

Quindo
os
Fios Elétricos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DO LIVRO
Rua...
Rio de Janeiro, 1954

Ouvindo
os
Fios Elétricos

MINISTERIO DA EDUCACAO E SAUDE
INSTITUTO NACIONAL DO LIVRO
Edo. Avenida Rio Branco, 156, 7º Andar
Praça do Palácio Nacional - Rio de Janeiro

R. ARGENTIÈRE

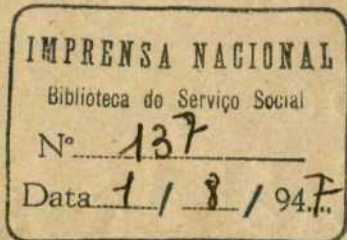
LEIA NESTA COLEÇÃO:

No Reinado do Rádium e do Eléctron
Os Grandes Cavaleiros Cósmicos
O Sol e sua Família
O Romance da Terra
O Romance do Mar
Insetos Amigos e Inimigos
O Dono do Tempo
Através dos Céus
História da Terra
Ouvindo os Fios Elétricos
Viagens no Mundo Antigo
História da Luz
A Aventura do Homem no Espaço e no Tempo
Explorando as Ondas do Mundo
As Sete Maravilhas do Mundo Antigo

Ouvindo
os
Fios Elétricos

534
A6910
18860001

1945
EDITORA ANCHIETA S/A.
Rua Xavier de Toledo, 216
SÃO PAULO



PRINTED IN BRAZIL
Todos os Direitos Reservados

BIOGRAFIA DO FIO

O fio é coisa tênue, fina e sem resistência. Talvez nunca se pensou escrever dêle uma biografia. Que importância apresenta o arame para o homem? Que fez êle para a civilização e o progresso? Que importa êsse minúsculo pedacinho de metal?

No entanto, êsse fio, êsse minúsculo pedacinho de metal tem uma história e das mais significativas para a humanidade. Basta dizer que êle deu nascimento a uma nova civilização: a era da electricidade, na qual todo o progresso moderno está baseado.

Êle auxilia a gerar a electricidade dentro dos dínamos. Transmite-a depois aos motores que acionam as fábricas e as usinas; às estações de rádio, às rotativas dos jornais; aos centros telefônicos e telegráficos; aos bondes que nos transportam; aos trens elétricos; e, finalmente, como uma fada, ilumina as nossas casas.

Tôda essa função é desempenhada pelo fio.

Portanto, êle tem uma história. Foi aplicado nas primitivas máquinas de tecelagem e foi empregado em cêrcas. Nas mãos de Faraday e de Henry, tornou-se, um dia, o fio da electricidade.

PONTO DE PARTIDA

Nasce o arame moderno.

Na segunda metade do século XVII, um operário, cujo nome a história conhece apenas por Rudolf, originário de Nuremberg, descobriu um novo meio de fabricar o fio de ferro, denominado arame. Anteriormente êle era obtido através de penosas operações que consistiam em forjar o ferro e depois batê-lo. Rudolf, porém, teve uma idéia brilhante: tomou uma barra de ferro, afilou uma de suas pontas e inseriu-a num bloco de metal com um furo. Segurando do outro lado a ponta com a tenaz, foi puxando a barra até que tôda ela atravessasse o furo. O resultado foi surpreendente. Obteve, com esta operação, um fio de ferro de secção circular uniforme. Nascia, dessa forma, o fio moderno. Pouco tempo depois o processo invadiu a Inglaterra. O uso desse arame estava circunscrito a fins industriais e até para cêrcas. Seu primeiro uso na América foi para

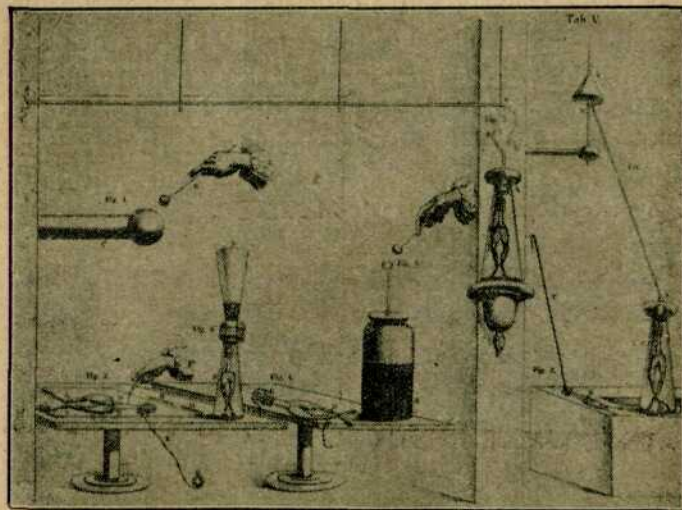
um dispositivo de cardar, em 1666, segundo registram as crônicas de Massachussets.

Os primeiros vagidos da eletricidade.

Há mais ou menos 190 anos, Benjamin Franklin identificou as manifestações elétricas da atmosfera. Lançando um papagaio nas atmosferas, durante uma tempestade, viu que pelo cordel descia a corrente elétrica de um raio.

Nos fins do século XVIII, dois grandes homens da época, Galvani e Volta, estabeleceram uma polêmica em torno da eletricidade e dessa polêmica nasceram duas coisas: a pilha elétrica e a descoberta da eletricidade animal. Galvani verificou que, dissecando os nervos lombares de uma rã e passando por trás desses nervos um arco metálico, e tocando com a outra extremidade os músculos da coxa, tinham eles um sobressalto seguido da contração de toda a perna do animal. Galvani concluiu tratar-se de uma eletricidade própria da rã, ou eletricidade animal. As primeiras experiências de Galvani foram feitas em 1780, mas foi somente em 1791 que ele publicou seus resultados. Volta contestou a experiência declarando que o resultado obtido fôra devido unicamente a ser o arco empregado formado por dois me-

tais soldados e que isso era devido à corrente elétrica. Galvani, porém, retomou as experiências com um metal simples e obteve o mesmo resultado. Dessa memorável discussão resultou o conhecimento de três fatos científicos: a existência nos tecidos orgânicos de condições próprias à produção de uma cor-



Complexo das disposições experimentais de Galvani nas pesquisas sobre o efeito das descargas elétricas na rã.

rente elétrica, doutrinava Galvani; Volta, por sua vez, assentou a teoria de que o contato de estruturas diversas, acionadas por uma força única, é condição bastante para a formação de uma corrente elétrica;

Interpretando os fatos dessa discussão, Fabroni chegou a conclusão de que a primeira experiência produzira efeito pela ação dos ácidos orgânicos sôbre o metal do arco.

Era justamente a essa conclusão que Volta desejaria chegar. E foi ela que deu origem à descoberta da pilha. Volta preparou uma série de rodela de zinco e cobre, e entre cada uma delas colocou discos de flanela embebidos numa solução fraca de ácido sulfúrico. Ligou a lâmina superior de cobre à inferior por meio de dois fios metálicos, bons condutores e observou que esta pilha produzia eletricidade. Era o início de uma nova era. O homem conseguira, afinal, aprisionar a eletricidade.

Preparadores do futuro.

Em 1827, Joseph Henry, talvez um dos maiores físicos teóricos americanos do século passado, inventou o fio isolado. Essa descoberta é capital, porquanto, pôde Henry construir o primeiro magneto. Em 1831, Michel Faraday, Na Grã Bretanha, aperfeiçoou as teorias de indução de Henry e estabeleceu os primeiros princípios dos grandes progressos que mais tarde se verificaram no dínamo e no motor elétrico.

Faraday descobriu a indução eléctrico-estática. Esta é a eletrização efetuada à distância pela penetração de um condutor eléctrico, isolado no campo eléctrico de um outro condutor. Faraday enunciou seu famoso teorema sôbre a indução da seguinte forma: *um condutor eletrizado eletriza a outro condutor, que o envolve completamente de certa quantidade de eletricidade contrária e igual à sua própria carga.*

As descobertas de Faraday seguiram-se a de Davy sôbre os efeitos da variação da intensidade de uma corrente por fios condutores, a de Oerstedt sôbre o campo magnético, a de Ampère sôbre os efeitos de deslocamento das correntes paralelas. Todos êses trabalhos foram possíveis devido ao mágico fio. Sem êle teria sido impossível o estudo da condução, da variação e das correntes eléctricas.

A segunda quinzena de setembro de 1820 foi um desses momentos decisivos em que o gênio de um homem abre uma nova porta para o futuro. Com Volta, Faraday e Ampère completa-se a trindade dos grandes criadores da eletricidade e de magnetismo.

Ampère nasceu em Lyon, a 22 de janeiro de 1775. Educou-se sem professor. Foi um verdadeiro autodidata. Sua inclinação natural levou-o às matemáticas. Aos doze anos aprendeu o latim para poder ler no original os livros de Euler e Bernouilli. Êste último deixou em seu espírito sinais profundos, iniciando-o na hipótese até então mal conhecida — na teoria Cinética.

Sendo professor, desde 1801, na Escola central de Bourg, depois no Colégio de Lyon, Ampère conquistou a estima de Deslandre por suas memórias originais sobre a teoria matemática de jôgo e o cálculo das variações. Por recomendação dêsse célebre astrônomo, foi designado professor de análise na Academia de Ciências, na seção de geometria. Ficou doente em Rouan e morreu em Marselha, a 10 de junho de 1836, devido o excesso de trabalho.

Em sua obra imensa e complexa, o que sobreviveu e lhe valeu a glória eterna é a criação da electrodinâmica e a explicação do magnetismo. Quinze dias depois que Arago repetiu na Academia de Ciências, a 11 de setembro de 1820, a experiência de Oerstedt, Ampère já tinha encontrado as leis das ações que se exercem entre correntes e ímãs e deduzido a teoria do magnetismo. A 25 de setembro escreveu ao seu filho Jean Jacob:

“Fiz nos dias seguintes, um pouco com Fresnel, outro pouco com Despretz, experiências confirmativas. Repeti-as tôdas as quinta-feiras na casa de Poisson... Tudo saiu às mil maravilhas, porém, a experiência decisiva que tinha concebido como prova definitiva exigia duas pilhas galvânicas; tentado com pilhas muito fracas com Fresnel, não deu resultado. Enfim, ontem obtive uma grande pilha e a experiência foi feita em casa de Mumotier com absoluto êxito e repetida, hoje, às 4, na sessão do Instituto; não

me fizeram mais objeções. Eis aí uma nova teoria do ímã...

“Isto não se parece com nada do que se dizia até agora. Irei explicá-lo amanhã a Humboldt, depois-de-amanhã a Laplace, ao Laboratório de Longitudes...”

O Colégio de França conserva êsses aparelhos, colocados com suas próprias mãos e seus próprios recursos, no laboratório que tinha estabelecido em sua casa.

Como todos os inovadores, Ampère teve de lutar muito. Sua teoria era uma completa revolução no sistema de idéias que vigorava sobre a eletricidade. No Instituto, apoiado por Arago, Fourier e Fresnel pôde apenas desarmar a hostilidade de Laplace, então o “todo-poderoso” da ciência da época.

Por outra parte, os sábios dessa época, todos formados na escola de Newton, estavam acostumados a considerar unicamente as forças centrais, dirigidas segundo a direção que une os centros de ação; estas forças pareciam suficientes para explicar tôdas as ações a distância. Havia aí uma dificuldade que fazia vacilar os homens imbuídos de boa-fé. Isto não deteve a audácia de Ampère, nem tampouco a controvérsia que se prolongou até 1881. O congresso internacional dos eletricitistas, reunido para definir e denominar as unidades elétricas, vacilou longo tempo entre os nomes de Ampère e Weber. Foi necessária

tôda a tenacidade de Mascartt para que a escolha recaísse no primeiro.

A invenção do galvanômetro.

Ampère foi o primeiro a diferenciar os efeitos da tensão elétrica, medidos pelo eletrômetro, e os efeitos da intensidade. Inventou para acrescentar à sensibilidade, o sistema de agulhas estáticas, formando dois ímãs de pólos inversos. A partir de 1821 os progressos se acentuaram de tal maneira que se tornam difíceis as atribuições de prioridade. Isto prova o impulso que Ampère deu à ciência.

Os estudos matemáticos haviam feito dêle um adepto da teoria cinética, que faz ver nos gases e até na matéria, os átomos em movimento. Era a época em que Gay Lussae acabava de estabelecer sua famosa lei de que todos os gases possuem o mesmo coeficiente de dilatação. Refletindo sôbre êsses resultados, Ampère chegou a conclusão de que um litro de qualquer gás, tomado sempre à mesma pressão e temperatura, contém o mesmo número de moléculas. Em 1814, acedendo a um pedido de Berthelot, consentiu em publicar seu memorial. Ignorava então que um químico italiano, Avogadro havia chegado às mesmas conclusões e já as tinha publicado em

1811. Mas, Ampère havia chegado mais longe, pois estabelecera uma distinção entre a molécula e o átomo.

Êle é o precursor da descoberta do "movimento browniano", da moderna teoria cinética dos gases, da matéria e da Relatividade.

Nasce o telégrafo.

Morse nasceu a 27 de abril de 1817, na cidade de Charlestown, no Estado de Massachussetts, o mesmo que, pela primeira vez, empregara o fio metálico de Rudolf. Era pintor de profissão. Estêve 3 anos na Europa, de onde regressou em 1832. Foi a bordo do navio "Sully" que se deu o nascimento do telégrafo. Quando Morse conversava com outros passageiros a propósito das recentes descobertas de Oerstedt, de Ampère, de Faraday e de Henry, um dos passageiros mostrara-lhe então um electromagneto. Morse dedicava grande amizade ao professor Freeman Dana, que o tornou conhecedor de tudo quanto se referia à electricidade. Porisso, vira aquêle aparelho com curiosidade. E foi dessas palestras que teve a idéia de conseguir um dispositivo assinalador, por meio do qual se poderiam trocar sinais entre dois pontos distantes. Mesmo ainda em viagem Morse lançou-se à obra e projetou o aparelho.

Em 1835, em um dos salões da Universidade de Nova York, apresentou o seu telégrafo operado com um fio condutor de cêrca de um quilômetro de comprimento. Essa experiência, porém, demonstrou uma



Bell

falha: a resposta à mensagem não pôde vir pelo mesmo fio condutor empregado. Apesar de tudo, Morse obtém o auxílio de Vail, de quem não somente conseguiu o amparo financeiro para experiências, como também aperfeiçoamento para o aparelho. Em 1836, Morse aprontou um aparelho capaz de funcionar sa-

tisfatòriamente. Mas somente a 2 de setembro de 1837 que torna pública sua descoberta. Era aqui, precisamente, que iria começar a atribuição do inventor. Morse pediu ao Congresso que auxiliasse no seu invento a fim de extendê-lo rapidamente por tôda a nação americana. Não conseguiu, porém, seu intento. Regressou à Europa. Novas decepções o esperavam no Velho Mundo. A Inglaterra recusa dar aplicação ao invento. A França, depois de reconhecer sua patente, apropria-se dela. Voltou para os Estados Unidos e aí obteve finalmente o que desejava: a aprovação do Congresso. A 24 de maio de 1844, da própria sala de reunião do Capitólio, em Washington expediu para Baltimore a primeira mensagem telegráfica.

Em 1851, o seu sistema é adotado pela Austria, depois pela Prússia, e pela Suíça e em 1856 pela França. A terra começa aos poucos ligar-se. Iniciara-se uma nova época, que repousava e dependia apenas dum tênue sustentáculo: o fio eletrizado.

Ligam-se os continentes.

Em 1842 Morse lançou fios submarinos isolados com piche dentro do pôrto de Nova York e fez as primeiras experiências com seu telégrafo utilizando

aquele cabo. Um caminho sugestivo: ligar os continentes, poder transmitir notícias rápidas, fugir dos morosos navios que eram os elos comerciais e culturais entre os continentes, era esse o sonho dos homens. Em 1851, um cabo isolado com a gutapercha, recentemente descoberta, foi lançado através do canal da Mancha por Jacob Brett. No ano seguinte, Frederick Gisborne executa numa titânica empresa, a ligação de New Brunswick com a Terra Nova. Era um salto espetacular para a época. Mas, os homens eram feitos dessa grandiosa ambição sem a qual o progresso não seria possível. Começou então a história do cabo transatlântico.

Os heróis desse feito foram os irmãos Field Matthew e Cyrus. Gisborne, sentindo acabarem-se os recursos de que dispunha, zarpou para Nova York, onde conheceu os dois irmãos Field. Comunicou-lhes seu ardente desejo: estender o cabo até a Irlanda. Os irmãos Field tomaram conta do projeto. E não foram pequenos os dissabores que tiveram de enfrentar. Primeiro, a hostilidade do público para com semelhante idéia, tida como loucura; segundo, evidenciou-se a necessidade de estudar o fundo do mar e sua constituição; terceiro, a grandiosidade do próprio projeto, que implicava num avanço técnico muito adiantado para a época.

Do outro lado do Atlântico, a Inglaterra se mostrou sensível com o projeto de Field. Estava com disponibilidade de capitais e viu a empresa com bons

olhos. Field, na América, lutava com grandes dificuldades. O país estava no limiar da Guerra Civil.

Em 1856, o governo inglês subvencionou o cabo submarino com 14 mil libras anuais. 6A "Atlantic Cable Company" foi incorporada de parceria com a empresa americana de Field. Os Estados Unidos acompanharam a Inglaterra, votando um auxílio de 70 mil dólares. Pela primeira vez nasceu uma fundada esperança de unir a Grã Bretanha à sua antiga colônia através um elan mágico: o fio eletrizado, símbolo de amizade e fraternidade.

O estabelecimento do cabo entre as duas nações foi, sem dúvida, uma obra gigantesca, digna dos antigos titãs. Na primeira tentativa, o "Agamennon", navio inglês e o "Niagara", americano, conduzindo cada qual a metade do cabo, partiram de Valentia, na Irlanda, a 5 de agosto de 1857. A missão do "Niagara" era arrear o cabo até meio caminho e o "Agamennon", retomando o caminho até Trinity Bay, na Terra Nova, completaria a obra. Mas estava escrito que semelhante proeza não era ainda exequível para a época. O cabo conduzido pelo "Niagara" partiu-se e afundou no sexto dia de operações. Era impossível pescá-lo, dado a inexistência de aparelhamento. Os navios tiveram, porisso, de regressar às bases.

A segunda expedição partiu em junho de 1858. Durante o ano que passou, a maquinaria para o ar-

reamento, os aparelhos elétricos e o próprio cabo receberam melhorias substanciais. O professor Thonson, ardente e apaixonado cultor da física, inventou um delicado instrumento, o galvanômetro de espelho, com a função de detectar a menor corrente elétrica. Inventou também instrumentos receptores e fixadores, tornando um fato indiscutível a telegrafia submarina. Mesmo assim, a segunda expedição foi um fracasso. O mau tempo castigou duramente o "Agamenon".

Em menos de um mês os navios regressaram ao mar para reatar a tarefa interrompida. Três semanas depois, o mundo teve notícia de que o cabo submarino já ligava dois continentes.

Mas, apesar de tudo, a transmissão revelou ser defeituosa. As estações terminais recebiam apenas fracos sinais. Como solucionar essa dificuldade?

Durante sete anos nenhuma tentativa foi feita para resolvê-lo. Os Estados Unidos concentravam suas energias num único objetivo: a guerra civil. Mas em 1859, organizada na Inglaterra uma comissão para estudar o assunto, esta opinou, depois de exaustivos estudos, pela viabilidade do cabo, e solução de seus problemas. Em 1865, o cabo triunfava em diversas partes do mundo. Isto estimulou os ingleses que tomaram a si o encargo da ligação Grã-Bretanha-Estados Unidos. Entrementes, surgiram novos progressos na técnica, na eletricidade e na máquina de arriar o cabo, que se tornou perfeita-

mente automática. Um gigantesco navio o "Great Eastern" tentou pela primeira vez, em 1865, a nova ligação. Mas, foi infeliz. O cabo se partiu quando o navio já estava a 600 milhas do destino. Em 1866, o navio conseguiu a almejada ligação. Durante esta viagem o "Great Eastern" recebia diàriamente, através do cabo, notícias da Europa com maior clareza, mesmo quando se afastava cada vez mais do seu ponto de partida. Irrompera a Guerra entre a Prússia e a Áustria. Antes do navio chegar, o tratado de paz fôra assinado. Quando êle arribou à América, as novas se espalharam imediatamente. E o telégrafo passou a ser usado, então, para tôdas as manifestações desde notícias pessoais até para negócios.

Cabe ao Brasil ter sido o primeiro país do mundo a utilizar o telégrafo elétrico como meio de transmissão em operações de guerra. Foi o Duque de Caxias que, ao assumir o comando do exército na campanha do Paraguai, a 18 de novembro de 1866, em pleno território inimigo, empregou o telégrafo para a transmissão das suas ordens.

O telégrafo chegou em nossa época a uma perfeição completa. Pode-se citar, por exemplo, o múltiplo-impresor de Baudot, que constitui uma maravilha da técnica. O aparelho Baudot pode efetuar por um só fio o trabalho de seis ou mais aparelhos. Era a grande dificuldade que Morse topou no início e que agora está resolvida. Êle pode enviar seis ou mais despachos de uma só vez. O aparelho reproduz na

estação receptora o pensamento impresso em tiras de papel, por meio de caracteres tipográficos, as quais são colocados em papel próprio, tudo executado mecânicamente. Construído em França, espalhou-se logo seu uso, tendo o Brasil vários aparelhos nas estações principais do Telégrafo Nacional. Aí se adotam os conjuntos elétricos, tais como os chamados sistemas dúplex, tríplex, quádruplex, etc., que permitem a dois, quatro, ou mais telegrafistas transmitirem simultaneamente por um mesmo fio, seja qual fôr o sentido da linha, dois despachos em sentido inverso ou no mesmo sentido.

A epopéia de Rondon.

Contam os contemporâneos da Escola Militar, segundo a abalorada biografia do Coronel Amilcar A. Botelho de Magalhães, que, no tempo de estudante dêsse instituto de ensino, tinha o general Rondon um ideal, um objetivo em tôda sua vida: era o de retalar o seu Estado natal, Mato Grosso, por meio de uma rêde telegráfica, que unisse todos os povoados, ainda os mais longínquos, à capital. Rondon conhecia a história dos Estados Unidos. E vira que, nos países onde a distância era imensa, só havia dois meios de unidade: o telégrafo e a estrada.

Logo depois de promovido a 1.º Tenente, seguiu em 1890 para o Estado de Mato Grosso, nomeado ajudante da Comissão de Linhas Telegráficas de Cuiabá ao Araguaia, sob a chefia do General Gomes Carneiro, o ínclito general da República, que escreveu a gloriosa página da epopéia de Lapa. Deixando a chefia da comissão telegráfica, para receber de Floriano Peixoto incumbência de alta responsabilidade, Gomes Carneiro, consultado pelo "Marechal de Ferro", indicou Rondon para o substituir.

Foi então Rondon nomeado chefe do distrito telegráfico de Mato Grosso, com 100 léguas de sertão e encarregado da conservação da linha Cuiabá-Araguaia. Fêz, nessa ocasião, notáveis melhoramentos nas linhas e construiu casas para os funcionários, até então alojados em ranchos de sapé.

Em setembro de 1892, foi graduado no posto de capitão e em abril do ano seguinte foi chamado pelo Marechal de Ferro ao Rio, para o encarregar da construção de uma estrada de rodagem de Cuiabá ao Araguaia, com inúmeras obras de arte indispensáveis. Meteu logo mãos à empresa, cujos trabalhos foram suspensos em comêço de 1894, pelo govêrno de Prudente de Moraes.

Novamente mandado para seu distrito telegráfico, apenas com a verba destinada à conservação, executou, com milagres de economia, a reconstrução da linha interrompida.

Regressou ao Rio em 1898 e foi nomeado auxiliar técnico da Intendência Geral da Guerra. Em 1900 partiu novamente para Mato Grosso, como chefe de construção duma linha telegráfica de Cuiabá a Corumbá, com ramificações para Aquidauana e Forte de Coimbra — obra essa reputada de difficílissima execução, em virtude da travessia de vasta zona de pantanais ou alagadiços, em que devia ser implantada a posteação.

Apesar da escassez dos recursos, agravados por tropeços e contratempos de tóda natureza, Rondon levou a bom têrmo essa nova missão e a primeiro de janeiro de 1904 era a linha inaugurada. No decurso desta comissão fôra promovido a Major (1903).

Esta linha também tem sua história.

Uma primeira tentativa, de pequena envergadura, ainda ao tempo da monarquia, foi levada a efeito pelo General Deodoro quando em Corumbá comandava a Tropa de Observação e depois a própria Região Militar e ordenou a construção da linha telegráfica entre o Forte de Coimbra e aquela cidade, entre 1888 e 1889. Esta pequena linha, de caráter provisório, para servir ao comando militar, teve duração efêmera e desapareceu totalmente pouco tempo depois.

O ex-ministro da Guerra, o general Cardoso de Aguiar, quando capitão, recebeu também a incumbência de construir a linha telegráfica de Cuiabá a

Corumbá. Mas o projeto foi abandonado em vista das ponderações do official, um emérito conhecedor técnico do assunto. Outro engenheiro militar, o general Bento Ribeiro, sentiu iguais difficuldades, quando tentou executar a mesma ligação. A própria Repartição dos Telégrafos, tendo mandado executar um ramal telegráfico que, entroncando na linha Margarida-Porto Murtinho servia S. Carlos, na fronteira com o Paraguai, teve mais tarde de mandar fechar a estação, pois que a linha desabara em parte, os fios foram furtados e a conservação declarada impossível.

Resolveu depois o govêrno prolongar a linha do Sul do Estado de Mato Grosso, para levar o telégrafo a Nioac, Miranda, Porto Murtinho, Margarida e Bela Vista, na fronteira com o Paraguai e foi Rondon o engenheiro militar escolhido para realizar essa grave empresa. Em 1906 estava concluída essa sua comissão, e a 17 de novembro se apresentava à Diretoria de Engenharia, no Rio de Janeiro. Ao apresentar o relatório dessa missão, foi incumbido pelo presidente Afonso Pena para outra obra que tornou seu nome conhecido não sòmente no Brasil como em tódas as partes do mundo.

Resolvera o Presidente Pena construir a linha telegráfica que ligaria, pelo sertão, o Estado de Mato Grosso ao do Amazonas, desde Cuiabá até as margens do rio Madeira, passando pelos pontos povoados do norte daquele Estado: Guia, Brotas, Rosário-Oeste, Diamantina; mais os ramais de Cíceres à ci-

dade de Mato Grosso, antiga capital do tempo colonial, de Parecis à Barra dos Bugres, de Santo Antônio do Madeira (hoje, Alto Madeira) a Guajará Mirim, isto é, servindo o mesmo trecho ligado depois pela Estrada de Ferro Madeira-Mamoré; finalmente, as ligações que não foram realizadas, por ter o governo mandado suspender os trabalhos, como medida de economia, em 1915, e que iriam servir o Território do Acre até Manaus.

Rondon imediatamente elaborou com o ministro Miguel Calmon as instruções que foram publicadas em maio de 1907.

Tão grande era o acêrvo de serviços — explorações geológicas, geográficas, botânicas e mineralógicas a efetuar, posições a determinar, mediante coordenadas geográficas, tribos a conquistar, tudo num terreno aspérrimo — que quase não houve profissional que não o julgasse impraticável.

Rondon pôs mãos à obra e após oito anos de exaustivos trabalhos, inaugurou 225 estações e construiu 2 268 quilômetros de linhas telegráficas.

Das 25 estações inauguradas, 16 estão situadas em pleno sertão; dos 2 268 quilômetros de linhas telegráficas construídas 1 200 km atravessam o sertão bruto, grande parte do qual foi então pela primeira vez pisado por gente civilizada; foram colhidas e entregues ao Museu Nacional do Rio de Janeiro 23 107 exemplares de Botânica, Zoologia, Mineralogia e Geologia e Antropologia.

Publicou 70 volumes de relatórios sobre trabalhos técnicos concernentes às linhas telegráficas, História Natural, Águas Termais, Serviço Sanitário, Serviço Astronômico, Explorações e levantamentos de rios, etc.

Determinou cêrca de 200 coordenadas geográficas de pontos notáveis. Descobre e inscreve no Mapa de Mato Grosso 15 rios novos: Nhambiquaras, Doze de Outubro e Iquê — da bacia do Juruena; Ananás, depois denominado Marques de Sousa, Marcílio Ávila, Festa da Bandeira e Dúvida — da bacia do Roosevelt; Comemoração de Floriano, Pimenta Bueno, Luís de Albuquerque, Antônio João, Rolim de Moura, Luís de Alincourt, Lacerda e Almeida e Ricardo Franco — na bacia do Gi Paraná ou Machado.

Explorações por terra e por via fluvial de mais de 35 000 quilômetros lineares, aí compreendidos os levantamentos dos rios: Sangue, Papagaio, Juruena, Iquê, Marquês de Sousa, Roosevelt, Gi Paraná, Jamarí, Jaci Paraná, Cautário, São Miguel, Corumbiara, Paranatinga, São Manuel, Juru, Anari, Machadinho, trechos do Madeira, e outros cursos de água de menor importância.

Corrigiu erros grosseiros existentes nas cartas de Mato grosso até então conhecidas, alguns dos quais correspondiam a deslocamentos de dois graus de latitude e dois graus de longitude, como nos casos das nascentes dos rios Jaci Paraná, Jamarí e Gi Parana.

Descobriu e pacificou várias tribos de índios, algumas das quais eram tidas como inabordáveis, num total que anda perto de 30 000 almas.

Dessa obra titânica disse Teodoro Roosevelt, ex-presidente dos Estados Unidos: "A América pode ostentar ao mundo duas realizações ciclópicas: ao norte o canal do Panamá; ao sul, as conquistas geográficas de Rondon".

Fios que geram fôrça.

Em 1831 Faraday descobriu a indução eletromagnética. Foi êsse físico inglês que, pela primeira vez, observou que as correntes se desenvolvem em circuitos, seja pela proximidade de um ímã, seja por outras correntes ou pela ação da terra. As correntes induzidas, produzidas pela ação de uma corrente indutora que atravessa um circuito fechado, têm direções diferentes, podem ser diretas ou inversas. Assim, quando se aproxima de um circuito uma corren-

Estas notas foram extraídas dos livros "Pelos Sertões do Brasil", "Impressões da Comissão Rondon" e "Rondon — uma reliquia da História" — de autoria do Cel. Amilear de Magalhães, o mais autorizado biógrafo de Rondon.

te elétrica, gera-se nesse circuito uma corrente inversa e quando se afasta, uma corrente direta. Quando se faz experiência com uma bobina, que não é mais do que um carretel no qual se enrola um fio de cobre convenientemente isolado e cujas extremidades se acham ligadas a um galvanômetro, observa-se que, introduzindo-se neste circuito outro constituído por outra bobina, achando-se o fio que a constitui ligado a uma pilha, produz-se uma corrente inversa quando se fecha o circuito e uma corrente direta quando se abre. Quando se aproxima ou se afasta um ímã de um circuito percorrido por uma corrente elétrica, gera-se uma corrente induzida, inversa, e quando se aproxima, e direta quando se afasta. Se no interior de um circuito percorrido por uma corrente, coloca-se uma barra de ferro doce transformada em electroímã e se faz girar diante dos pólos dêsse ímã outro ímã, manifestam-se correntes induzidas diretas ou inversas em relação à indutora, conforme se aproxima ou se afasta. Estava aqui um novo meio de gerar eletricidade sem o recurso das baterias.

Faraday descobriu, também, que o magneto possuía ao seu redor uma espécie de campo de influência elétrica. Ele observou que uma corrente de passagem por um fio em paralelo com a agulha duma bússola, defletia-a, isto é, a agulha sofria um desvio para a esquerda, o pólo austral dessa agulha. Faraday quis saber se ela operaria o reverso. Se desviasse a agulha com a ponta do dedo será que ela

determinaria uma corrente no fio? pensou Faraday. Fêz a experiência, mas não pôde medir a corrente que era fraquíssima. Sòmente quando se aparelhou com os poderosos magnetos de Henry é que teve certeza de sua descoberta.

Das descobertas de Faraday e Henry á invenção do dínamo era apenas o passo seguinte. Para isso, era suficiente manter um enrolamento de arame continuamente a mover-se entre os pólos magnéticos para que a corrente surgisse. Mas decorreu algum tempo antes que o homem pudesse descobrir essa nova fôrça. Estava-se acostumado a gerar electricidade por meios químicos, como a pilha de Volta e Galvani e as primeiras correntes geradas por meios mecânicos — os dínamos — causaram perplexidade aos experimentadores.

Faraday admitiu que se a corrente desviava uma agulha era possível que a agulha defletida também induzisse uma corrente. Construiu por fim o aparelho demonstrador da idéia — um disco de cobre que girava entre os pólos dum grande magneto. Aplicando escôvas, uma ao centro, outra na beira do disco conseguiu tirar a corrente. Outra duplicidade appareceu quando os inventores construíram máquinas baseadas no princípio de Faraday. A corrente dos dínamos movia-se, *primeiro*, numa direção, depois em outra. Era o que mais tarde ficou conhecido como "correntes alternadas". Essas correntes, hoje

de grande utilidade, não foram, no entanto, reconhecidas como tais. Os inventores fizeram grandes esforços para suprimir essas correntes variáveis. O objetivo foi finalmente conseguido com a mudança do comutador e das escôvas. O dínamo de corrente alternada dispunha de duas escôvas apoiadas em dois anéis, que por seu turno estavam em constante contato com um fio da extremidade oposta duma bobina regirante. Como êsses arames mudavam de polaridade cada vez que a bobina girava, a corrente no circuito entre as escôvas ia e vinha. Usando um anel desdobrado em dois e isolando as duas partes uma da outra, e depois apoiando as duas escôvas no anel, cada escôva ficava alternadamente em contato com uma ou outra extremidade do fio da bobina, de modo que quando a bobina girava e as polaridades mudavam, uma escôva era sempre positiva e outra negativa, fazendo a corrente fluir sempre numa direção. Essa idéia de dividir em dois o comutador parece ter sido aplicada pela primeira vez por Antônio Pacinotti, que, segundo alguns, é o verdadeiro inventor do dínamo. A corrente resultante do dínamo de Pacinotti, conquanto direta, movendo-se numa só direção, não era contínua, mas intermitente. A intermitência duma corrente gerada por um dínamo podia ser eliminada multiplicando os seus raios ou o arame enrolado. Isto foi feito pelo belga Zenobe Gramme, considerado o inventor do dínamo de corrente

continua. Os dínamos ficaram, pois, conhecidos como aparelhos reversíveis que permitem transformar a energia mecânica em energia elétrica ou, inversamente, a energia elétrica em energia mecânica.

Alguns historiadores reivindicam a glória da descoberta do dínamo a Pacinotti e não a Gramme. Pacinotti, em 1859, já tinha seu primeiro modelo de dínamo, construído antes de se tornar professor de física. Em 1865 Pacinotti esteve em Paris para adquirir aparelhamentos. Estêve numa oficina, onde, durante a conversa que teve com o proprietário, explicou-lhe o funcionamento de seu aparelho. Ao lado, um empregado ouvia atentamente as explicações do físico italiano. Este empregado era Zenobe Gramme. Alguns meses, durante uma reunião da Academia Francesa, seu presidente leu, perante os presentes, uma comunicação de Gramme, na qual êste dizia ter inventado o dínamo.

De nada valeram os protestos de Pacinotti. Werner Siemens também protestou contra o usurpação dos direitos do verdadeiro inventor. E não era um simples protesto partido de um assistente comum, mas da maior autoridade e do maior construtor de artigos elétricos do mundo, naquela época. Em 1886, durante o congresso mundial de eletricidade realizado em Washington, Pacinotti foi reconhecido como o primeiro inventor do dínamo.

Nasce o motor elétrico.

Numa exposição em Viena, em 1873, foi exposto um certo número de dínamos de Gramme. Ao fazer a ligação elétrica de uma dessas máquinas, ainda não presa pela correia ao eixo da máquina a vapor, um operário descuidado amarrô aos pinos as extremidades de dois fios já ligados a outro dínamo. Com grande assombro de todos os presentes, a armadura da segunda máquina começou a girar com grande rapidez. Gramme observou imediatamente o novo fenômeno e viu que a segunda máquina estava funcionando como um motor, com a corrente do primeiro. E concluiu que o fenômeno era uma transferência de energia mecânica por meio da eletricidade.

Semelhante fenômeno já tinha sido observado na América, muitos anos antes.

Em 1831, um electromagneto de Henry entrou em uso numa fábrica em Crown Point, no estado de New York. Naturalmente, semelhante aparelho chamou a atenção do público curioso. Em Brandon existia um jovem ferreiro, de espírito pesquisador, chamado Tom Davenport. Imediatamente interessou-se pelo electromagneto. Com muito sacrificio conseguiu comprar um. Estudou-o, aprendeu tôdas suas minúcias e acabou construindo outro modelo. Dizem até que, para o isolamento de arame, tirou a sêda do vestido de casamento de sua espôsa. Mas seu objetivo era outro. Montou um aparelho que

consistia numa roda, cujos raios eram dois electro-magnetos cruzados. Em seguida, colocou a roda de modo a girar em plano horizontal e fixou dois electromagnetos no mesmo plano com os pólos apontados para aquêles raios. Ligando êsse aparelho a uma bateria e repetidamente mudando a direção da corrente, portanto, também os pólos dos magnetos, fazia que a atração e a repulsão se alternassem e dêsse modo a roda girasse.

A Era do motor elétrico.

A invenção do motor e do dínamo transformou por completo a face do mundo. Aí começa, verdadeiramente, a revolução industrial baseada numa fôrça controlada pelo engenho humano. Pôs-se de lado o vapor e a roda de água; as fábricas e manufaturas começaram a ter outro aspecto; fôrça melhor distribuída, maior economia de combustível, hygiene e influxo para a expansão.

E' na década de 1879 a 1880 que a electricidade, mecânicamente gerada, teve um surto esplêndido. Uma vez conhecidos seus princípios básicos de manifestação e ação, em todo o mundo, entrou-se a fazer pesquisas. Em 1874, um anno depois do dínamo de Gramme ter sido revelado na sua função de motor, Stephen Field fêz experiências com uma locomo-

tiva elétrica, operada com um dínamo por meio de um terceiro trilho. Era um velho desejo da humanidade libertar-se da tração a vapor. E uma dessas primeiras tentativas foi feita por Robert Davidson, na Escócia, em 1838, que construiu uma locomotiva elétrica. Em 1851 uma locomotiva elétrica acionada por um motor electromagneto e uma espiral de fio magnetizado fêz 19 milhas por hora em Maryland. Mas a energia fornecida para movimentar essas locomotivas era fornecida por baterias e ela se tornava mais um embaraço de que uma solução prática ao problema. Em 1880 Edison experimentou sem resultado a tração elétrica. Ela iria se tornar uma realidade com Frank Sprague, o pai da tração elétrica. Em 1882 Sprague inventou o sistema de contato subterrâneo para os bondes. Em 1885 inventou o motor suspenso com redutor de engrenagem e dez anos depois, introduziu o contrôle múltiplo que tornou possível a operação dos trens elevados e subterrâneos. Em 1887 Sprague realizou em Richmond a primeira eletrificação completa da linha de bondes lá existente, que era a maior do mundo naquela época.

Passos para a frente.

Edison montou sua primeira usina de fôrça em Pearl Street, em New York. A inauguração foi a 4 de setembro de 1882. Tinha ela seis geradores com

a capacidade de 125 cavalos cada um. As correntes eram transmitidas ao longo das linhas subterrâneas, numa extensão total de 13 milhas. Era a primeira estação central geradora de electricidade que se fundava. Fornecia corrente directa.

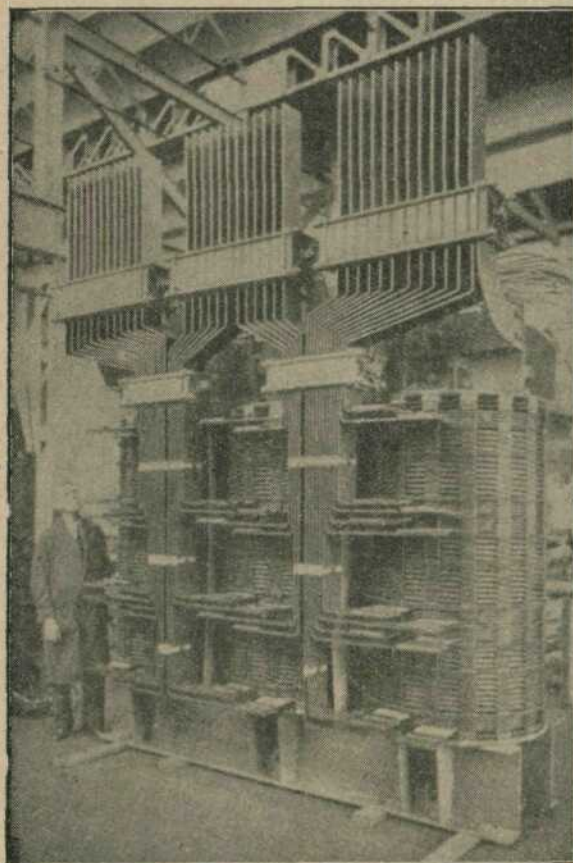
A corrente produzida pelos primeiros dínamos foi a alternada, tida como inútil. Os pesquisadores procuraram um meio de dar continuidade aos vai-e-vens dos seus geradores. A princípio não se ligou nenhuma importância a essas oscilações ou variações eléctricas, e ao chamado efeito auto-indução ("self-induction) de Faraday. Mas os experimentadores começaram a rever o que os pesquisadores tinham feito nesse sentido e toparam ali com um trabalho interessante. Jorge Simão Ohm (1781-1854) realizou importantes trabalhos sobre a electricidade. Êle demonstrou que, quando a tensão ou pressão é elevada, se desenvolve mais trabalho para levar a electricidade de um ponto a outro. Daí a direcção do potencial ou força electromotora ser definida como o trabalho desenvolvido pela unidade de quantidade de electricidade ao passar de um ponto a outro. Os trabalhos de Ohm se basearam parcialmente nas investigações de Fourier sobre a condução do calor, fenómeno que resolveu de forma matemática e lhe permitiu estabelecer as leis da condução do calor sobre a base de que o fluxo de calor era proporcional às variações de temperatura pelo de potencial, o de calor pelo da electricidade, deduzindo finalmente sua

famosa lei de que a corrente emanada de uma bateria era proporcional à força electromotora. Outra conclusão se impunha: que a resistência depende somente da natureza, temperatura e dimensões do condutor, sendo directamente proporcional ao comprimento dêste e inversamente proporcional à área de sua secção transversal. Esta última circunstância deixava patente que a corrente afluía uniformemente através de toda a substância do condutor, Ohm recorreu a um exemplo para especificar seu pensamento, mostrando a velha analogia da água a correr dentro de canos. Se queremos obter duma água a correr num cano fino a mesma força obtida duma água a correr em cano grosso, temos de aumentar a pressão. E a lei de Ohm era explícita nesse particular: quando se aumenta a resistência dum circuito é preciso também aumentar a pressão da corrente para obter a mesma força, porque a quantidade ou tamanho da corrente é menor.

A electricidade precisava ser levada a grandes distâncias, sem perda de força, e como conseguir isso? A única solução parecia ser o aumento da pressão ou a força electromotora da corrente ou sua voltagem. Pensou-se que isto poderia ser feito com a auto-indução, por meio da bobina de indução. Um exemplo nos é dado pela bobina de indução de Ruhmkorff. Consta de duas partes: uma é chamada bobina indutora e a outra induzida. A primeira é formada por fio de dois milímetros e meio de diâmetro, que

se enrola em tórno do carretel, tendo em seu eixo uma barra de ferro doce. O comprimento do fio varia de quarenta a cinqüenta metros. As duas extremidades são postas em comunicação com os dois pólos de uma pilha por intermédio de dois contatos. Um comutador permite comunicar a bobina indutora com a pilha ou isolá-la. Sôbre a bobina indutora e isolada por uma manga de vidro ou borracha, enrola-se um fio fino que pode ter um o comprimento até de 120 000 metros e que constitui a bobina induzida. Cada vez que a corrente corre pelo enrolamento primário, uma corrente oposta e momentânea surge por indução no enrolamento secundário, mas em direção reversa. Assim, se a corrente primária é uma corrente direta e contínua, sempre na mesma direção, era preciso inventar um meio mecânico de produzi-la e interrompê-la, para que a corrente induzida tivesse continuidade. Foi daí que nasceu uma nova descoberta e o imenso valor da corrente alternada foi pressentido.

A operação capaz de transformar e aumentar a pressão, a fôrça eletromotora ou voltagem é extremamente simples. Tomou-se, por exemplo, um núcleo de ferro em forma de caixilho de uma janela. Nas duas paralelas enrolaram-se duas bobinas, uma com fio grosso e pequeno número de espirais, outra com fio fino e grande número de espirais. Estas duas bobinas estavam isoladas uma da outra e isoladas também do ferro do núcleo. Uma corrente



Um gigantesco transformador de construção inglesa.

alternada, enviada para uma das bobinas, leva ao núcleo variações periódicas do fluxo que produzem uma outra corrente alternada na segunda bobina. A experiência veio demonstrar que se o enrolamento secundário tem mais arame enrolado que o primário, nesse a corrente induzida terá maior voltagem que a corrente primária. Nascia dessa forma o transformador.

Um transformador com dez vezes mais voltas no enrolamento secundário, revela mais volts, tanto na corrente induzida como na primária. Assim, uma corrente introduzida num transformador pode ter a voltagem indefinidamente aumentada com a simples extensão do fio enrolado. Sendo correspondentemente decrescida em tamanho ou volume, podia correr grandes distâncias em fios finos. Verificou-se que as correntes de alta voltagem não podiam ser imediatamente utilizadas. Tornou-se necessário colocar outro transformador no ponto de chegada para abaixar a voltagem. Com o desenvolvimento do sistema vieram os transformadores em série. Uma linha mestra de transmissão vai ter à estação transformadora da qual parte uma série de linhas para as subestações, e depois destas para outros transformadores, os quais finalmente reduzem a voltagem a 220 ou 110 unidades, que é o desejável para as casas particulares. Com esta subdivisão, mais conhecida por distribuição, ficou resolvido o problema da venda da força, quer por atacado quer a varejo.

Com o decorrer do tempo, os transformadores experimentaram uma modificação radical. Apareceram transformadores capazes de baixar uma corrente de 110 volts a nível mais baixo, operando com delicados instrumentos como sejam, os rádios, as lâmpadas, os aparelhos cirúrgicos, as células foto-elétricas, válvulas eletrônicas, etc.

Nos anos de 1880 a 1895, quando no Brasil se dava a transição entre o Império e a República, foram assentadas as bases técnicas da revolução industrial no mundo baseada na eletricidade. Para essa grande revolução contribuiu de maneira poderosa, Nikola Tesla, famoso engenheiro e inventor sérvio, que se trasladou para os Estados Unidos, onde viveu até sua morte ocorrida há poucos anos. A primeira invenção de Tesla e que teve uma influência decisiva na mecanização da indústria, foi o motor polifásico. Tesla observou um fato curioso: considerando em dois circuitos diferentes, duas correntes alternativas, exatamente semelhantes, isto é, tendo o mesmo período, a mesma intensidade, supôs que uma das duas passa por seu máximo num dado momento onde a outra se anula. Descobriu nesse caso que entre as duas correntes existe uma diferença de fase. Ele concebeu a idéia de que as contrações das alterações podem ser transformadas em rotação produtora de força. E daí surgiu o motor polifásico de Tesla. Henry Prout diz que o transformador de corrente alternada é a chave-mestra da transmissão de

fôrça a baixo custo. O motor polifásico é a chave-mestra para a reprodução em forma mecânica da fôrça transmitida pela electricidade.”

O motor Tesla assim como tôdas as suas invenções foi adquirido por Westinghouse, o grande organizador da indústria eléctrica americana.

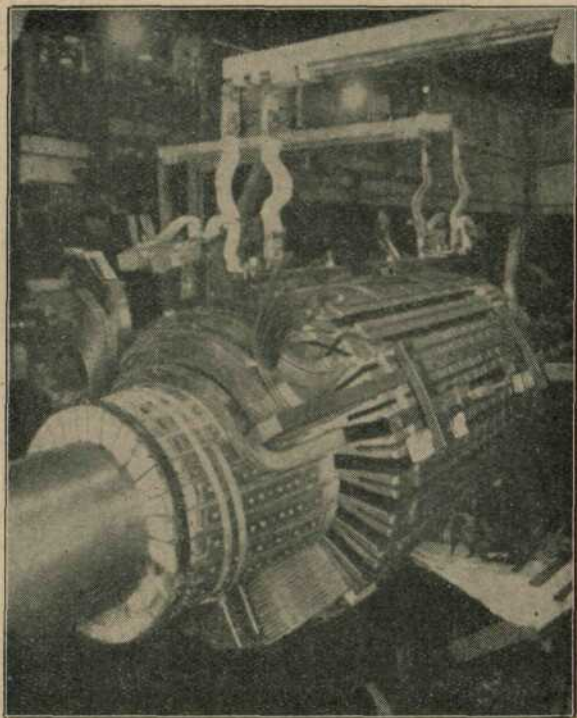
A origem da fôrça.

Qual o agente que poderia fornecer fôrça mecânica aos dínamos capacitando-os de gerar electricidade? Pensou-se, naturalmente, na queda de água e no vapor. A roda de água era a mais velha auxiliar do homem, desde os tempos históricos. Substituíra a fôrça animal e humana. Conheceram em sua construção a mais variada evolução. No início do século XIX a mecânica aperfeiçoou a roda e os pedreiros começaram a represar a água em diques monumentais. Essas máquinas movidas a água já eram empregadas para movimentar oficinas e outros maquinários. Fábricas de tecidos serviam-se dela. Uma correia ou uma engrenagem, levava a fôrça a um eixo de giro constante do qual, por meio de polias e correias, era transmitida às máquinas individuais. Para deter uma dessas máquinas era preciso desligar a correia da polia e tôda a fábrica parava com o desligamen-

to do eixo mestre. Veio depois o vapor. Era um meio de movimento mais caro. Necessitava de combustível, de lubrificantes, de peças. As fábricas tinham a água a sua vontade. Mas, com o desenvolvimento fabril, e a falta de fôrça hidráulica pela grande distância dos rios onde se colocavam essas fábricas, ocasionou o aparecimento em grande escala da máquina a vapor fixa. Começou na Europa, onde as populações eram menos fluidas que na América e logo depois tomou conta da face do mundo. Com o aparecimento do motor eléctrico o vapor também teve de ser desbancado. O fabricante não precisava represar a água ou gerar vapor para obter movimento mecânico. A electricidade, essa fada multiplicada, se encarregava de vir até os núcleos do trabalho e aí se dividir à vontade e conforme as necessidades.

Mas, para chegar a êste estado de coisas, os engenheiros, técnicos e inventores tiveram de “quebrar a cabeça”. Para se movimentar os dínamos eram necessárias turbinas. Mas, qual o tipo a escolher? Primeiramente a decisão foi unânime: a água. Ela existia em abundância em muitos países. Nos meados do século XIX, um francês Benoit Feurneyron descobriu a turbina fechada. Uriah Boyden melhorou êste tipo de turbina e applicou-a com tôda eficiência em 1846. Em 1880, Leslie Pelton, solucionou o problema das grandes quedas de água com a famosa roda Peiton, com 100% de eficiência teórica.

Por fim, a engenharia completou a obra. Um exemplò dessa tremenda luta entre e o homem e a



Um tubo-alternador para turbinas modernas, de construção britânica.

natureza nos é contada na história pela construção das turbinas geradoras na catarata de Niagara. Ca-

vou-se um buraco a uma milha de distância da queda, com 136 pés de fundo. Colocaram-se aí turbinas tipo Feurneyron, com eixos ligados aos maiores dínamos jamais construídos. Em 1895 os três gigantes geradores, para 5 mil cavalos de força, estavam em operação. Daí por diante o equipamento foi melhorando, tornando-se possível a transmissão da força para mais longe. À vista dos resultados colhidos, a engenharia começou a conceber quedas de água artificiais. Dêsses, o mais impressionante trabalho que se construiu no Brasil foi a reprêsa da "Light" em Santo Amaro, que fornece energia hidráulica para a estação de Cubatão.

Com os progressos da máquina a vapor, surgiu novamente em cenário a questão de se saber se ela podia ser aproveitada para turbina. Em 1884, Charles Parsons, partindo das idéias de Hero de Alexandria e da roda de água, inventou um motor movido pela ação direta do vapor sôbre as pás duma roda. Cinco anos depois, Gustavo de Laval applicava o mesmo princípio com uma técnica algo diferente. A turbina a vapor, aperfeiçoada por Gordon Curtis e outros, tornou-se uma máquina prodigiosamente eficiente, dispensando o embaraçante movimento recíproco das bielas. Adaptava-se muito bem ao funcionamento dos dínamos. O motor de combustão interna desenvolveu-se também com grande eficiência, e agora se tornou uma unidade independente do fornecimento do petróleo. Pequenas unidades movidas

a óleo Diesel começam a ter aplicação como motores de geradores. A moderna evolução dêsse tipo de turbina é a de gas. Uma turbina de gas compreende um compressor que comprime o ar a três ou quatro atmosferas; uma câmara de combustão onde se introduz o gas comprimido — mediante uma chama de combustível líquido ou gas — aquecido a uma temperatura de 500 a 600 graus centígrados, que é a maior resistência mecânica que o aço atual pode resistir sem refrigeração e uma turbina onde se produz a expansão de ar quente que cede parte de sua energia potencial em energia cinética.

Sôbre a mesma árvore está montada o compressor de tipo centrífugo — que é mais ou menos uma turbina ao inverso. E, sucessivamente, um alternador, que transforma a energia elétrica a energia mecânica fornecida pela turbina, o excitador do mesmo e um pequeno motor de arranque. Na turbina de gas ou de combustão, desenvolvem-se separadamente nos três órgãos especialmente destinados a êste fim, as mesmas faces do ciclo que apresentam os motores de combustão interna do tipo Diesel. O rendimento orgânico da turbina alcançou 18 por cento. Agregando-se à turbina órgãos de recuperação do calor produzido pela descarga, o rendimento pode chegar a 24 por cento. Está ainda muito longe dos rendimentos fornecidos pelo motor de explosão ou de combustão interna, mas chegou praticamente ao mesmo rendimento de uma instalação fixa de vapor. A turbina

de combustão oferece a incomparável vantagem sobre o vapor de ocupar menor espaço.

Constroem-se atualmente grupos electrogenos com turbinas de combustão do citado tipo para potências de 1 000 a 12 000 kilowats. Está também sendo usada na marinha e nas estradas de ferro. Essa turbina de combustão oferece outra vantagem pelo fato de não necessitar de água para a refrigeração.

O Fio reproduz o som.

Em 1870, a ciência do som, isto é, a acústica, já se mostrava bastante adiantada. Músicos, fisiologistas, físicos e anatomistas estudavam o assunto a fundo. Helmholtz, famoso físico alemão e Koenig conseguiram analisar o som através de ressoadores e fazer também sua síntese. Eles chegaram à conclusão de que a palavra é composta de uma multidão de sons simples, correspondentes a vibrações de frequência de diversas variações desde 30 a 4 000 ciclos por segundo. Imediatamente percebeu-se que, neste domínio, o som se confundia com a física.

E aí apareceu a grande questão.

O telégrafo se espalhara por todo o mundo e suas linhas riscavam e abraçavam o globo como uma teia de aranha. Mas, êle propuzera uma nova ques-

tão econômica. Uma mensagem só podia ser transmitida por um fio e chegar ao seu ponto terminal para, depois, poder emitir a resposta. Com as novas necessidades impostas pelo crescimento das cidades, das indústrias e do comércio, cresceram também as mensagens e, com isto, foi preciso instalar fios múltiplos. Como enviar duas mensagens ao mesmo tempo pelo mesmo fio? O problema exigia uma solução técnica. Desde 1870 diversos pesquisadores se preocupavam com isso. Contudo., sua solução iria ser melhor do que se esperava.

A transmissão da palavra à distância já entrara na ordem do dia desde aquêles tempos. Era conhecida a experiência de Philip Reis, na Alemanha, que pôde transmitir por meio da electricidade o tom do diapasão. Reis deu ao seu dispositivo o nome de "telefone". Em 1876 Alexandre Bell conseguiu fazer uma diafragma de ferro reproduzir a voz humana. Bell estava preocupado com as mensagens múltiplas e suas primeiras experiências foram feitas com o diapasão dos pianistas.

Se dois conjuntos de diapasões igualmente entoados forem dispostos nos extremos duma sala, qualquer vibração provocada não determinará vibrações simpáticas no diapasão de tom correspondente do outro lado, enquanto os outros permanecem mudos. Se dois ramos de um diapasão estiverem colocados no campo de um electromagneto, uma corrente que passe por êsse magneto fará o diapasão vibrar. E

se outro diapasão e outro magneto estiverem incluídos no circuito, êsse segundo diapasão também vibrará, caso seja do mesmo tom. Dêsse modo, a comunicação era possível por meio de diapasões vibratórios. Se um conjunto de diapasões de diversos tons estiver numa parte dum circuito, e outro conjunto, de tons correspondentes, estiver em outra parte do mesmo circuito, dois ou mais dos primeiros diapasões vibrando em 1 farão que dois ou mais dos segundos diapasões vibrem em 2, enquanto os demais permanecem mudos. E como os diapasões em 2 podem ser identificados pelo tom, duas ou mais mensagens podem ser transmitidas assim pelo mesmo fio, ao mesmo tempo. O que realmente acontece é que o diapasão transmissor interrompe a corrente que o electromagneto lança cada vez que êle é vibrado. As interrupções é que são remetidas para o circuito e o magneto do diapasão receptor naturalmente as repete. Idêntico processo ocorre com o telégrafo ordinário com a diferença de que aqui as interrupções são automáticas e não por intervenções manuais do telegrafista. Surgem tão rápidas que o som resultante é um zumbido, em vez de tic-tacs. Quando, porém, se introduz uma chave no circuito, pode-se transformar o zumbido nos pontos e linhas do telégrafo. Foi dêsse modo que Bell conseguiu criar um multi-telégrafo harmônico com dois interruptores de circuito, um rápido e automático, outro lento e manual.

O passo immediato de Bell foi substituir os diapasões por palhetas. A palheta pode ser entonada por meio do alongamento ou encurtamento da sua extensão vibratória, sendo por isso um instrumento mais ajustável que o diapasão. Sua flexibilidade levou Bell a outros campos, e principalmente ao seu campo favorito de estudos, que era a variação dos sons. O diapasão só produzia um som único e um só tom; a palheta, muitos. Bell, em certa ocasião apertou a palheta contra o ouvido e notou uma mudança. Sentiu em seu cérebro, desde aquêl momento, a centelha de uma coisa que com o tempo se corporificou. Em vez de vibrar a palheta por meio do electromagneto, êle inverteu o processo: ligou a palheta a um magneto permanente e ligou-o, e ao fazer isto diante dum electromagneto, uma corrente se formou e o tom da palheta foi transmitida à palheta receptora. A corrente gerada pelo magneto ligado à palheta era muito fraca. A palheta, bastante flexível comparada ao diapasão, era ainda pouco sensível. Constituía-se, assim, uma série de obstáculos.

Lá na Europa duas engenhosas descobertas chamaram sua atenção. A primeira era a chamada "chama manométrica de Koenig". Êste processo se baseia no conhecimento de que a imagem persiste na retina 1,10 de segundo. Koenig dispôs um prisma cujas faces eram revestidas de espelhos e imprimindo-lhe um movimento giratório, emitindo um som diante de uma membrana que servia de parede divisória a uma

câmara onde brilha um foco luminoso, notou que as vibrações do ar faziam oscilar a chama de modo característico, conforme a altura ou o número de vibrações do som emitido. A imagem da chama se apresentava com recortes característicos nos espelhos girantes. Koenig organizou então quadros onde figuravam as ondulações das chamas correspondentes aos diferentes sons. Êste novo meio de tornar o som visível fascinou Bell.

Outra invenção foi o fonautógrafo de Leon Scott, que não só fazia o som visível como ainda o fixava em gráficos.

Em 1875 Bell trabalhou desesperadamente.

Joseph Henry, o grande fisico americano que havia se tornado o "pai teórico" do telégrafo de Morse, também guiou Bell.

Por essa época, Bell se associou a Watson, um hábil mecânico e electricista. Trabalhando com palhetas, os dois homens experimentaram transmitir delicadas e complexas vibrações com interrupção de circuito. Súbito, sobrevem um acidente que o sutil ouvido de Bell percebeu: a palheta transmissora que Watson fazia vibrar ficou insensível ao electromagneto. Correu de sua sala para a de Watson, gritando: "Não mexa em nada, deixe-me ver." Ao examinar o transmissor Bell compreendeu tudo. Aquela palheta de aço magnetizado com suas vibrações sôbre o pólo do magneto estava gerando a maravilhosa corrente

elétrica que variava de intensidade dentro da distância auditiva da palheta. Tinham descoberto que a corrente não devia ser quebrada pela vibração, mas sim variar de intensidade. Naquele instante Bell viu que tôdas as névoas se dissipavam.

Depois que a nova técnica foi descoberta, consistente em variar a intensidade da corrente em vez de interrompê-la, como no telégrafo, Bell perdeu o interêsse pela telegrafia. Uma corrente variável era capaz de transmitir a delicada complexidade das vibrações ocorrentes numa membrana, à frente da qual alguém falava. Seu trabalho daí por diante seria uma membrana esticada sôbre um bocal, em vez de palhetas.

Para transformar as vibrações da membrana em corrente variável, Bell ligou-a a um fio, cuja extremidade contrária mergulhava num recipiente de metal em solução ácida. Pondo êsse dispositivo em circuito com uma bateria e um receptor electromagnético de armadura ligada a uma membrana, êle falou diante da membrana do transmissor. Sua voz fêz o fio levantar-se e cair no liquido, variando dêsse modo a intensidade da corrente que passava do liquido para o recipiente de metal. Duas translações tinham-se realizado. No transmissor o som da fala produziu vibrações mecânicas que foram transladadas em corrente variável. No receptor, as variações da corrente foram transladadas, através da armadura, em vibrações mecânicas, que a segunda membrana trans-

mitiu ao ouvido. Bell não havia pronunciado nenhuma solene palavra bíblica como Morse, mas simplesmente: "Watson, venha aqui. Preciso de Você." Watson ouviu o recado e veio.

Pela primeira vez o homem conseguiu transmitir à distância sua voz. Era o início de uma nova era.

A central.

A princípio êsses transmissores e receptores nunca mudaram. O carvão granulado substituiu a solução ácida. Discos de metal tomaram o pôsto das membranas. A corrente elétrica gerada mecânicamente ocupou o lugar da gerada por baterias. Houve muitos aperfeiçoamentos, desde as caixas de 1870 até o chamado "fone francês" que hoje se usa. Mas a parte fundamental da invenção de Bell persiste.

Graham Bell não perdeu tempo. Formou uma companhia. Uma hoste de técnicos se associou à sua invenção, contribuindo com tôdos seus esforços para sua evolução e aproveitamento coletivo. Antes do fim da década, as comunicações telefônicas eram urgentemente reclamadas e tornou-se um problema agudo o das ligações entre as inúmeras pessoas que falavam e ouviam. A questão da distância tinha de ser vencida e mais uma vez apareceu a famosa equação:

como transmitir pelo mesmo fio duas mensagens diferentes?

Linhas individuais de casa a casa nunca poderiam tornar a invenção uma solução social. Impunha-se uma estação contralizadora e com ela os quadros de distribuição.

Ela teve origem em elementos díspares. Um engenhoso detetive, de nome E. T. Holmes, tinha concebido um sistema de alarmes elétricos contra os ladrões, por meio dos quais a polícia central de Boston vinha a saber que casa estava sendo assaltada. Em New York o telégrafo entrava em uso nas casas comerciais para a comunicação entre uma sala e outra, e havia um quadro de distribuição. Uma companhia de Chicago, mantinha indicadores mostrando a localização das pessoas que haviam apertado botões para chamar mensageiros. Todos esses dispositivos continham elementos dum quadro para a distribuição telefônica. A Companhia Bell fez uso de alguns desses elementos. Os telefones ficavam pendurados nos circuitos de alarme de Holmes para uso durante o dia. Quadros elementares foram armados nas paredes dos grandes "magasins."

Em 1878, finalmente, foi instalada em New Haven, uma central de distribuição para serviço de 24 assinantes e com uso de pequenas manivelas comuns. Outra central de grande importância técnica foi aberta em Chicago no mesmo ano e da qual veio

a sair o quadro múltiplo. Cada soquete correspondia a um assinante. O operador fazia as ligações. O aparelho de sinalização figurava em outra sala, atendido por outro empregado. Quando o indicador funcionava, esse empregado escrevia um número e mandava-o por um mensageiro ao operador do quadro. Este procurava o soquete correspondente àquele número, ligava-o ao seu próprio telefone, pedia o número do assinante desejado e realizava a ligação pedida. Quando o número dos assinantes cresceu de modo a cobrir uma grande superfície do quadro, aquilo se tornou uma ginástica. Os operadores eram rapazes que não paravam de andar de um lado para outro.

Mas esta situação não podia perdurar.

A sinalização devia estar junto ao quadro e não numa sala vizinha. E esta mudança veio a calhar. O processo de sinalização foi ligado ao quadro por meio do "jack-knife", comutador geralmente conhecido por "jack", uma invenção de Charles Scribner, o qual tirou mais de 500 patentes relacionadas ao quadro. Imagine-se um "jack-knife" com um furo ao lado. Quando a lâmina está fechada, quer dizer que sua ponta repousa num suporte. Ligue-se a este um fio e outro à dobradiça da lâmina e unam-se as outras pontas dos dois aos pólos duma bateria e um circuito elétrico correrá pela lâmina enquanto ela descansar no suporte. Mas se se introduzir um pino no bura-

co lateral praticado no "jack", êsse pino levantará a lâmina desligando-a do suporte e estabelecendo novo contato. Ligue-se o pino a um arame isolado ou corda, e ter-se-á um dispositivo muito simples para abrir e fechar outro numa só operação. Montem-se os "jacks" em série, construam-se os circuitos adequados e ter-se-á então um "quadro de ligação" no qual um circuito está normalmente fechado — o circuito anunciador — mas que é interrompido pela inserção do pino na extremidade da corda, por meio do qual se realiza a ligação pedida pelo assinante. Se todos os assinantes tiverem o seu "jack" e também uma corda flexível num rebordo abaixo, a ligação se torna fácil. O pino da corda automaticamente suspende o sinal e faz a ligação entre os subscritores quando é inserido no furo. Isto é a extrema simplificação e põe de lado a ligação intermediária entre o operador e subscritores.

Leroy Firman resolveu a divisão do trabalho operatório duplicando o quadro e as cordas diante de cada operador. Assim cada operador e um centro dispõe dum completo conjunto de "jacks" e cordas, abrangendo todos os subscritores. Isto, sem dúvida, aumentou o espaço total ocupado pelo centro, mas diminuiu o espaço a ser coberto por uma ligação e multiplicou a rapidez do serviço. Foi o princípio do quadro múltiplo hoje em dia.

L i g a ç õ e s.

A antiga ligação manual envolvia quatro ou cinco operações. Primeiro, a percepção dum sinal com o "plugging" duma ligação entre o operador e o assinante. Segundo, o pedido do número. Terceiro a sua própria desligação e a ligação com o número do assinante pedido. Quarto, o uso duma sinalação para verificar se a ligação está feita. E, por fim, a interrupção da ligação quando o sinal avisa que a conversa está terminada. Numa cidade estas operações são divididas entre dois centros, a não ser que o chamado provenha do mesmo distrito.

A ligação moderna automática é uma maravilha da técnica. Um grupo de "relays" que podem ser classificados como "memória", assume certa forma ou modelo, como resultado de impulsos partidos do disco de assinante. Quando a discagem está completa, êsse modelo põe em movimento sucessivos seletores, que apalpa seu caminho nos quadros até chegarem automaticamente ao ponto condicionado. Cada um dêles se detém em seu ponto, e é mantido ali por um "trip" e dêsse modo completa um dos passos da ligação. Findo o chamado telefônico os "relays" esquecem todo o chamado, voltam à sua forma normal e todos os seletores caem em suas casas.

Não se percebe nenhum cansaço nesses operadores mecânicos.

A comunicação interurbana.

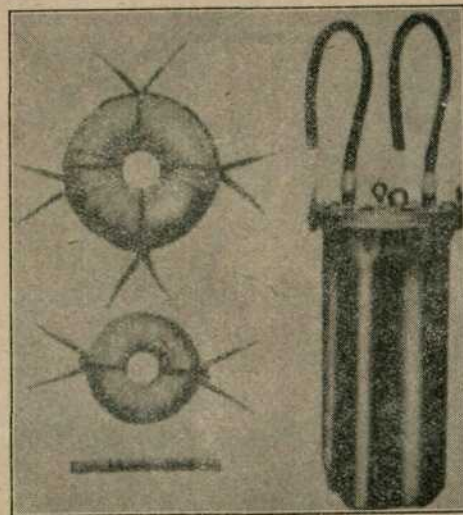
Quando a comunicação interurbana se iniciou, apareceu logo um obstáculo técnico. Os fios aéreos duplos colocados muito próximos revelaram um in-



Pupin

conveniente: o fenômeno de atenuação: a diminuição do corpo do som transmitido. Se bem que o som chegasse forte, revelava profundas modificações, pois a atenuação relativa ao timbre dava a impressão de

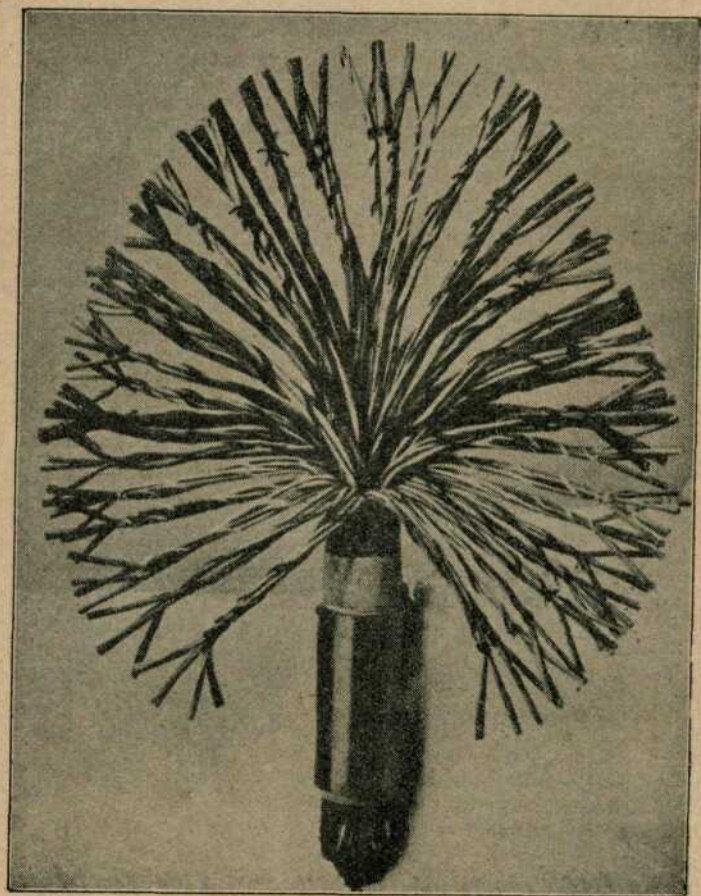
que a palavra estava alterada. Quando dois fios correm lado a lado, acontece, às vezes, que os eletrons acumulados num dos fios se passam para pontos do outro fio onde a acumulação é menor, causando perturbações, como distorção da voz transmitida. Dos



Bobinas Pupin

Caixa Pupin

remédios apontados para o mal, um era afastar os fios, outro aumentar-lhes o diâmetro, e o terceiro carregar os circuitos. Os experimentadores verificaram que ligando bobinas de indução a um fio leve, intervaladamente, o defeito podia ser eliminado. O



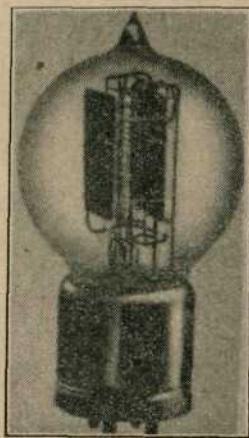
Cabo telefônico interurbano.

problema era onde colocar essas bobinas. E inúmeras experiências falharam. Em 1904, Michel Pupin, de origem sérvia, resolveu o difícil problema, partindo dos estudos teóricos da propagação das correntes telefônicas. Foi este um dos casos frequentes na história da aplicação, onde uma teoria matemática previa a solução de um importante problema físico sem o apoio de qualquer experiência. O sistema proposto por Pupin para conduzir à distância as correntes elétricas geradas por sons, consistia em dispor ao longo da linha formada por condutores de ramos, em pontos equidistantes convenientemente escolhidos, bobinas indutivas, com cálculos oportunos. O resultado de tal sistema foi duplo: diminuiu a dispersão da energia ao longo das linhas e reduziu a distorsão dos sons. O resultado imediato também se fez sentir na transmissão telefônica a grandes distâncias. A primeira experiência sobre essa transmissão foi a comunicação telefônica entre New York e S. Francisco, através do continente americano, efetuado por linha aérea, em 1904. Um novo sistema de "repetidores" foi mais tarde introduzido por meio dum tubo de vácuo ampliador. Colocado a intervalos no circuito, meramente renovava as vibrações, de modo que uma série de intervalos curtos foi adotada em vez dum longo estirão pesado.

A primeira comunicação por cabo foi feita entre New York e Boston, em 1910.

A telefonia transatlântica.

Um outro progresso importantíssimo foi o da aplicação à telefonia da válvula termo-iônica, inventada em 1907 por Lee de Forest e rapidamente aperfeiçoada.



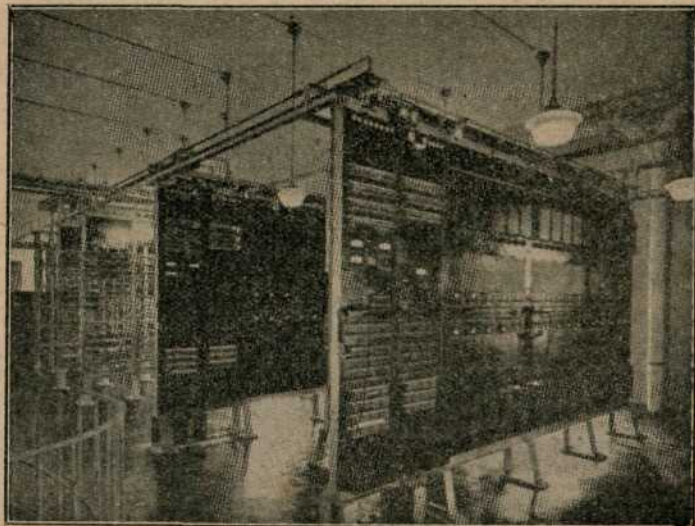
Válvula termo-iônica
amplificadora.

Esta maravilhosa invenção permite amplificar pequenas correntes telefônicas. Dêsse modo as oscilações elétricas permitiram a telefonia alcançar distâncias muito maiores do que os sistemas precedentes. Porque o problema da telefonia é essencialmen-

te o problema do transporte de energia. Para tornar sensíveis ao ouvido as vibrações da membrana de um telefone, é suficiente a energia de um milionésimo de watt, enquanto uma lâmpada de iluminação de 20 velas absorve cêrca de 10 watts. Para o telefone basta sômente um decimolionésimo da energia necessária para acender uma lâmpada comum. Mas, para se ter na extremidade de uma longa linha telefônica tal quantidade de energia, é preciso que na outra extremidade exista uma energia infinitamente superior, onde não intervenha a ação de amplificador. Quando, por exemplo, a corrente telefônica se propaga num cabo comum com o comprimento de 100 quilômetros, sabe-se que da energia transmitida é recebida na extremidade oposta numa centésima parte. Assim, para se acionar um telefone, é preciso sômente um centésimo de watt. Esta potência é pequena. Mas se a propagação continua por mais cem quilômetros a energia se atenua ainda mais. Assim, para se telefonar à distância de 2 mil quilômetros seriam necessárias milhares de kilowatts, superiores a potência de tôdas as centrais do mundo. Mediante as estações amplificadoras colocadas ao longo da linha, é possível efetuar-se a telefonia a grandes distâncias, porque o amplificador pode conservar o impulso inicial da energia e transmiti-lo até o fim da linha. No tempo de Bell os cabos em contato com o solo não deram resultado. Mas, agora, com o uso dos amplificadores, é possível dispôr-se os cabos subter-

râneos, evitando as perturbações atmosféricas e outros inconvenientes externos.

A telefonia transatlântica segue um princípio idêntico ao do rádio. Um transmissor ordinário, manda pelo fio a uma estação de rádio uma mensa-



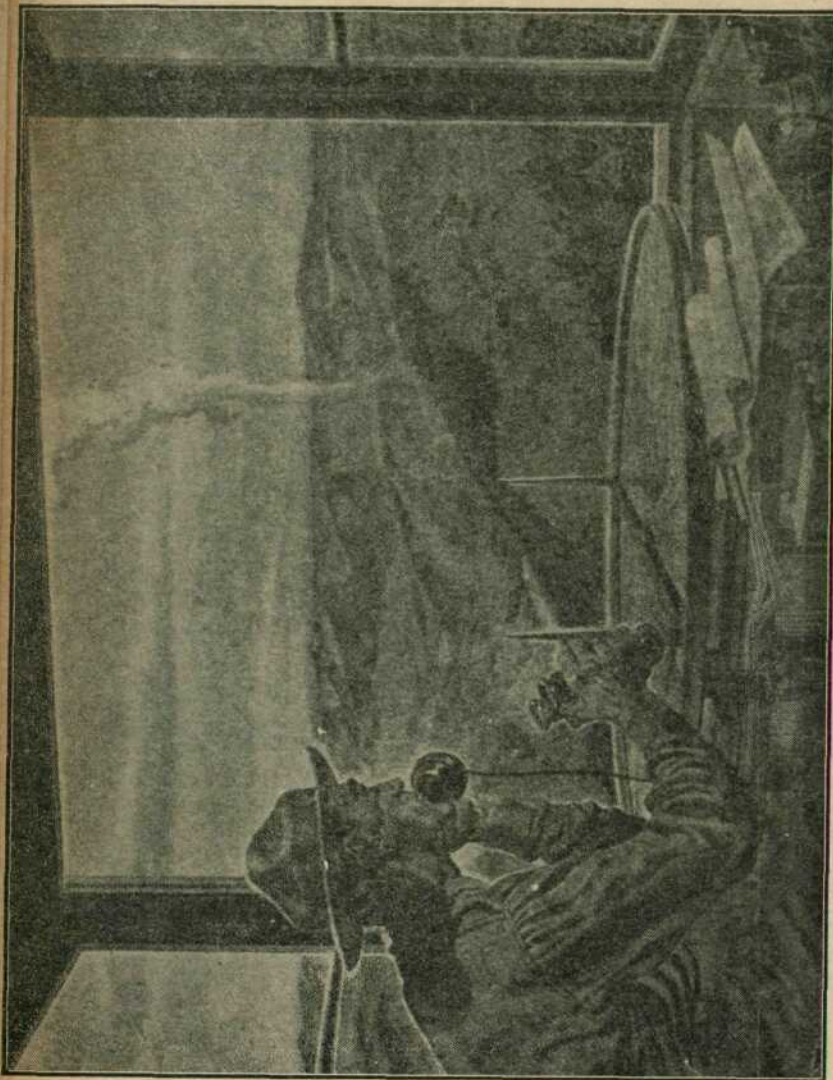
Estação amplificadora.

gem que é traduzida em freqüência adequada à transmissão aérea. Vai ter assim, sem fio, a uma rádio-receptora, onde é retraduzida e telefonada a destino pelos meios comuns.

Um dos inconvenientes do método era que muitos aparelhos de rádio do mundo podiam apanhar a mesma mensagem. Cessava, assim, o sigilo da comunicação. O problema foi resolvido pelo que se chama na gíria telefônica do "scrambling" ou a dispersão dos sons falados. Isto consiste em termos técnicos, no seguinte: gerar com um tubo de vácuo uma pequena corrente de alta freqüência; modula-se em outro tubo pela corrente de audiofreqüência duma linha telefônica; ampliar o produto da modulação e expedí-lo ou para uma antena de irradiação ou para os fios que a levarão a seu destino. No ponto terminal, ampliar o recebido se for necessário; escolher nos filtros a desejada freqüência; desmodular para a auto-freqüência; ampliar à vontade e transmitir pelas linhas comuns".

Traduzido em termos comuns isto quer dizer: Quando transmitimos sons falados traduzidos em ondas elétricas, podemos de tal forma embaralhá-las que, quando apanhadas, se tornam ininteligíveis. Às vezes, no rádio, apanhamos uma dessas ondas, falando: oite baba qio mir nicht houresi. Mas, esta mensagem, quando chega no amplificador e no desmodulador, soa em seu verdadeiro sentido: "Cotação baixa, venda ações."

A telefonia internacional está largamente difundida. As artérias da rede internacional telefônica ligam tôdas as capitais do mundo e até as menores cidades.



O telefone na guerra — Retificação de pontaria da artilharia por meio do telefone.

As imagens varam os fios.

Com a ascensão do telégrafo e das imensas possibilidades que êle demonstrou possuir para aquella época, nasceu a esperança de que se pudesse por meio de fios transmitir as imagens. Em 1875 já se tinha criado um método de transmissão de imagens através de fios. Não era uma obra perfeita, pois nenhum dos métodos da física moderna para transmitir imagens estava descobertos. A célula de selênio, descoberta por Korn, e que demonstrava ser sensível às variações da luz, constituía um mecanismo rudimentar de transmissão. Necessitava-se de uma célula para captar cada detalhe da imagem e um fio separado para ligar cada uma das células ao receptor. Assim, eram as imagens transmitidas de maneira simples. Em 1884, Nipkow sugeriu que qualquer imagem poderia ser decomposta em uma única linha de luz, do mesmo modo que uma blusa de tricô pode ser desmanchada, transformando-se em um único fio de linha. Tal resultado foi conseguido explorando a imagem em fileiras sucessivas de pontos até que sua superfície fôsse toda coberta. Este método, um pouco modificado, é usado atualmente. A linha resultante, depois de transportada para forma elétrica é novamente tricotada pelo receptor de modo a dar uma imagem única.

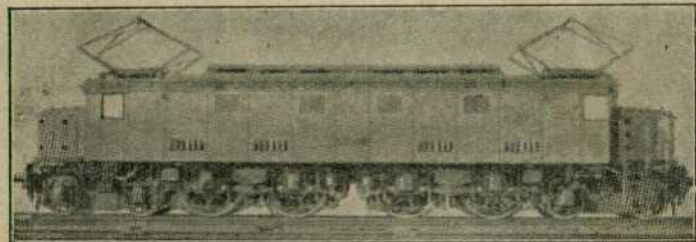
O dispositivo de imagem de Nipkow, eliminou a necessidade de mais de uma linha de transmissão.

Há muita diferença entre a verdadeira televisão e a transmissão por *facsimile*, pela qual se transmitem fotografias por telefone para fins jornalísticos. A transmissão por *facsimile* é simples e tem sido usada desde 1925. Ela se baseia num dispositivo engenhoso. A fotografia que se vai transmitir, posta sob a forma de filme transparente, é enrolada sobre um tambor girando sob um intenso-foco de luz, que depois de atravessar a fotografia vai impressionar uma célula foto-elétrica. À medida que as porções mais escuras ou mais claras do filme interceptam sucessivamente o raio de luz, as correntes do foto-tubo diminuem ou aumentam e estas variações de corrente serão transmitidas por linhas telefônicas de longa distância ou por meio do rádio. Na estação receptora as correntes recebidas fazem funcionar uma válvula que governa a intensidade luminosa da lâmpada produtora do feixe luminoso que vai impressionar o filme. E a imagem vai sendo traçada por êsse verdadeiro dedo luminoso sensitivo. Os impulsos recebidos podem também atuar sobre um mecanismo impressor funcionando com papel carbono.

Acredita-se que no futuro, quando êste sistema experimentar radicais progressos, os jornais poderão ser impressos nas residências, por meio de um sistema que ligue as oficinas às casas.

Arame, base de um mundo.

Observando-se, num rápido panorama, a evolução e aplicação do fio, chegamos a conclusão de que, sem êle teria sido impossível a Faraday e Henry construir seus primitivos magnetos e Gramme seu dinamo. Êle constitui, por assim dizer, a base de toda a electricidade: permite sua geração e transmite a energia. Sua aplicação demonstrou ter propriedades variáveis em cada utilidade. Pode-se comparar a apli-



Locomotiva elétrica Grupo F.S.E. 428. Sistema de corrente: continua a 3.000 volts. Velocidade máxima, 150 quilômetros por hora. Peso total 128.000 quilos. Eixos de comando individuais. As antigas locomotivas a corrente continua eram complexas e difíceis, uma vez que a tensão se mantinha a 600-700 volts. Com os progressos da comutação e do isolamento, foi possível chegar a 1.500-3.000 volts de tensão. Isto permitiu muitas simplificações nas locomotivas. Nota-se que todos os tipos de motores para tração são suscetíveis de funcionar também com o geradores, quando o trem está numa descida. Isto permite a transformação da energia mecânica de um trem, que desce em corrente elétrica que é injetada na linha de contacto e depois é aproveitada por outro trem que percorre a linha no mesmo tempo. (Tipo de locomotiva usada no Brasil pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro).

cação de arame às escalas de ondas fornecidas pelos aparelhos que usam o espaço como meio de transmissão. Conforme o enrolamento e sua arrumação surge o dínamo, o motor, o magneto, a bobina e as correntes contínuas, alternadas.

A função dos isolantes.

Quando os fios começaram a ter aplicação na eletricidade, observou-se que êles funcionavam com melhores características uma vez isolados. Daí nasceu a ciência dos isoladores, que hoje assume uma função capital na técnica moderna do transporte e conservação da energia.

Os bons isoladores obedecem a estas qualidades: o maior e mais uniforme isolamento elétrico; não ser higroscópios; variar de resistência o menos possível com a temperatura; ter resistência elétrica independente das operações mecânicas que deve sofrer para sua utilização; não conter substâncias que possam atacar as partes metálicas que deve isolar; ser econômico.

A técnica, nesse particular, conseguiu chegar à perfeição.

As matérias empregadas como isolantes elétricos podem ser sólidas, líquidas e gasosas. Mas, são as primeiras que usualmente se empregam.

Dentro dos isoladores sólidos podem ser formados três grupos: isolantes orgânicos, que se carbonizam a elevada temperatura, como as resinas, o verniz e o papel; isolantes minerais, que resistem às mais elevadas temperaturas, como a mica, o silício, o vidro e os produtos cerâmicos; os isolantes mistos, formados por um suporte orgânico e um isolante mineral, como, o papel micado e o amianto envernizado.

Os isolantes orgânicos formam uma lista que tende a se alargar dia a dia. Os mais conhecidos são: a gutapercha, as resinas sintéticas, os vernizes e o papel.

A borracha se compõe de dois elementos, um fibroso sólido o outro viscoso, graças ao qual se dobra pela pressão. No entanto, esta substância viscosa se altera ao ar livre. Para evitar esta alteração, mistura-se à borracha 10 a 11 por cento de enxofre, que, com o auxílio do calor, transforma a matéria viscosa em fibrosa. A mistura da borracha com pouco enxofre chama-se borracha vulcanizada, que goza de grande elasticidade. A borracha com muito enxofre e um pouco de fuligem recebe o nome de ebonite. É muito sensível à umidade no isolamento. Como o enxofre ataca o cobre do qual os fios são feitos por ser bom portador de eletricidade, êste é recoberto com uma camada de borracha pura, sôbre a qual se coloca a borracha vulcanizada. É costume também mistu-

rar com a borracha cal e óxido de zinco para evitar a ação do enxofre.

A gutapercha é usada para cabos submarinos. Quando pura, é fibrosa e de côr rosada. Isto pode ser falsificado com substâncias sintéticas apropriadas. O melhor meio de se conhecer a qualidade da gutapercha é submetê-la a um ensaio de resistência elétrica. A gutapercha amolece a 37° e se altera no ar, particularmente quando está sujeita à ação da luz. A capacidade específica é maior na gutapercha média do que na pura. Mas, isto é devido à resistência das substâncias que nela são incorporadas.

Entre as resinas sintéticas convém assinalar as *fenólicas*, as *gliceroftálicas* e *polistirênicas*.

As resinas *fenólicas* são os produtos de condensação dos fenóis com os ácidos em presença de catalisadores apropriados. Em geral, são produtos duros, impermeáveis à água, desprovidas de elasticidade, empregados somente em delgadas camadas ou impregnando certos isoladores.

As resinas *gliceroftálicas* ou *gliptal*, são produtos de condensação do anidrido ftálico com a glicerina, os quais também são empregados na fábrica de pinturas e combinadas com óleos secantes, dão vernizes isolantes muito duros e aderentes, que resistem melhor à ação do calor do que a goma laca.

As resinas *polistirênicas* e *metacrílicas* são produtos derivados do etileno-benzeno. São transparentes como o vidro e se empregam nos aviões e automó-

veis. Como suas perdas dielétricas são extremamente insignificantes, são muito empregados na telefonia sem fios.

Os vernizes servem, sobretudo, para proteger da umidade as matérias fibrosas, como o papel e o algodão. São de uso na construção elétrica, pela facilidade de amoldar-se e de se introduzir por todos os orifícios. Os vernizes a álcool dão uma película incoerente, depois da evaporação do dissolvente, razão pela qual servem somente para preparar planchas isolantes. Os vernizes de água são dissoluções de goma em algum óleo secante com freqüentes adições de sais de chumbo ou de manganês para aumentar a velocidade da oxidação ao ar e sua transformação final numa película dura, brilhante e elástica.

Os papéis à base de celulose, bem lavados em água pura ou em álcool e despojados de suas impurezas, constituem excelentes isolantes. Têm, contudo, dois graves defeitos, a higroscópia e a porosidade, que podem ser corrigidas. Os papéis impregnados de resinas sintéticas e submetidos a enérgica pressão, prestam-se admiravelmente a confecção de planchas, cilindros, etc. muito empregados como matéria isolante. Em vez de papel também se emprega a celulose sob a forma de acetato de celulose, que não é higroscópica nem necessita para seu emprêgo da pintura e da impregnação.

Entre os isolantes inorgânicos destaca-se a porcelana eletrotécnica, obtida com o silicato de alumí-

nio hidratado, submetido a alta temperatura. Como aperfeiçoamento recente cabe consignar a substituição do silicato de alumínio pelo silicato de magnésio, que permite obter produtos mais resistentes às ações mecânicas e de elevado coeficiente dielétrico.

Quando os isolantes cerâmicos correntes trabalham a elevadas temperaturas, nêles diminui de maneira notável a resistência do isolamento. Por isso, para certas aplicações, como as velas dos motores de explosão, foi necessário servir-se de produtos a base de alumina e magnésio, que a altas temperaturas conservam suas propriedades dielétricas.

Entre os isolantes mistos merece especial referência o micalex, obtido com o pó de mica e borato de chumbo, à temperatura de 750°. Ao mesmo grupo pertencem as micanitas e os papéis micados, que se empregam no bobinamento das máquinas de alta tensão, nos quais a impregnação é feita a base de asfalto, pois dá melhores resultados do que a goma laca.

Aos isolantes cabe um papel primordial.

As canalizações aéreas ou livres estão geralmente constituídas por fios nus, sustidos em diferentes pontos pelos aparelhos chamados isoladores, ordinariamente de porcelana, os quais são fixados em postes ou instalações especiais nos edifícios.

Quando se procura isolar correntes de alta tensão, empregam-se isoladores formados de dois, três

ou mais peças. Hoje, os construtores fabricam somente isoladores de duas peças, pois quanto mais peças eles têm parece dar piores resultados. A forma de sino é a mais indicada para evitar os efeitos da chuva ou da água, que poderia depositar-se sobre o isolador, o qual estabeleceria contacto entre o fio e a terra.

Todo isolador age como um condensador, cujas armaduras são o fio de condução e o poste e cujo dielétrico é a terra. As gotas de água que se depositam sobre o dielétrico, e as que se mantêm aderidas ao fio condutor ficam carregadas com a mesma carga dêste e são atraídas pela outra armadura. Estas considerações foram levadas em conta pelos construtores de isolantes, cujas formas não foram produtos de acaso, mas de estudos. Se o dielétrico não é capaz, por seu desenvolvimento superficial, fazer que o campo eletrostático no ar circundante seja de pouca intensidade, êste se ioniza e tem lugar uma descarga superficial, que em muitos casos pode queimar o poste quando êste é de madeira. No interior das casas usam-se cabos isoladores, dentro de canos metálicos. Os cabos isolados constam de um núcleo condutor, recoberto de borracha, gutapercha ou outro material análogo, o qual, por sua vez, vai recoberto por outra substância, que os protege de defeitos.

Para se medir a resistência do isolador de um cabo, coloca-se êste numa caixa revestida interiormente de chapa metálica, cheia de água. Esta caixa

está disposta sobre matéria má condutora de electricidade, como parafina, ebonite, lã, etc.

Descobrem-se os extremos do cabo. Os núcleos metálicos assim descobertos se unem por meio de um fio condutor a um galvanômetro e as envolturas unidas entre si por outro fio condutor que vai parar na borda do galvanômetro. Este segundo condutor chama-se fio de guarda, cujo efeito é o seguinte: quando se origina uma corrente pelas superfícies do isolador esta corrente se não existisse o fio de guarda, passaria através do galvanômetro, agregando seu efeito ao da corrente que atravessa o isolador. Mas, estendido o fio de guarda, tem aquela corrente passageira mais rápida por este fio do que pelo galvanômetro.

O fio de guarda é posto em combinação com um *reóforos* de uma bateria de pilhas ou acumuladores, e o *reóforo* dêste se fãz comunicar, por meio de um interruptor com a parede interna da caixa onde se encontra o cabo.

Conhecendo-se a voltagem da bateria e a intensidade da corrente, pela lei de Ohm se deduz imediatamente a resistência do circuito e, por conseguinte, do isolador. Quando este é constituído por gutapercha, borracha ou alguma outra substância análoga, o desvio do galvanômetro não é fixo. Quando o cabo é comprido, no momento de fechar o circuito o galvanômetro experimenta uma brusca sacudidela, o que deve ser evitado.

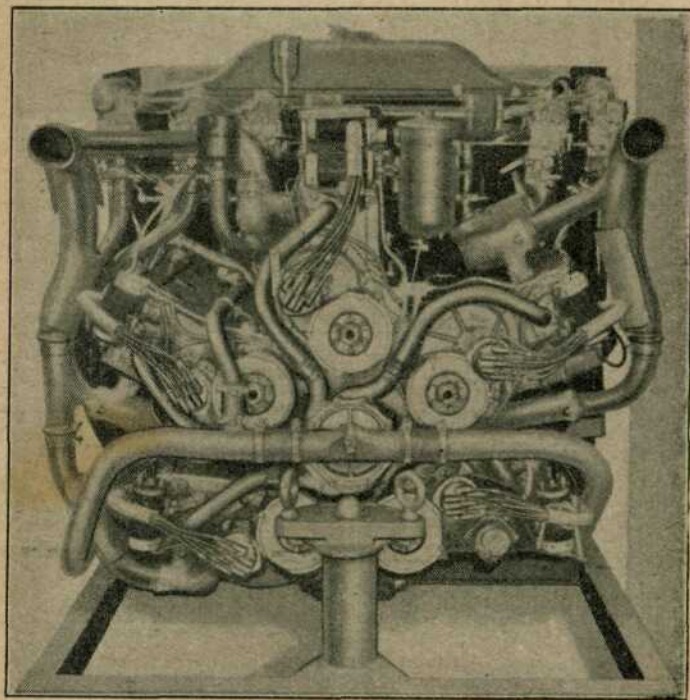
O desvio progressivo do galvanômetro indica que a resistência do isolador aumenta com o tempo. Define-se geralmente a resistência do material empregado pela resistência expressa em *megahows* por unidade de comprimento, um minuto depois de fechar o circuito. Na maioria dos dielétricos diminui-se a resistência ao aumentar a temperatura, razão pela qual é preciso consignar a temperatura correspondente ao se dar o valor da resistência. Antes de proceder a determinação da resistência, é preciso submergir o cabo por espaço de 24 horas na água.

Uma teia de aranha sobre o mundo.

Já tentaram pensar nos fios elétricos que recobrem a face da terra? Quantos milhões de fios estão espalhados pelo mundo, levando energia para movimentar fábricas, estaleiros, usinas, luz e sons?

Segundo estatísticas de 1940, ao longo dos fios estendidos pela terra viajam anualmente vinte e quatro milhões por mês, ou 97 milhões por dia de mensagens telefônicas. Neste momento há pelo menos 100 000 telefonemas em curso. Os fios não servem somente para transmitirmos conversas telefônicas. Por êles transmitimos também fotografias, pelo telefoto, programas de rádio e mensagens pelo

telétipo. Com êle se constroem as válvulas dos rádios, as velas e os magnetos dos motores de explosão, as máquinas elétricas dos submarinos e os fios que conduzem energia para os trens elétricos e luz para nossa casa.

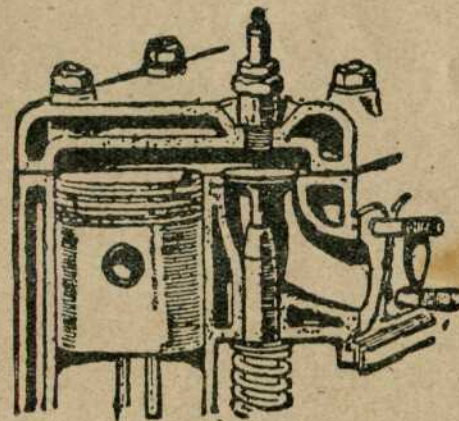


Êste poderoso motor de um tanque demonstra como, para seu funcionamento, são necessários os fios.

Motores a explosão.

Os principais combustíveis utilizados para os motores de explosão são: a gasolina, o benzol, o óleo diesel, o gás de iluminação e o gás pobre, extraído do carvão vegetal, muito conhecido nestes últimos tempos no Brasil por seu vasto emprêgo.

Nos motores a explosão utiliza-se como fonte de calor a combustão de misturas detonantes, formadas de ar e de gás, nesse caso, da gasolina. Sabe-se



Colocação da vela no motor.

que o carburador alimenta o motor, mas é a vela que fornece a faísca elétrica que inflama a mistura. Os produtos da explosão, ocasionada pela centelha, possuem uma temperatura e uma pressão elevada.

O motor também não arranca sozinho. Para isto é necessário a "partida" movida pela eletricidade do acumulador. O motor de explosão é usado nos automóveis, nos tanques, nos caminhões e nos aviões, para citarmos apenas exemplos cotidianos.

Válvulas eletrônicas.

Os fios também são usados nas válvulas eletrônicas — o maior engenho que o homem produziu neste século. Todos nós as conhecemos bem. São empregadas desde o rádio até na indústria. O contraste entre o fio e a válvula eletrônica é sumamente interessante: — pela primeira vez o homem conseguiu produzir energia e libertá-la da tirania do fio. O movimento da água no encanamento é o movimento combinado de muitas gotas, assim também o fluxo de eletricidade num condutor é o movimento combinado de um caudal de eletrons — a partícula negativa do átomo. Cada eletron conduz uma carga infinitesimal de eletricidade. Enquanto os eletrons permanecem presos ao fio, o seu controle é limitado. Mas se eles forem libertados do fio sob condições controláveis, tal como existem dentro de um bulbo fechado de vidro ou de metal, sua utilização pode ser grandemente aumentada. Toda válvula eletrônica tem quatro par-

tes básicas: o catódio, que emite eletrons; o anódio, que recebe eletrons; a grade que controla a corrente que atravessa a válvula; o envólucro de vidro ou de metal; terminais para a válvula ligar ao circuito. Este é o modelo de uma válvula a vácuo. Mas há outra válvula cheia de gás. Se bem que completamente diferentes, são essenciais e se completam, pois cada uma possui características que faltam na outra ou lhes são superiores. As válvulas cheias de gás são necessárias quando se tem de controlar grandes quantidade de corrente, tal como na solda por meio de resistência. As válvulas de alto vácuo são necessário quando exigem um controle contínuo de corrente relativamente fracas.

* * *

E assim se completou a missão dos fios no mundo.

Talvez, no futuro, sejam abolidos. Temos, agora, as válvulas eletrônicas que nos permitem transportar energia no espaço sem necessidade de um intermediário material, como no caso do rádio. Pouco a pouco, o telefone também estará usando o mesmo meio. E a iluminação? Tesla, e depois Marconi, já deram uma demonstração prática de que também esse meio poderá ser usado, no futuro. Mas, o caso se complica no tocante aos transportes que usam a

eletricidade, conduzida diretamente por fios como o trem e o bonde. Talvez lá pelo ano 2 000 se consiga resolver o problema de maneira engenhosa: uma estação fixa em terra distribuirá a energia pelo espaço e esta será apanhada pelo trem ou bonde em movimento, sem necessidade de fio, apenas com uma antena.

Mas, seja como fôr, os fios não estarão divorciados desses novos progressos.

* Compôsto e Impresso na *
LINOGRÁFICA
Rua Almirante Barroso, 478
* **São Paulo** *