representa a vista em elevação da instalação representada em plano na fig. 160, mostrando portanto a parte anterior do quadro de distribuição. Nesta gravura as letras $D_y S_1$ e $D_y S_2$ representam os *interruptores dos dínamos*; $B D S$ é o *interruptor principal*; FS_1 , FS_2 e FS_3 , etc. são os *interruptores dos feeders* ou *alimentadores*; R_1 e R_2 são os *reóstatos dos campos dos dínamos*; L_1 e L_2 são as *lâmpadas do quadro*; A_1 e A_2 são os *amperímetros*; V é o *voltímetro* e $V S$ o *comutador de voltagem*.

Ligações do quadro. — A fig. 162 mostra as ligações na parte posterior do quadro de distribuição. Notar-se-á que as lâminas dos interruptores situados na frente do quadro são aqui indicadas por linhas tracejadas paralelas. As letras empregadas neste diagrama são as mesmas que as da fig. 161.

Os cabos B_1 , B_2 , B_3 e C_1 , C_2 , C_3 são as *canalizações dos dínamos* que ligam os geradores com os interruptores dos dínamos $D_y S_1$ e $D_y S_2$. Os cabos B_1 e C_1 vêm dos pólos positivos (+) dos dínamos e B_3 e C_3 dos pólos negativos (—) dos dínamos. B_2 e C_2 são as *canalizações das bobinas série dos dínamos* e são algumas vezes designadas pelo nome de *cabos igualizadores*.

DB_1 , DB_2 e DB_3 representam as *barras onibus dos dínamos*, sendo DB_1 a barra positiva, DB_2 a barra negativa e DB_3 a barra igualizadora.

Funcionamento do interruptor principal. —

O interruptor *B D S* está ligado de modo que tanto os dínamos da instalação como o serviço de electricidade pú-

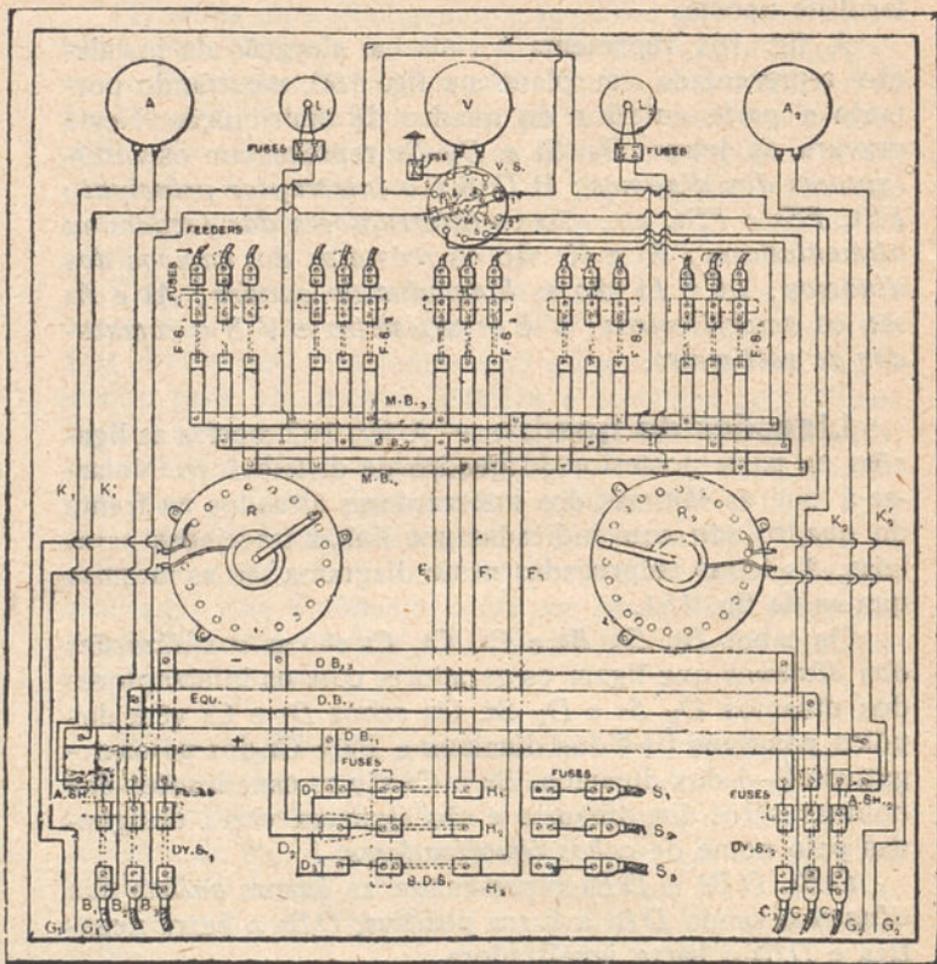


Fig. 162 — Ligações do quadro duma central particular
 Legenda : — Fuzes, corta-circuitos fusíveis

blico possam ser usados para fornecer a corrente. As peças centrais H_1 , H_2 e H_3 do interruptor $B D S$ sobre as quais as alavancas interruptoras estão articuladas, são os *bornes da instalação particular*, e estão ligados às *barras onibus principais* MB_1 , MB_2 e MB_3 do quadro pelas *barras alimentadoras principais* F_1 , F_2 e F_3 . Os bornes S_1 , S_2 e S_3 estão ligados ao *serviço público*, de modo que, voltando o interruptor para a *direita*, liga os alimentadores principais ao sistema público, e a instalação pode então ser alimentada por êle no caso de qualquer acidente nas máquinas geradoras.

Contudo, em condições ordinárias, o interruptor $B D S$ é fechado, voltando a alavanca para a *esquerda*, ou seja para o lado dínamo do interruptor e nesse caso a instalação será alimentada pelos seus próprios dínamos. Notar-se-á que no lado dínamo do interruptor os bornes D_1 e D_3 estão ligados entre si e estão ligados com a barra onibus positiva do dínamo DB_1 , tornando assim as duas barras onibus exteriores MB_1 e MB_3 positivas. O borne D_2 , por outro lado, está ligado à barra onibus do dínamo DB_3 , de modo que a barra onibus principal do meio MB_2 , à qual H_2 está ligada, torna-se negativa. Para que a sua capacidade de condução seja igual à das duas barras positivas, a barra do meio deve portanto ter uma secção dupla das barras exteriores. A instalação representada, quando alimentada com os seus próprios geradores, está ligada pelo sistema de dois fios. O serviço público de distribuição eléctrica está porém disposto usualmente pelo sistema a três fios; mudando o interruptor principal para o sistema de distribuição pública, muda-se portanto a polaridade das barras onibus principais: MP_1 torna-se positiva, (+), MB_2 neutra (\pm) e MB_3 negativa (-).

Interruptores de feeders, e feeders. — Na fig. 162, FS_1 , FS_2 , FS_3 etc. representam os *interruptores dos feeders* que regulam os vários condutores e *feeders* que alimentam o sistema de iluminação em todo o edifício. Os *feeders* ou *alimentadores* propriamente ditos são formados de preferência por três cabos cada um, tendo o cabo do meio uma secção ou capacidade de condução igual à soma dos dois cabos exteriores. Quando se arranja a capacidade dos fios alimentadores desta maneira, pode-se usar um sistema a dois fios ou a três fios sem perturbar ou mudar qualquer das ligações do sistema todo, excepto no que se explicou com relação ao interruptor principal DBS . Quando se deseja usar um sistema a dois fios, os dois fios de alimentadores exteriores ligam-se juntos entre si e formam um lado do sistema, ao passo que o fio grôso do meio forma o lado de polaridade oposta. Um sistema de canalizações disposto com três alimentadores proporcionados, como se disse atrás, é chamado muitas vezes um *sistema universal de canalizações*, em virtude da sua rápida adaptabilidade a qualquer dos planos de canalizações usuais.

Amperímetros e derivações. — A_1 e A_2 representam *amperímetros* que têm geralmente uma capacidade tal que possam marcar pelo menos 25 % em excesso da capacidade indicada dos seus dínamos respectivos, de modo que em caso duma sôbre carga durante um certo período, o operador possa estar informado constantemente e com precisão do valôr da sôbre carga.

Os amperímetros representados no diagrama, fig. 162, são equipados com *shunts* ou *derivações* $A Sh_1$ e $A Sh_2$, que estão em circuito com a barra onibus positiva do dínamo e que se tornam assim parte dêsse circuito. Aos

bornes destas duas derivações ou *shunts* estão ligados pelos fios $K_1 K'_1$ e $K_2 K'_2$ os amperímetros A_1 e A_2 respectivamente. Ver-se-á que desta maneira cada amperímetro está ligado em paralelo com a sua derivação, de modo que a corrente que vem de cada dínamo para a barra onibus DB_1 divide-se no borne mais baixo de cada *shunt*, passando uma parte através do *shunt* e a outra através dos fios K, K' e do amperímetro.

O valor ou a intensidade das partes da corrente estão na proporção inversa das resistencias dos dois caminhos a seguir, passando a *maior* porção pelo caminho de *menor* resistência, e a *menor* porção pelo caminho de *maior* resistência. Assim, por exemplo, se o amperímetro tiver uma resistência 99 vezes maior que o seu *shunt*, uma corrente 99 vezes maior passará através do *shunt* do que através do amperímetro. A corrente do amperímetro é portanto, neste caso, exactamente uma centésima parte da corrente que vem do dínamo e o mostrador ou escala do instrumento deve portanto estar graduado para indicar cem vezes a corrente que passa através do amperímetro.

Nas pequenas instalações com geradores duma capacidade de 150 ampérios ou menos, não se empregam usualmente *shunts* e a corrente total do dínamo passa através do amperímetro que está então graduado de modo a indicar directamente tódã a corrente que passa através dêle.

O voltímetro e o seu comutador. — O *voltímetro* V está sempre ligado entre os pólos positivo e negativo da instalação; na fig. 162 as ligações sãs feitas através do *comutador circular de voltímetro* $V S$. Os bornes do voltímetro estão ligados às placas curvas de contacto P_1 e P_2 sôbre as quais deslisa um braço radial ou alavanca M . O centro da alavanca está isolado, e de cada

lado do centro isolado estão contactos ou deslizadores, por meio dos quais as placas curvas P_1 e P_2 podem ser ligadas com qualquer par de bornes situados na periferia do comutador. Estes bornes estão ligados aos diferentes cabos dos dínamos, barras ónibus e à terra, respectivamente, constituindo pares de bornes diametralmente opostos no comutador, tais como $1,1'$; $2,2'$; $3,8$; $4,7$ e $5,6$.

No presente caso, os bornes diametralmente opostos 1 e $1'$ ligam ao dínamo N.º **1**; os bornes 2 e $2'$ ligam ao dínamo N.º **2**; os bornes $3, 4$ e 5 estão ligados a três barras ónibus principais; finalmente os bornes $6, 7$ e 8 estão formados numa ligação e conduzem através dum pequeno corta-circuitos fusível, para a terra.

Colocando a alavanca do comutador radial sôbre quaisquer duas ligações opostas, completa-se o circuito do voltímetro. Na posição $1,1'$ o voltímetro indica a voltagem do dínamo N.º **1**; na posição $2,2'$ a voltagem do dínamo N.º **2** é indicada; ligando qualquer das três barras ónibus principais em circuito com o voltímetro e a terra através de $3,8$; $4,7$ e $5,6$ respectivamente, o voltímetro indicará se qualquer das barras está isenta de terras ou fugas e, no caso contrário, o valor da fuga é mostrado pela indicação do voltímetro.

Lâmpadas de quadro. — As lâmpadas L_1 e L_2 são empregadas, em primeiro lugar, para iluminar o quadro, de modo que as indicações dos instrumentos possam ser lidas facilmente de noite. Devem para êste fim ser colocadas em posição perto dos instrumentos indicadores, de preferência por cima dêles.

Porém as lâmpadas também podem ser usadas como indicação visual para o operador quando põe em marcha

ou quando pára a instalação, pois que pelo brilho das lâmpadas pode apreciar o valor da voltagem e verá se os reóstatos estão ajustados convenientemente. Por êste motivo, às lâmpadas de quadro dá-se muitas vezes a designação de *lâmpadas-piloto*. No diagrama as lâmpadas estão ambas ligadas às barras ónibus através de pequenos corta-circuitos fusíveis, mas podem também ser ligadas

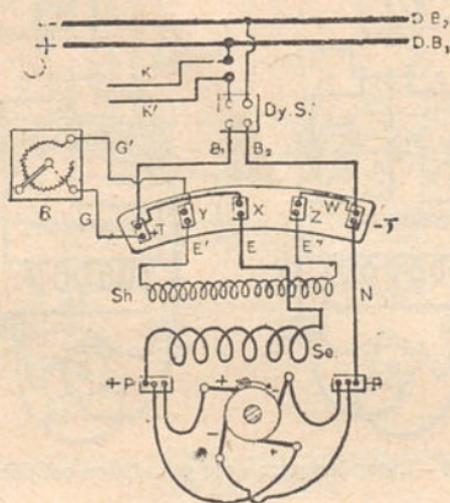


Fig. 165 — Ligações para um único gerador

ao lado inferior do interruptor do dínamo e nesse caso cada dínamo deve ser provido duma lâmpada piloto separada.

Ligações do dínamo. — A fig. 163 representa as ligações entre o gerador e o quadro de distribuição para o caso em que só um único gerador alimente tôda a ins-

talação. Neste diagrama \dagger representa a *pólo positivo*, — o *pólo negativo*; $+P$ é a *placa-borne* para os cabos da *escôva positiva* sôbre o *dínamo*; $-P$ é a *placa-borne* para os cabos da *escôva negativa*; Se é a *bobina série* do *campo*, e Sh é a *bobina shunt* ou em *derivação* do

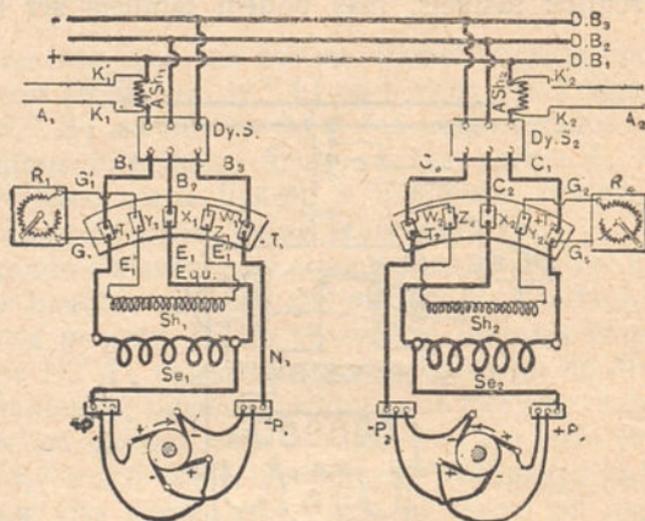


Fig. 164—Ligações para dois geradores em paralelo

dínamo. T representa a *placa dos bornes* do dínamo, à qual estão ligados o cabo negativo N do dínamo, os *fios do campo* E , E' e E'' , e os *fios do reóstato* G e G' . Finalmente R é o *reóstato do campo* do dínamo, e $Dy S$ o *interruptor do dínamo*.

Notar-se-á que, no caso dum único gerador que numa instalação particular é muitas vezes de *enrolamento compound*, o cabo negativo N da placa-borne $-P$ é levado

para o borne $-T$ da placa de bornes, ao passo que da placa-borne positiva $+P$ a corrente passa através da bobina série Se , da qual se liga pelo fio E ao borne X ; êste último está ligado com o borne $+T$ da placa de bornes. Os bornes $+T$ e $-T$ estão ligados por cabos B_1 e B_2 ao interruptor bipolar do dínamo $Dy S$, donde por sua vez partem cabos para as barras ónibus.

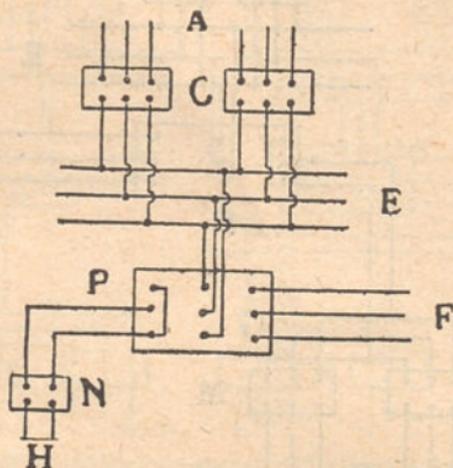


Fig. 165—Ligações da central particular com o serviço público para um gerador

Legenda: A , feeders — C , interruptores dos feeders — E , barras ónibus principais — F , feeders do serviço público — P , feeder do dínamo — N , interruptor do dínamo — H , cabos do dínamo.

Uma parte da corrente do dínamo divide-se no borne $+T$, passa através do fio G até o reóstato do campo R e por meio do fio G' atinge o borne Y . Dêste último borne a corrente derivada passa através do fio do campo E' para

a bobina *shunt* Sh , através do fio E'' para o borne Z , o qual está ligado por um fio W ao borne — T . Desta maneira o circuito do campo forma um *shunt* ou derivação entre os dois pólos do dínamo.

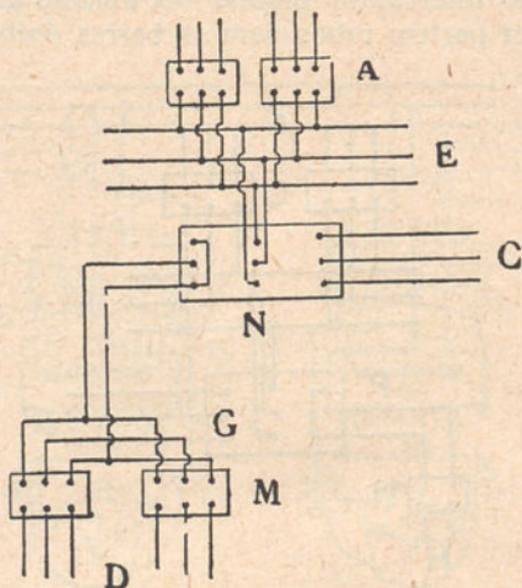


Fig. 166—Ligação da central particular com o sistema público para dois geradores

Legenda: A, interruptores dos feeders—E, barras ónibus da central particular—C, serviço público—N, interruptor principal—G, barras ónibus do dínamo—M, interruptor do dínamo—D, cabos do dínamo.

Se só houver instalado um único gerador que não exceda uma intensidade de 150 ampéris, o amperímetro, como já dissemos anteriormente, estará ligado directamente no

circuito, como se vê pelos cabos K e K' . Examinando o diagrama, notar-se-á que a bobina série Se , o regulador do campo R e o amperímetro estão todos ligados ao *lado positivo* do circuito.

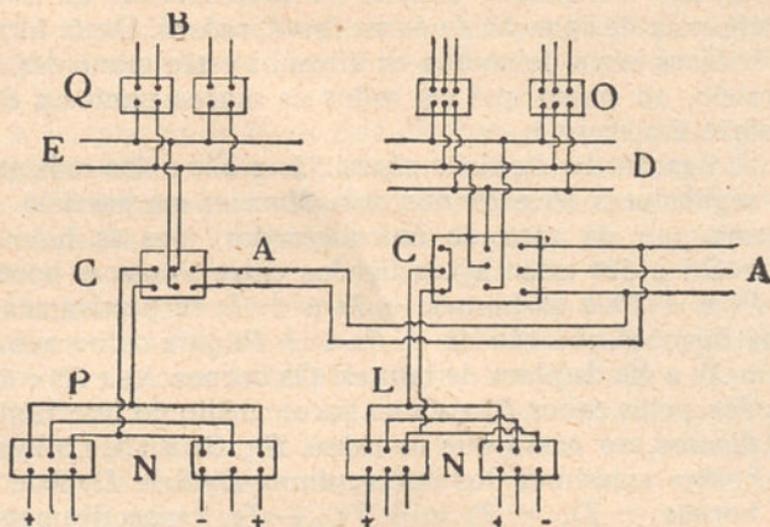


Fig. 167 — Ligações do quadro duma instalação combinada de iluminação e força

Legenda: A, serviço público — B, feeders de força — C, serviço do dínamo — D, barras ónibus de iluminação — E, barras ónibus de força — L, barras ónibus do dínamo para iluminação — M, feeders de iluminação — N, interruptor do dínamo — O, interruptores do feeder de iluminação — P, barras ónibus do dínamo de força — Q, interruptores do feeder de força.

Ligação dos geradores em paralelo. — A fig. 164 representa a ligação de dois dínamos em *paralelo*

ou *múltiplo*; a ligação de cada um é semelhante à representada na fig. 163, excepto na ligação da bobina série. Neste caso, a bobina série é levada para uma ligação no meio do interruptor do dínamo, o qual, para êste fim, deve ter três pólos, e é ligada a uma terceira barra ónibus do dínamo no quadro de distribuição, descrito anteriormente pela designação de *barra igualizadora*. Desta forma as bobinas série de ambos os dínamos estão montadas em paralelo, ao passo que em todos os outros pontos a disposição é a mesma.

A ligação das bobinas *shunt* Sh_1 e Sh_2 e dos reóstatos ou reguladores R_1 e R_2 dos dois dínamos em paralelo é a mesma que no caso do único gerador, mas as bobinas série Se_1 e Se_2 estão agora ligadas entre as placas-bornes $+P_1$ e $+P_2$ e os bornes $+T_1$ e $+T_2$ respectivamente, e há ligações que vão de $+P_1$ e $+P_2$ para os bornes do meio X_1 e X_2 da placa de bornes. Os bornes X_1 e X_2 estão ligados pelos cabos B_2 e C_2 ao borne médio do interruptor do dínamo, ao passo que os cabos B_1 , B_3 e C_1 , C_3 ligam os bornes exteriores dos interruptores DyS_1 e DyS_2 com os bornes $+T_1$, $-T_1$ e $+T_2$, $-T_2$, respectivamente. As ligações dos interruptores dos dínamos com as barras ónibus dos dínamos, DB_1 , DP_2 e DB_3 e os *shunts* de amperímetro ASh_1 e ASh_2 são as mesmas que na fig. 162.

Ligação da instalação particular com o serviço público de distribuição. — Os diagramas nas figs. 165 e 166 mostram as ligações no quadro de distribuição entre a instalação particular, que pode ser do sistema de dois ou três fios, com o serviço público de distribuição de energia a três fios num lado do interruptor principal, e com o sistema a dois fios no lado do dínamo do dito interruptor principal, como já explicámos anterior-

mente. O diagrama na fig. 166 é em todos os pontos semelhante à fig. 165, excepto que neste caso se vêem as ligações para dois dínamos em vez de um.

Instalação combinada de iluminação e fôrça.

— Na fig. 167 vêem-se as ligações do quadro de distribuição duma instalação de iluminação e de fôrça motriz, em que o sistema de fôrça é conservado separado do sistema de iluminação.

A instalação de fôrça está disposta num sistema a dois fios, 220 vóltios, alimentado por dois geradores de potência, de enrolamento compound, funcionando em múltiplo. A instalação de iluminação está disposta para o sistema de dois e de três fios, e é alimentada por dois geradores de iluminação de enrolamento compound de 110 vóltios, ligados em múltiplo. Ambos os sistemas estão equipados com interruptores principais, de tal maneira que o sistema de iluminação pode ser alimentado pelo serviço público com um sistema a três fios de 110 vóltios, e a instalação de potência é alimentada pelo serviço público com um sistema de dois fios a 220 vóltios.

FIM

ÍNDICE

ÍNDICE

Pág.

Acumuladores eléctricos

Definição	30
Princípio fundamental	31
Partes constituintes e suas funções	33
Vasos	33
Placas	34
Electrólito	36
Reacções químicas nos acumuladores com elementos de chumbo	37
Fabricação das placas	41
Descarga demasiada	46
Duração	47
Acumuladores de cloreto	48
Vantagens e desvantagens das placas de cloreto de chumbo	51
Processo Planté	52
Várias formas de placas	54
O acumulador de ferro-niquel de Edison	61
Descarga rápida	64
Ligação das placas	64
Suportes das placas	65
Expansão e contracção das placas	66

	Pág.
Separadores	67
Electrólito	67
Condutibilidade do electrólito de ácido sulfúrico.	68
Construção geral	69
Usos e funcionamento dos acumuladores	70
Funções duma bateria de acumuladores	70
Instalações particulares.	70
Estações centrais.	71
Centrais de fôrça	72
Funcionamento durante a carga	74
Funcionamento durante a descarga	74
Perda de carga	75
Rendimento	76
Capacidade.	76
Densidade do electrólito	78
Abusos primitivos com as baterias de acumuladores	80
Garantia de duração.	80
Aplicações práticas das baterias de acumuladores	81
Pequenas centrais	81
Regulação da voltagem	82
Comutador de contactos múltiplos	84
Exemplo para o cálculo de acumuladores de fôrça contra-electromotriz	85
Vantagem da regulação por acumuladores de fôrça contra-electromotriz	86
Regulação por acumuladores extremos.	89
Carga dos acumuladores extremos	89
Grandes instalações centrais	90
Acumuladores para elevadores eléctricos	91
Aplicação das baterias de acumuladores no serviço de caminhos de ferro	93
A bateria na central eléctrica	94
Bateria na extremidade dum «feeder»	94
Distribuição de energia centralizada	95

Alarmes (ver campainhas)

Aplicações da electricidade às artes e às indústrias

Aquecimento eléctrico	263
---------------------------------	-----

	Pág.
A cozinha eléctrica	268
Soldadura incandescente eléctrica	269
Soldadura Thomson	271
Explosão de minas por fio incandescente	275
O sistema Bernardos de soldadura eléctrica	276
Soldadura pelo arco sistema Zerener	278
Acendedores eléctricos para gaz	280
Escorvamento eléctrico.	281
Electro-química	282
Galvanoplastia sôbre metais	283
Electrotipia	285
Fundição eléctrica	287
Separação eléctrica dos metais	286
Fornos eléctricos.	288
Forja electrolítica	290
Cortimento eléctrico.	291
Tinturaria eléctrica	293
Branqueamento eléctrico	293
Esterilização de águas de esgôto	294
Conservação das madeiras.	295
A eléctrica na medicina	296
Electro-terapêutica	297
Electro-cautério	298
Sinalização de bloco nos caminhos de ferro	298
O telegrafone Poulsen	299
Separação magnética dos minerais	300
Martelos eléctricos e brocas de percussão.	301
Fontes luminosas.	304
Electro-cultura	305

Avisadores de ladrões (ver campanhas)

Campainhas eléctricas

A campainha eléctrica	7
Funcionamento das campainhas	11
Campainha duma só pancada	12
Campainha de chamada contínua.	13
Botões de contacto	16

	Pág.
Trombeta ou cega-rega eléctrica	17
Avisadores de ladrões	18
Alarmes de temperaturas e de caldeiras	21
Termóstatos de mercúrio	21
Termóstatos de mola	23
Bôcas de incêndio automáticas	23
Alarmes para baixas temperaturas	23
Alarmes para caldeiras	24
Quadros de chamada	25

Centrais particulares

Disposição geral	307
Quadro de distribuição	312
Ligações dos dinamos	313
Ligação da instalação particular com o serviço público de distribuição	328
Instalação combinada de iluminação e força	329

Iluminação eléctrica

Arcos voltaicos	97
O arco	99
A cratera	101
Arco voltaico de corrente alternativa	103
Regulação das lâmpadas de arco	105
Maquinismo das lâmpadas	105
Princípio da lâmpada de arco diferencial	107
Funcionamento da lâmpada de arco diferencial	110
Ligações das lâmpadas de arco	112
Lâmpadas de arco em série	112
Lâmpadas de arco em paralelo	113
Energia necessária para a iluminação com lâmpadas de arco em série e em paralelo	114
Comparação entre o sistema em série e em paralelo	115
Custo dos condutores	116
Iluminações por arcos em séries, em circuitos de lâmpadas de incandescência	116

	Pág.
Lâmpadas de arco encerrado	117
Lâmpadas de arco de corrente alternativa	121
Iluminação com arcos a grande distância	122
Distribuição da luz das lâmpadas de arco	123
Potência luminosa das lâmpadas de arco	123
Globos	124
Lâmpadas de incandescência	125
O filamento de carvão	127
Fios de platina	132
Montagem da lâmpada	137
Bases de lâmpada	138
Suportes de lâmpadas	139
Ligação das lâmpadas de incandescência	139
Lâmpadas de alta tensão	139
Calibragem e consumo de energia da lâmpada de incandescência	141
Diminuição da potência luminosa com o tempo	142
Influência da voltagem sôbre a potência luminosa e duração das lâmpadas de incandescência	142
Lâmpadas de filamento metálico	144

Lâmpadas (ver Iluminação eléctrica)

Raios X

A produção e definação de Raios X	235
Aparelhos geradores	237
A bobina de Tesla	238
Tubos de Raios X	241
Comprimento de onda	246
Poder de penetração	246
Defeitos dos tubos	247
Diminuição da rarefação	247
Aumento do vácuo	248
Tubos perfurados	250
Regulação do vácuo	250
Tubo de vácuo ajustável	253
Suportes	257
Fluoroscópios e quadros fluorescentes	259
Sais	259

Telefonia

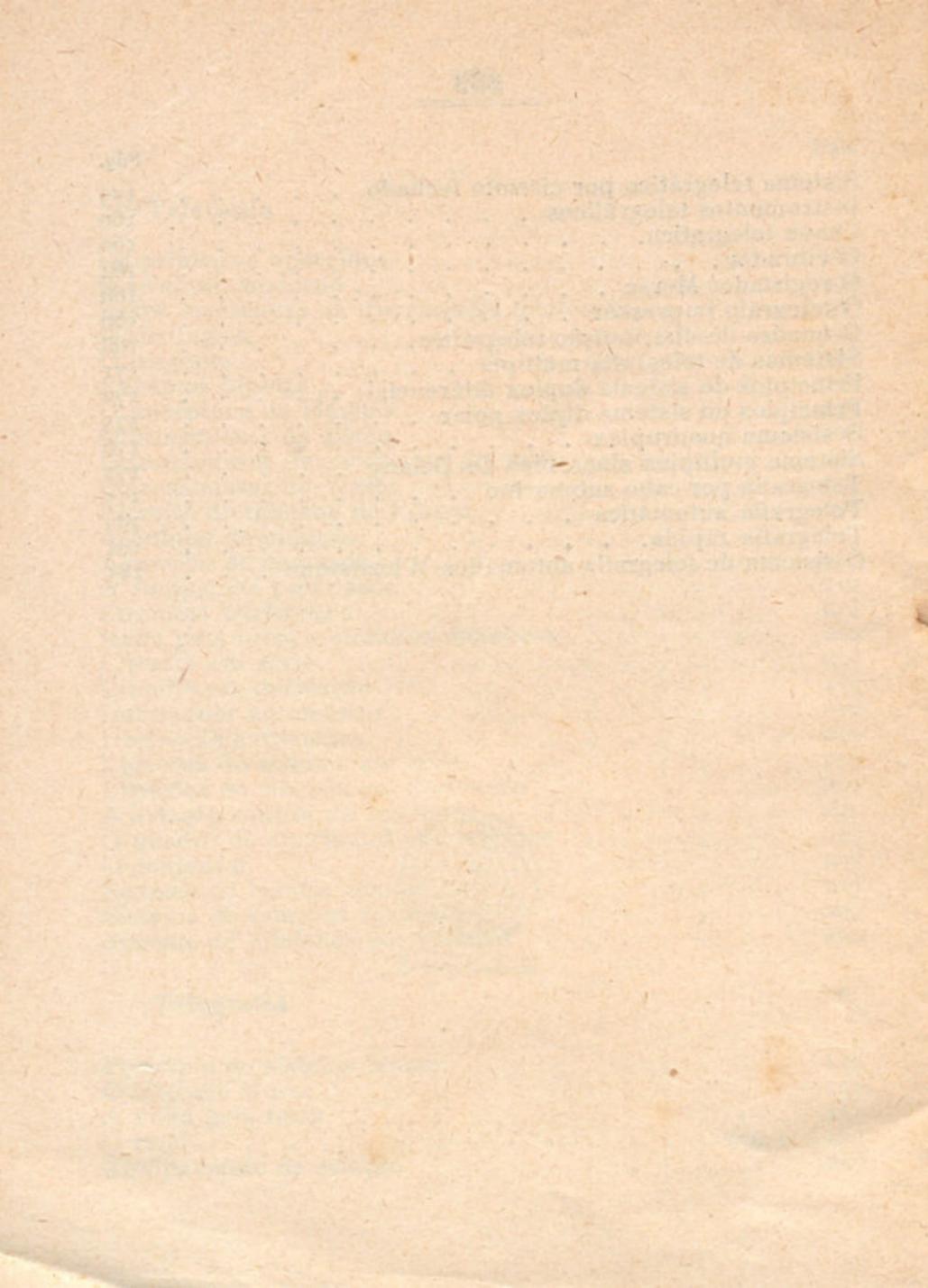
Os primeiros aparelhos	187
O telefone moderno	193
Fases sucessivas na transmissão telefónica	196
O diafragma	197
O magnete	198
Receptor bipolar	198
O microfone de Hughes	199
O transmissor de Blake	200
O transmissor de carvão em grânulos	202
O transmissor de White	203
Circuito do telefone de Edison	206
A bobina de indução	207
Aparelho de chamada	210
A campainha polarizada	212
Circuitos telefónicos	214
Volta pela terra e circuitos metálicos	214
Circuito em série	215
Circuito em derivação	215
Interruptor automático	216
Derivação automática	217
Ligações do sistema em série	219
Ligações do sistema em derivação	219
A estação central de telefones	220
O quadro de distribuição de telefone	221
O conjuntor	223
Sistema de bateria comum	227
Sistema de estações agrupadas	229
Sistema de telefones particulares	230

Telegrafia

Princípio do sistema Morse	149
O alfabeto Morse	151
A volta pela terra	154
O relays	155 e 162
Equipamento da estação	157

	Pág.
Sistema telegráfico por circuito fechado	159
Instrumentos telegráficos	160
Chave telegráfica.	160
O vibrador	164
O registador Morse	166
O telegrafo impressor	166
O quadro de distribuição telegráfica.	168
Sistemas de telegrafia múltipla	171
Princípios do sistema duplex diferencial	172
Princípios do sistema duplex polar	175
O sistema quadplex	176
Sistema multiplex sincrónico de Delany	177
Telegrafia por cabo submarino	177
Telegrafia automática	184
Telegrafia rápida.	184
O sistema de telegrafia automática Wheatstone	185







RÓ
MU
LO



CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE COIMBRA

1329743478

O próximo número desta Biblioteca
intitula-se :

MOTORES E GERADORES
ELÉCTRICOS