

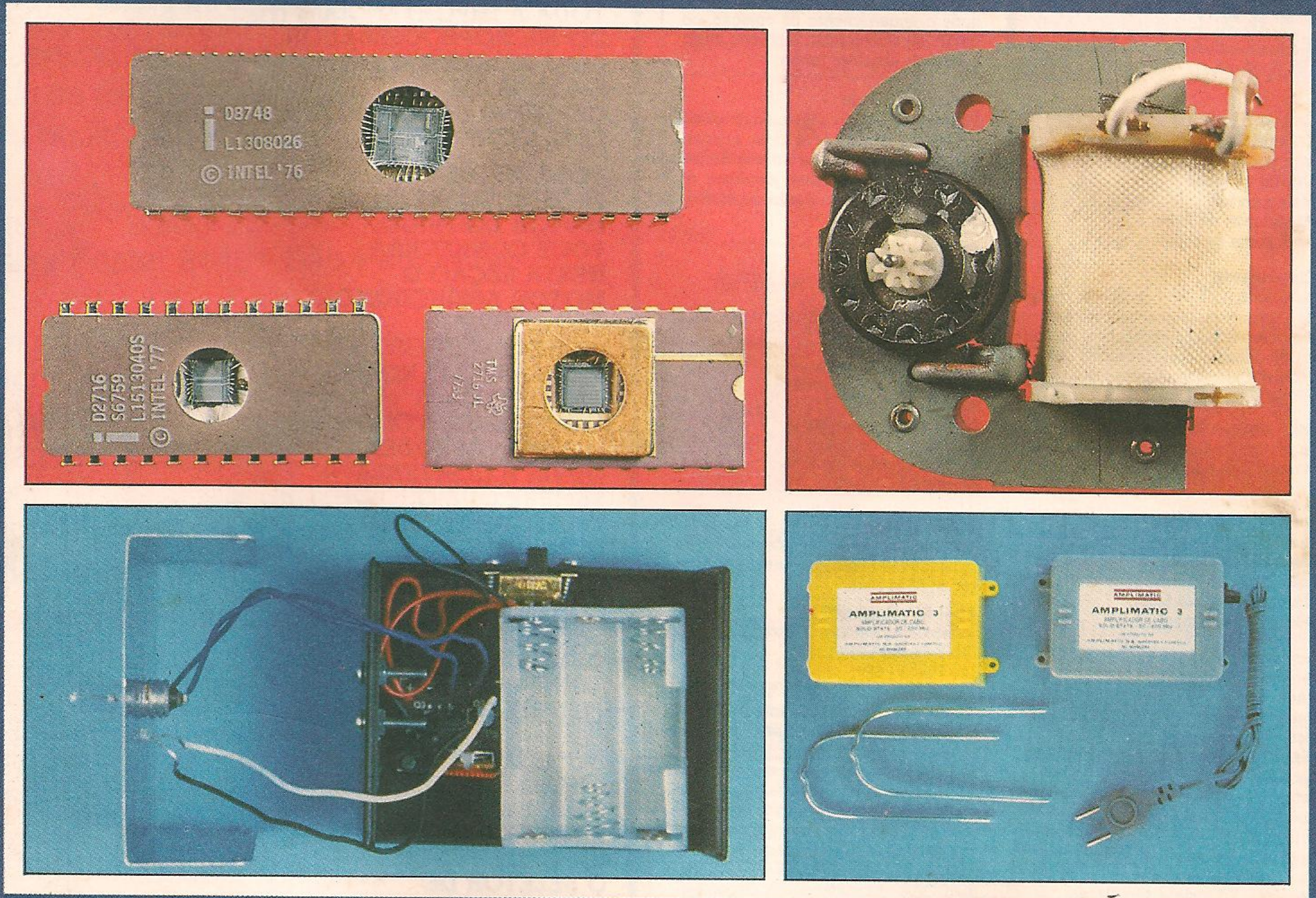
# ELETRÔNICA

25

PASSO A PASSO

Cr\$ 3.000

Abril Cultural



COMPONENTES

○ MICROPROCESSADOR  
○ MOTOR ELÉTRICO

MONTAGEM

SISTEMA DE RECEPÇÃO DE SINAIS DE TV  
VELA MÁGICA



Promoção válida somente no território brasileiro

# O MICROPROCESSADOR (2)

Depois de estudar a estrutura completa de um microcomputador, analisaremos agora o funcionamento de um microprocessador.

A Unidade Central de Processamento (UCP) exerce as funções básicas de controle e processamento de dados num sistema de computação. Nos microprocessadores monolíticos, a UCP é colocada num único CI. Nos microprocessadores por segmentação de bits (**bit-slice**, em inglês), a UCP é dividida por conjuntos de bits (por exemplo, 4) que formam um segmento da UCP total. Dessa maneira, para formar uma UCP de 32 bits são necessários 8 CIs contendo UCPs segmentadas em 4 bits ( $4 \cdot 8 = 32$ ).

A função da UCP é controlar o funcionamento das outras unidades do sistema, através de sua unidade de controle, e analisar e operar os dados para obtenção dos resultados, através de sua Unidade Lógica Aritmética (ULA).

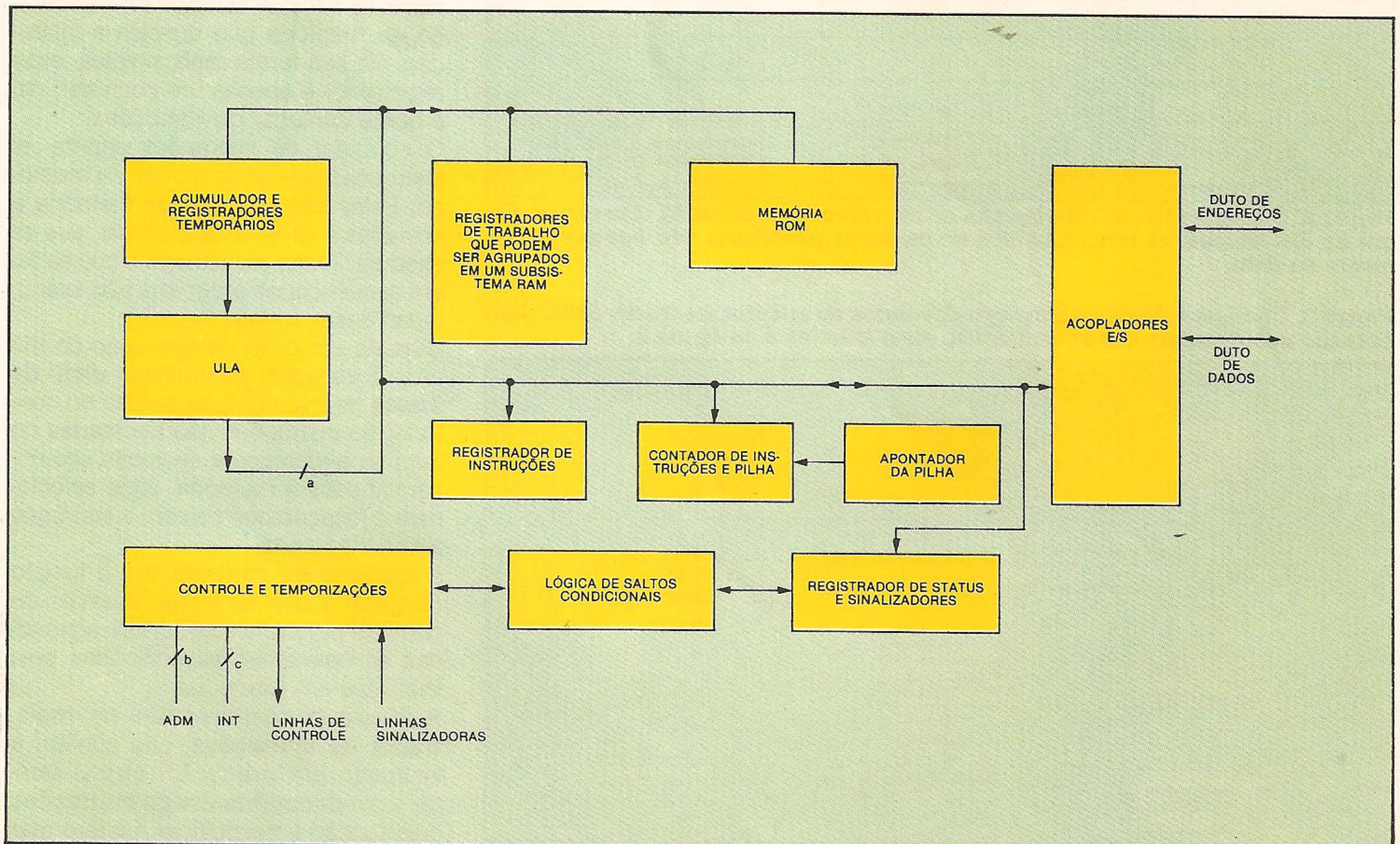
Estes resultados são obtidos por meio de uma série de procedimentos estabelecidos por um programa.

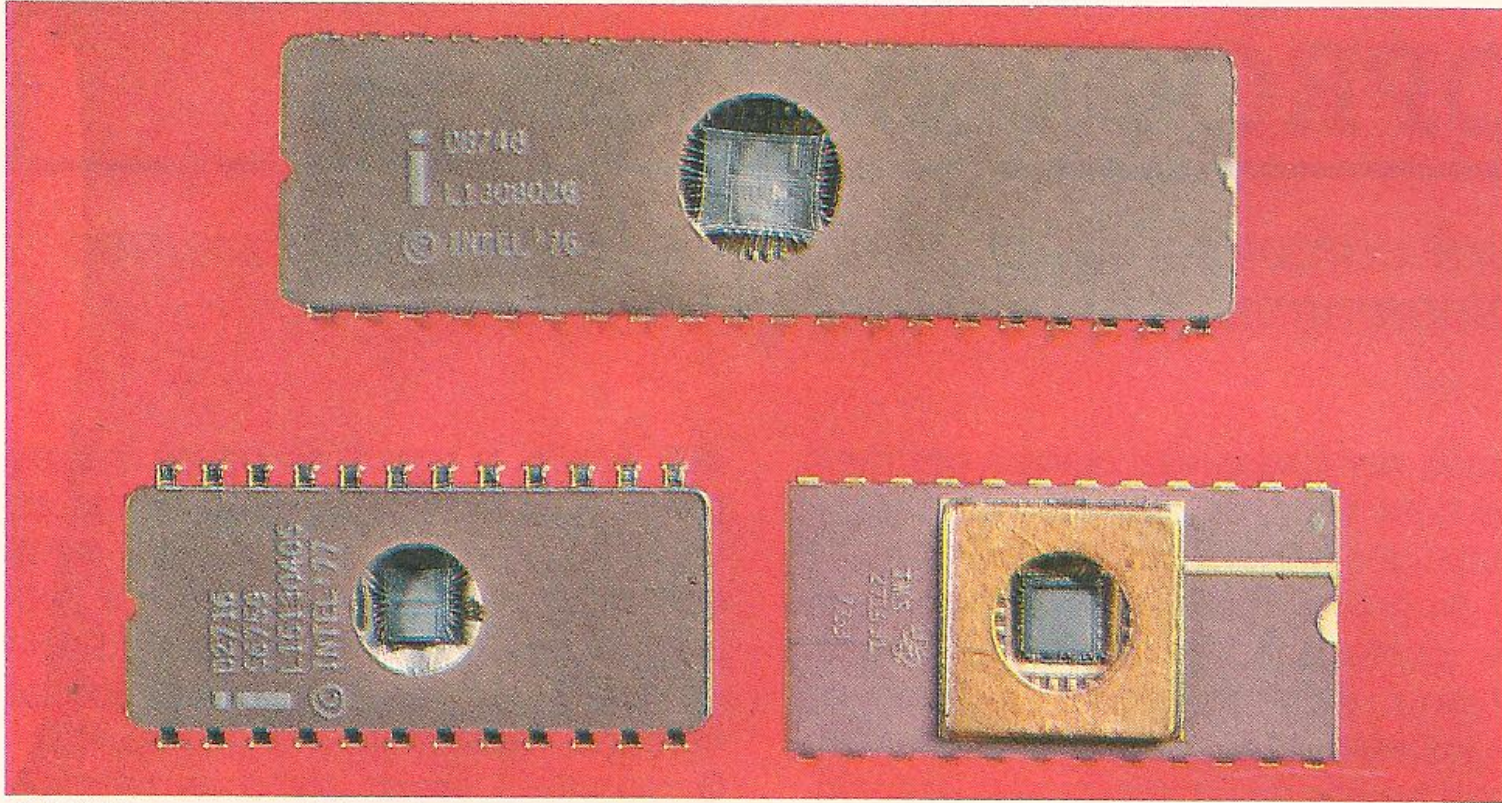
O programa institui, portanto, a série de operações predeterminadas que, atuando sobre os dados, produzem os resultados.

Para operar de um modo bem definido, a UCP necessita de um conjunto de instruções que ela saiba reconhecer e interpretar para, só então, executar a operação especificada. Cada instrução deve especificar não só a operação a ser executada, mas também os dados que estão envolvidos na operação. O conjunto de instruções deve ser completo, permitindo que a máquina consiga executar as mais variadas funções. O **conjunto ou repertório de instruções** é prefixado ao microprocessa-

dor. Assim, o repertório passa a fazer parte do grupo de características de cada tipo de microprocessador tanto quanto seus parâmetros elétricos (tensão elétrica de alimentação, potência dissipada, etc.) ou mecânicos (tipo de carcaça, resistência a choques, etc.). O repertório, assim como as próprias instruções, fazem parte da arquitetura do microprocessador. Por **arquitetura do microprocessador** entendemos suas características sob o ponto de vista do usuário final. O repertório fornece as instruções indispensáveis para a execução de determinada função. Com essa finalidade, as instruções são organizadas numa ordem seqüencial de execução, denominada programa. O programa pode ser armazenado numa memória RAM ou numa memória

Figura 1. Subsistemas que normalmente estão presentes em uma UCP de microprocessador monolítico de uso geral.





ACIMA: as memórias do sistema podem ser incorporadas ao interior da cápsula da UCP. É o caso do circuito localizado na área superior.

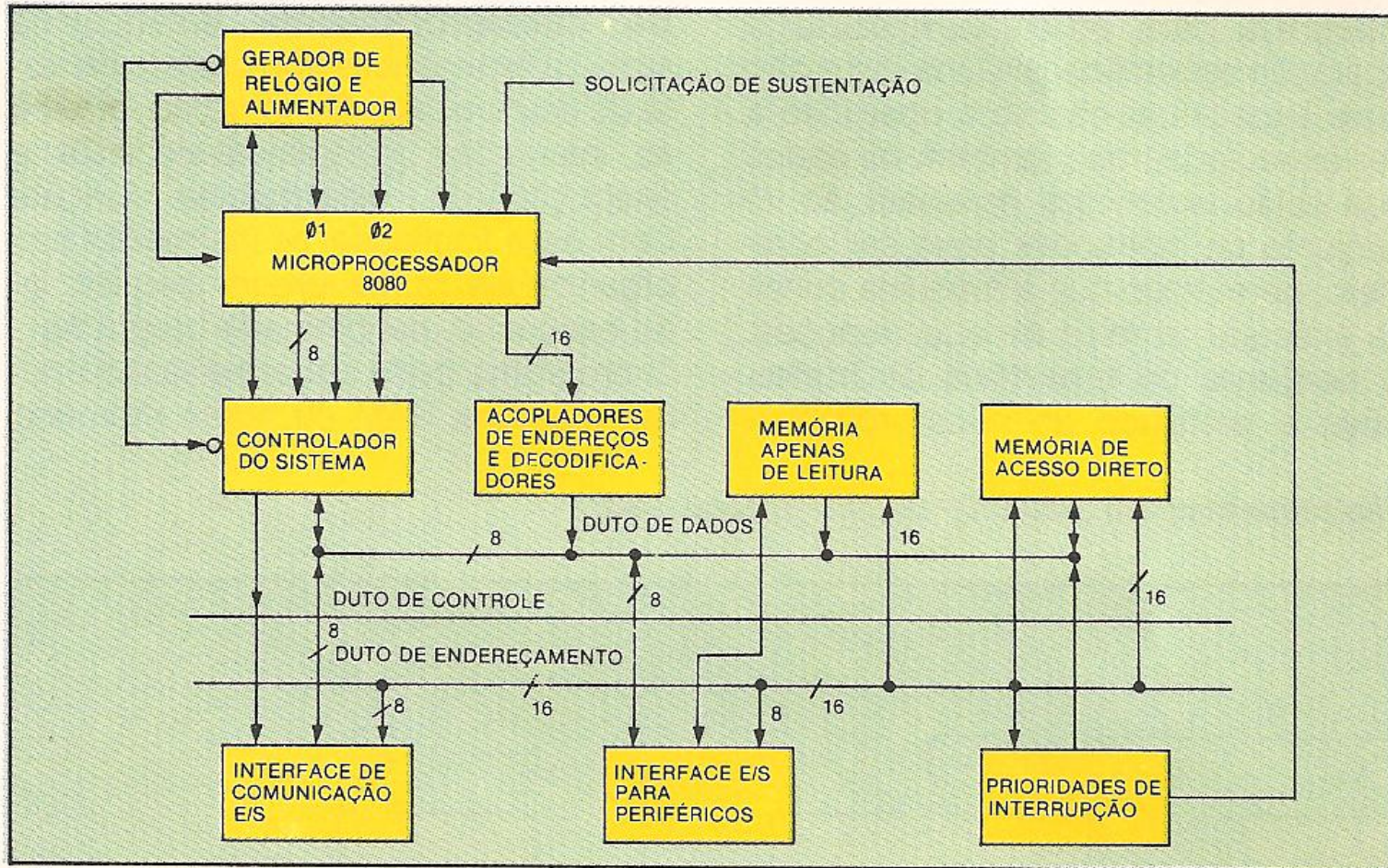
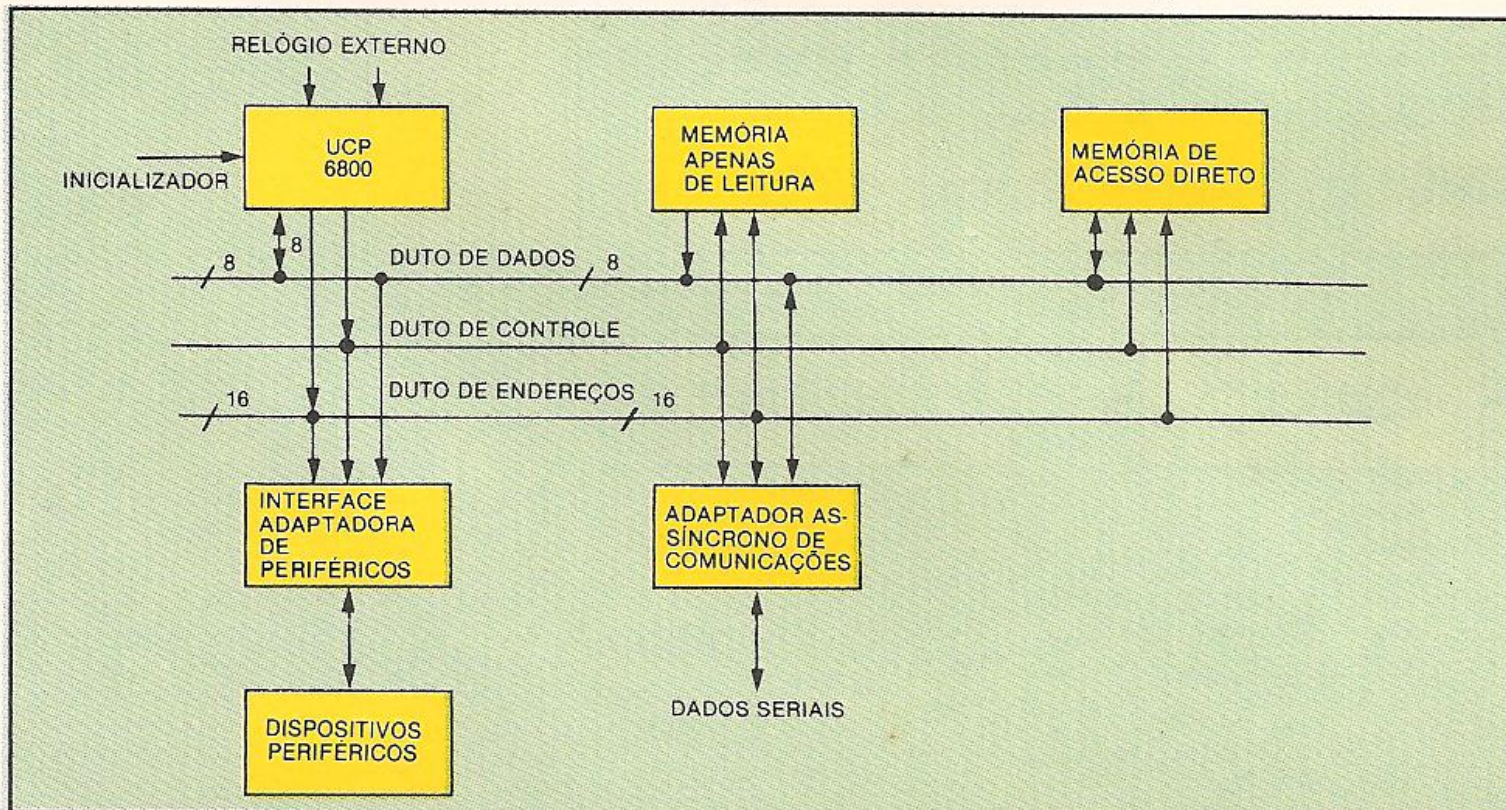


Figura 2. Configuração de interligação do microprocessador 8080. Apesar de dispor de E/S isolada, as interfaces dos dispositivos periféricos são ligadas diretamente ao duto.

Figura 3. Configuração de interligação dos dutos do microprocessador 6800. Com exceção dos detalhes nos subsistemas, ela é idêntica à da figura 2.



ROM. Nessas memórias, as instruções são armazenadas em código binário capaz de ser interpretado pela máquina. Dizemos, então, que o programa está em **linguagem de máquina**.

A linguagem de máquina, porém, não é adequada ao usuário do computador, acostumado aos números decimais e à linguagem comum. Por isso, o programa é inicialmente escrito em **linguagem de alto nível** pelo usuário. Uma vez interpretado no computador, o **programa de alto nível** é traduzido por um ou mais **programas tradutores** para a linguagem de máquina. Só depois dessa tradução é que o programa é executado.

A UCP deve contar com uma série de subsistemas (blocos) para poder executar cada uma das instruções que sucessivamente vai recebendo da memória. As etapas básicas e os principais subsistemas e registradores presentes na UCP são os seguintes:

- contador de programa ou contador de instruções;
- unidade de controle;
- registrador de endereços;
- registrador de dados;
- Unidade Lógica Aritmética.

O **contador de programa** ou **contador de instruções** tem a função de fornecer os bits que selecionam o endereço de memória que contém a instrução. Na sua forma mais simples, esse registrador é apenas um contador; daí o nome contador de instruções.

O contador de instruções aponta as instruções uma após a outra na memória. Estas são retiradas da memória e enviadas à unidade de controle, que as executa. Todas as instruções que estão em seqüência no programa são executadas dessa forma.

Durante um ciclo de operação do microprocessador, denominado **ciclo de busca** de instrução, as saídas do contador de instruções são conectadas no duto de endereços e seus bits são encaminhados à memória, onde selecionam a locação que contém a instrução a ser executada.

A **unidade de controle** tem a função de gerar todas as linhas e sinais de controle para que sejam realizadas todas as operações especificadas pela instrução em execução.

A unidade de controle possui um **registrador de instruções**, que contém a instrução em execução. Possui também um **decodificador de instruções** cuja função é decodificar e interpretar

a instrução contida no registrador de instruções e, assim, possibilitar sua execução.

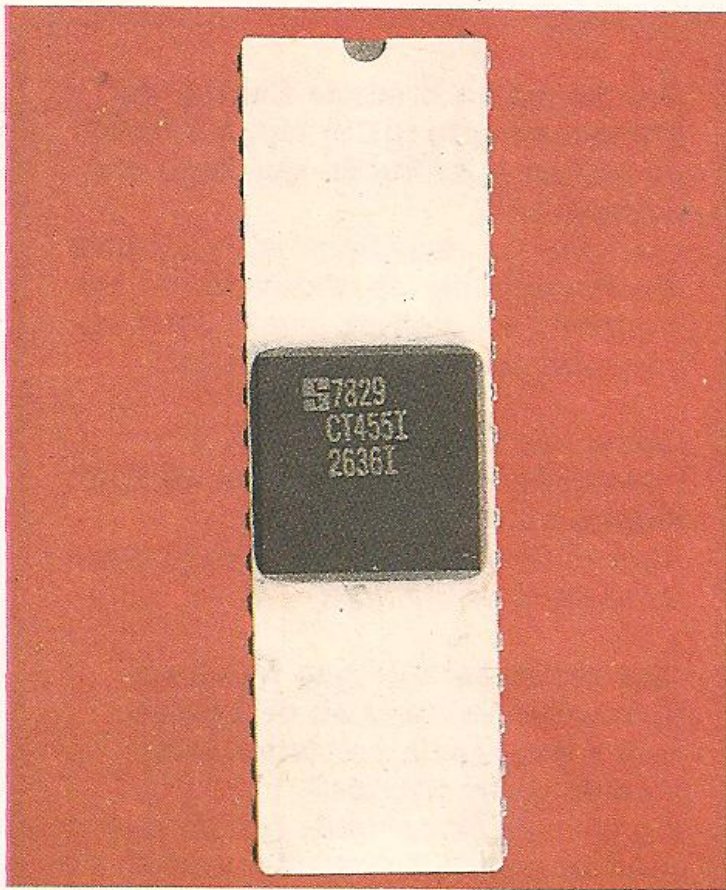
Na unidade de controle, além de um conjunto de portas lógicas, existe um sistema de temporização que especifica quando uma variável de controle deve ter o valor digital 1 ou quando deve ter o valor 0. Assim, o sistema de temporização assegura que todas as operações se realizem no instante correto. O conjunto de linhas das variáveis de

controle, geradas pela unidade de controle, é chamado de duto de controle. Essas linhas irão controlar a maior parte dos subsistemas do microprocessador. Em síntese, a unidade de controle tem a capacidade de interpretar qualquer instrução pertencente ao repertório de instruções da máquina e gerar, então, todos os comandos para a realização das operações especificadas. O **registrador de endereços** situa-se junto à memória e armazena tempora-

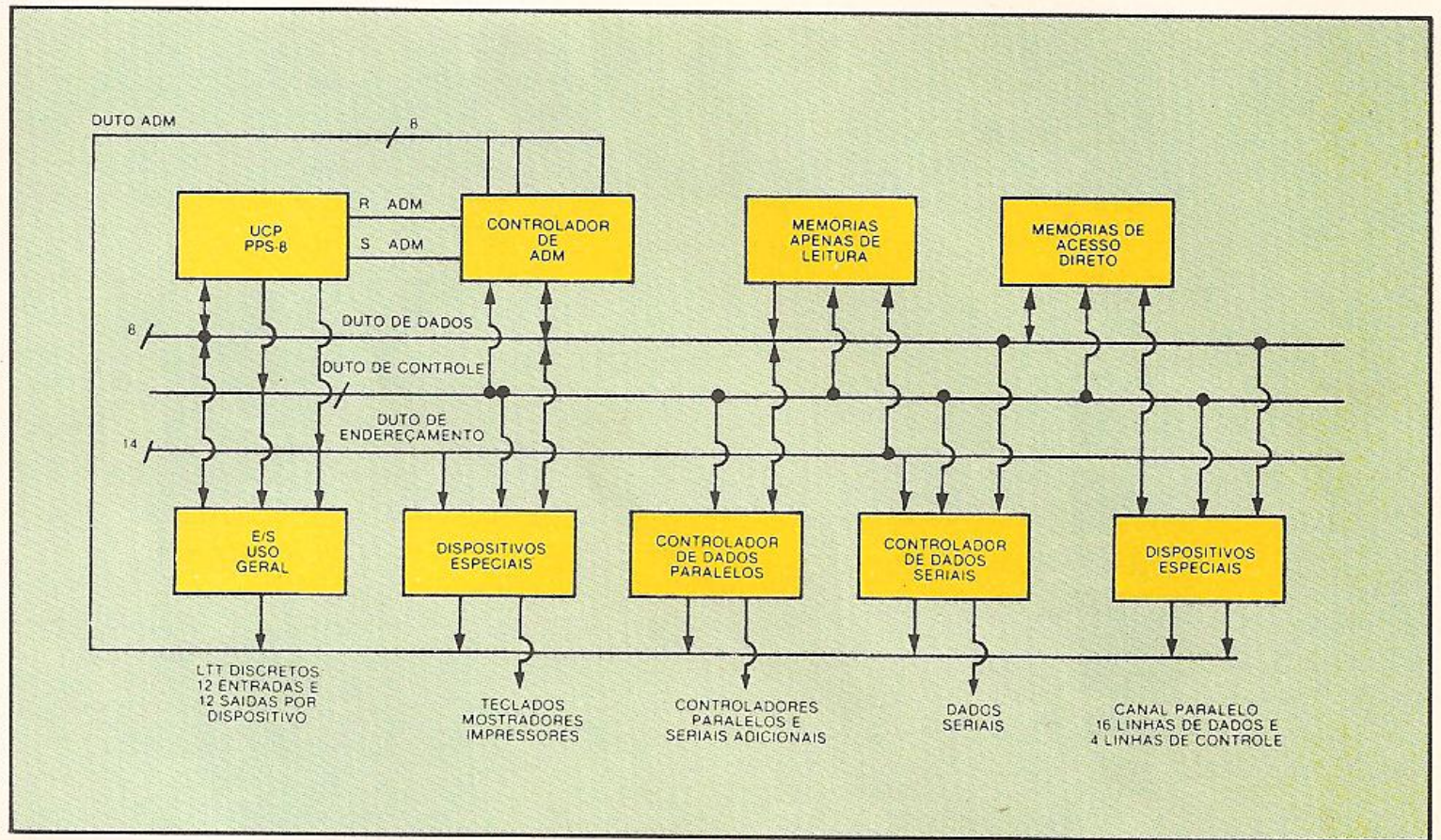
riamente ou o endereço da instrução a ser executada (que deve ser retirada da memória) ou o endereço onde se encontra um dos dados a serem operados pela UCP (o outro dado está no acumulador).

Esse registrador é alimentado pelo duto de endereços, se está próximo da memória, ou então o alimenta, se está distante.

O tempo que os endereços permanecem ativos é o tempo necessário para

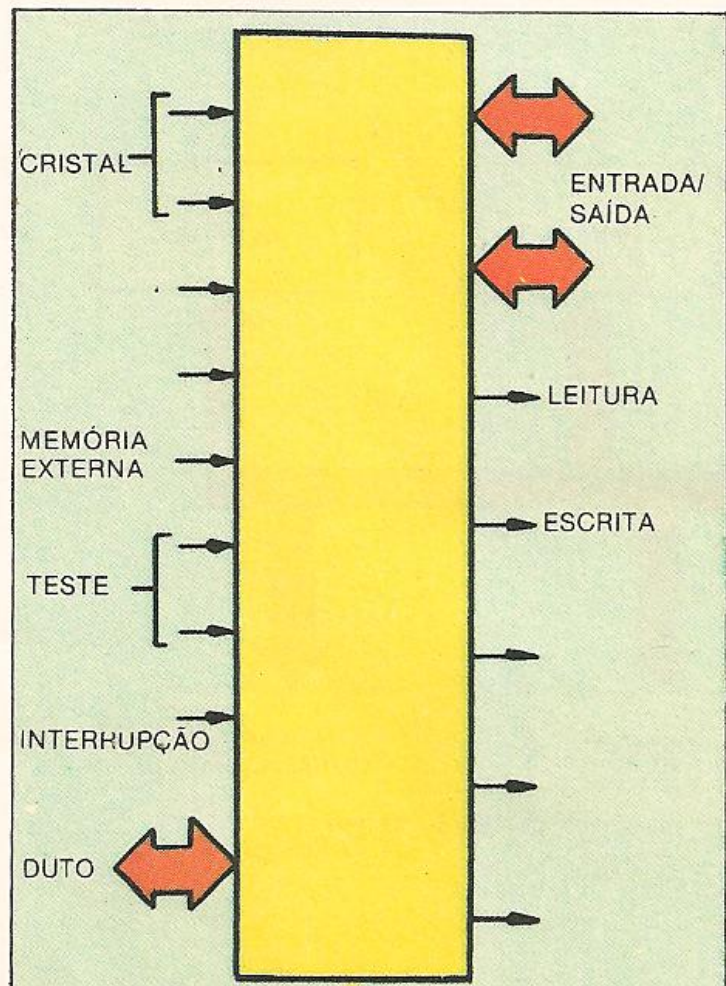


**ACIMA:** sistema de microprocessador com circuito especialmente projetado para vídeo-jogos.

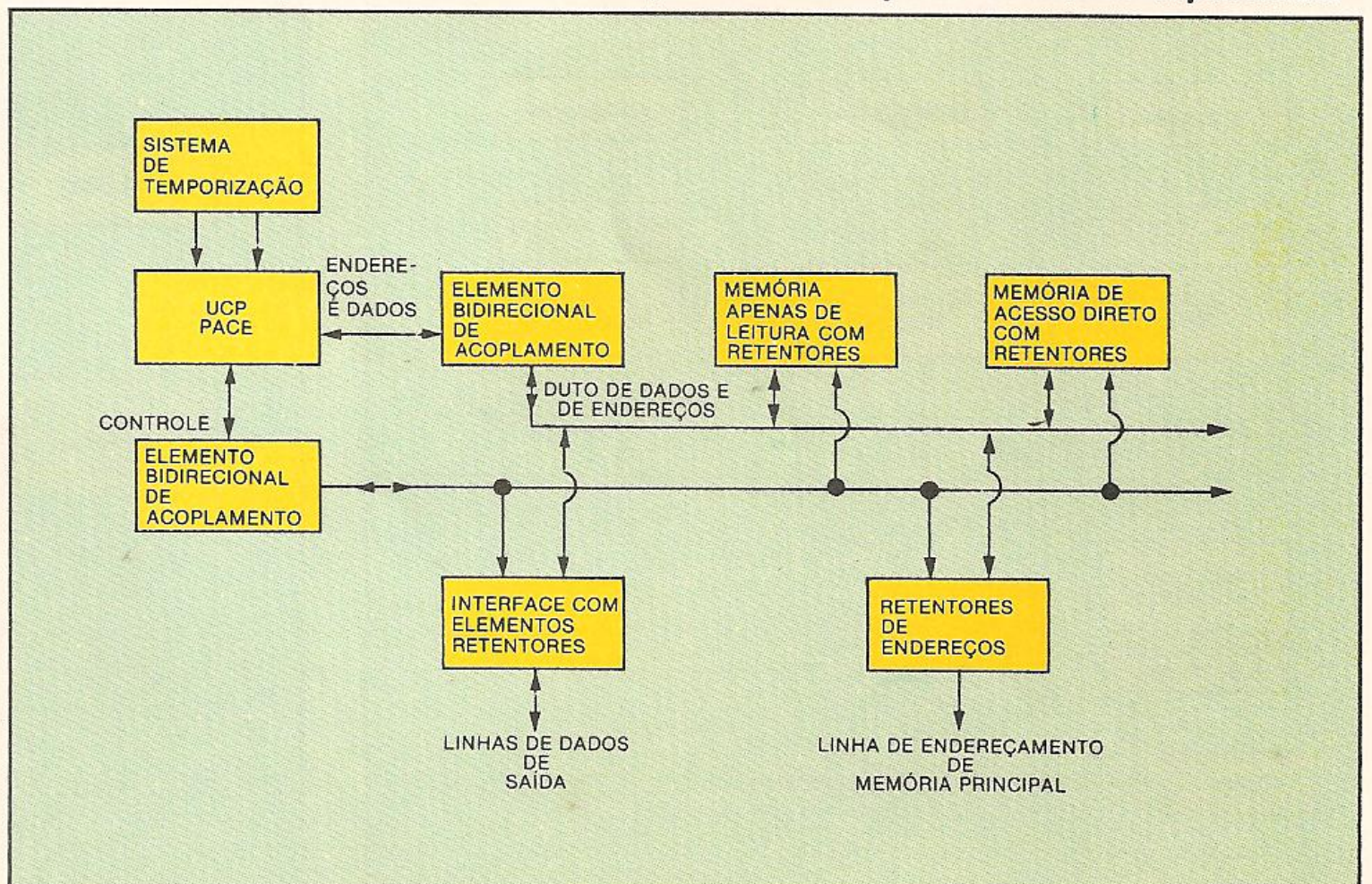


**Figura 4.** Organização de dutos do PPS-8, bastante semelhante ao anterior.

**ABAIXO:** símbolo lógico utilizado para representar um microprocessador.



**Figura 5.** Organização de dutos na UCP PACE. Aqui temos a particularidade onde os dutos de endereços e dados coincidem, sendo os respectivos bits multiplexados.



a localização e seleção da informação desejada na memória e a sua colocação no duto de dados.

O **registrador de dados** é um registrador temporário que recebe os dados enviados pela memória. Esses dados, por sua vez, foram selecionados ou endereçados pela instrução.

A **Unidade Lógica Aritmética (ULA)** é a seção encarregada de realizar todas as operações com os dados recebidos, interpretando os comandos enviados

pela unidade de controle através do duto de controle.

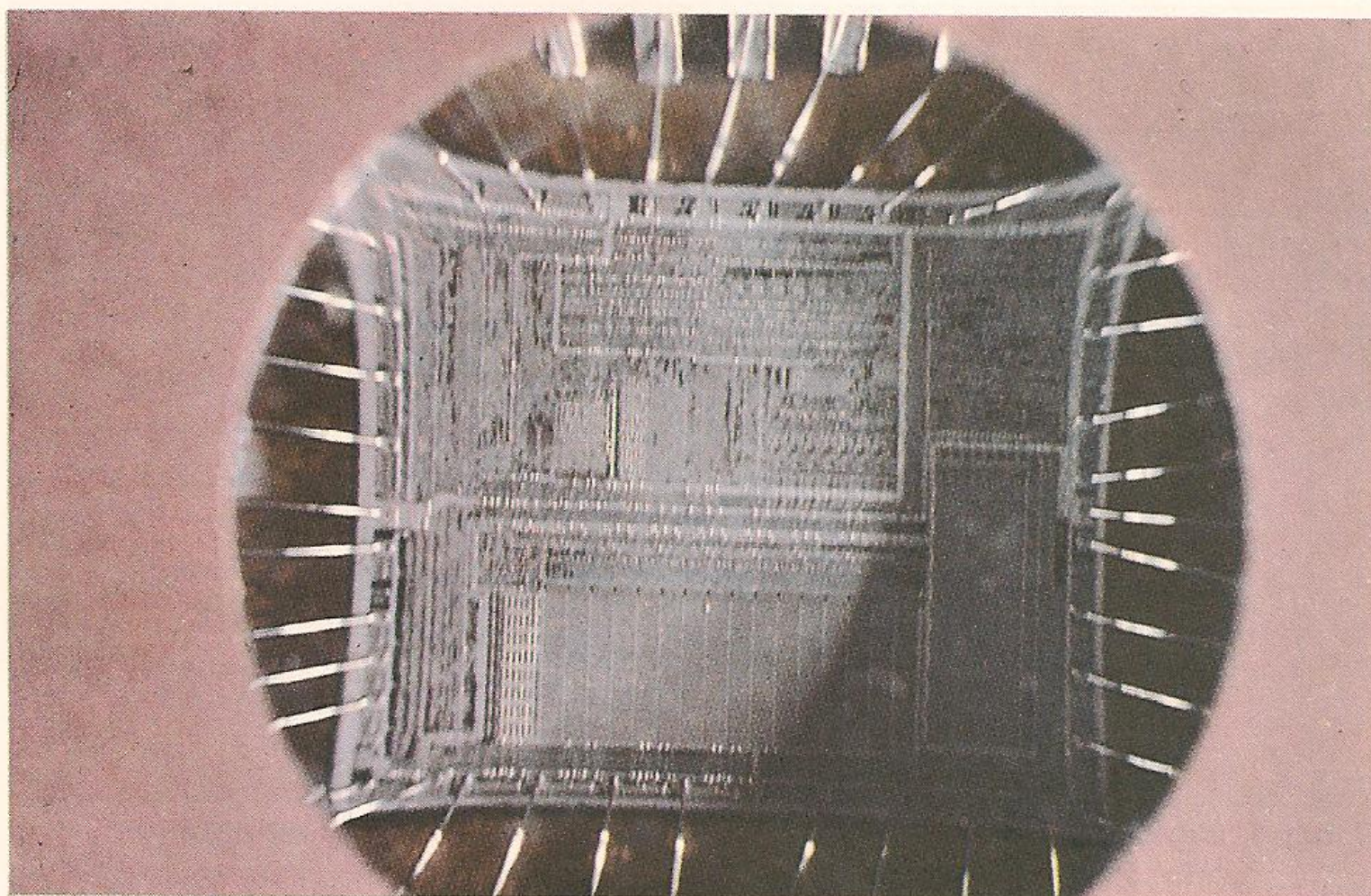
A ULA é constituída de um somador/subtrator e de um registrador transitório de dados denominado acumulador. O acumulador armazena um dos dados que participam da operação e, após a sua realização, armazena também o resultado.

Esse registrador transitório pode realizar deslocamento dos dados à direita e à esquerda.

As ULAs mais sofisticadas costumam ter mais de um acumulador e, em alguns casos, podem incorporar circuitos multiplicadores e divisores.

Uma UCP monolítica é associada a diversos subsistemas, para formar um microcomputador.

Nas figuras mostradas neste capítulo, vêem-se as configurações mais comuns usadas com os microprocessadores 8080, 6800, PPS-8, UCP PACE e 3850, todos de 8 bits.



**ACIMA:** aspecto da estrutura interna de um microprocessador monolítico. São vistos o substrato e os fios de interconexão.

**Que seção da Unidade Central de Processamento (UCP) tem a função de indicar a instrução que deve ser processada?**

É o contador de instruções, que indica seqüencialmente os endereços da memória, nos quais se encontram as instruções que devem ser executadas.

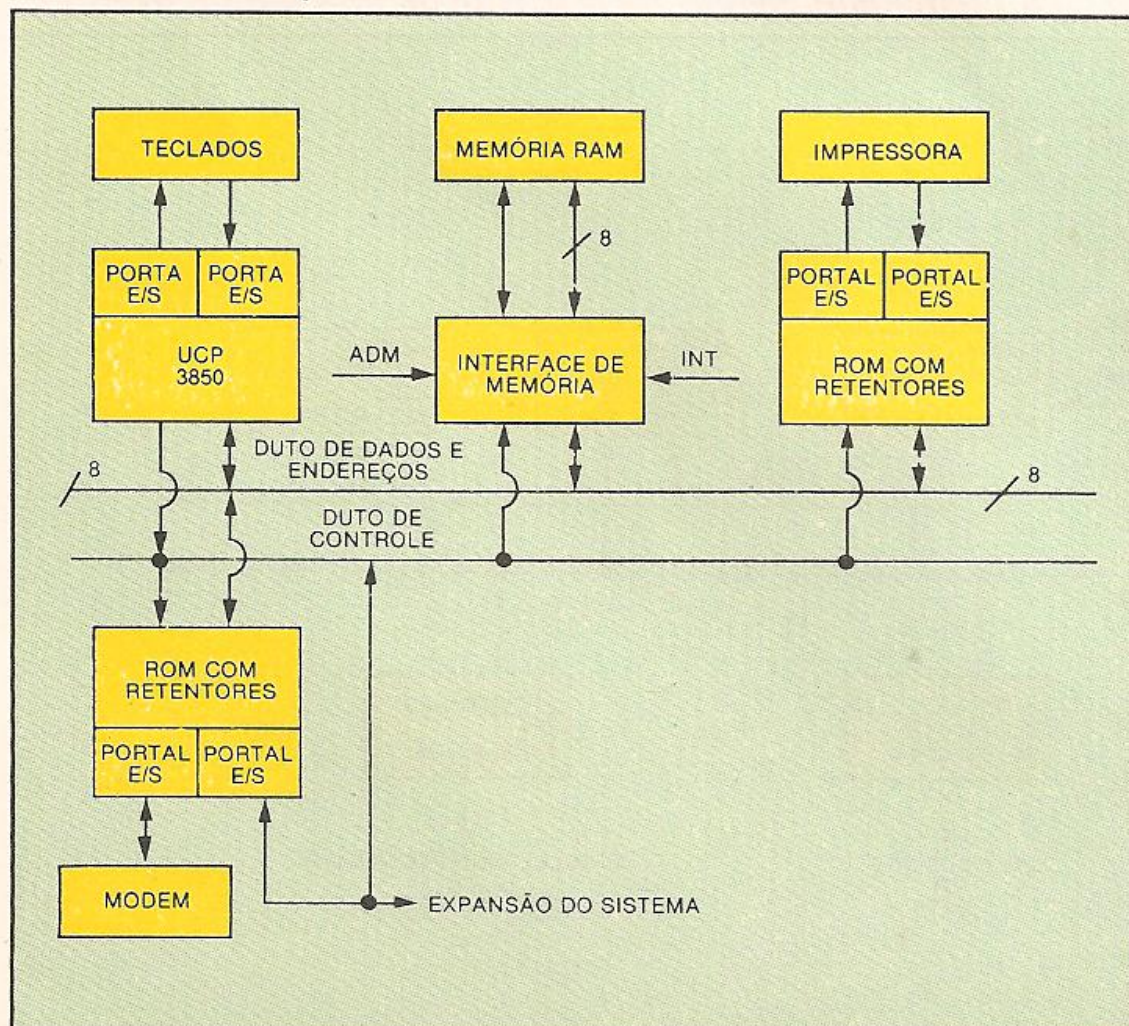
**Como são interpretadas as instruções armazenadas em código binário na memória?**

Através do decodificador de instruções da unidade de controle.

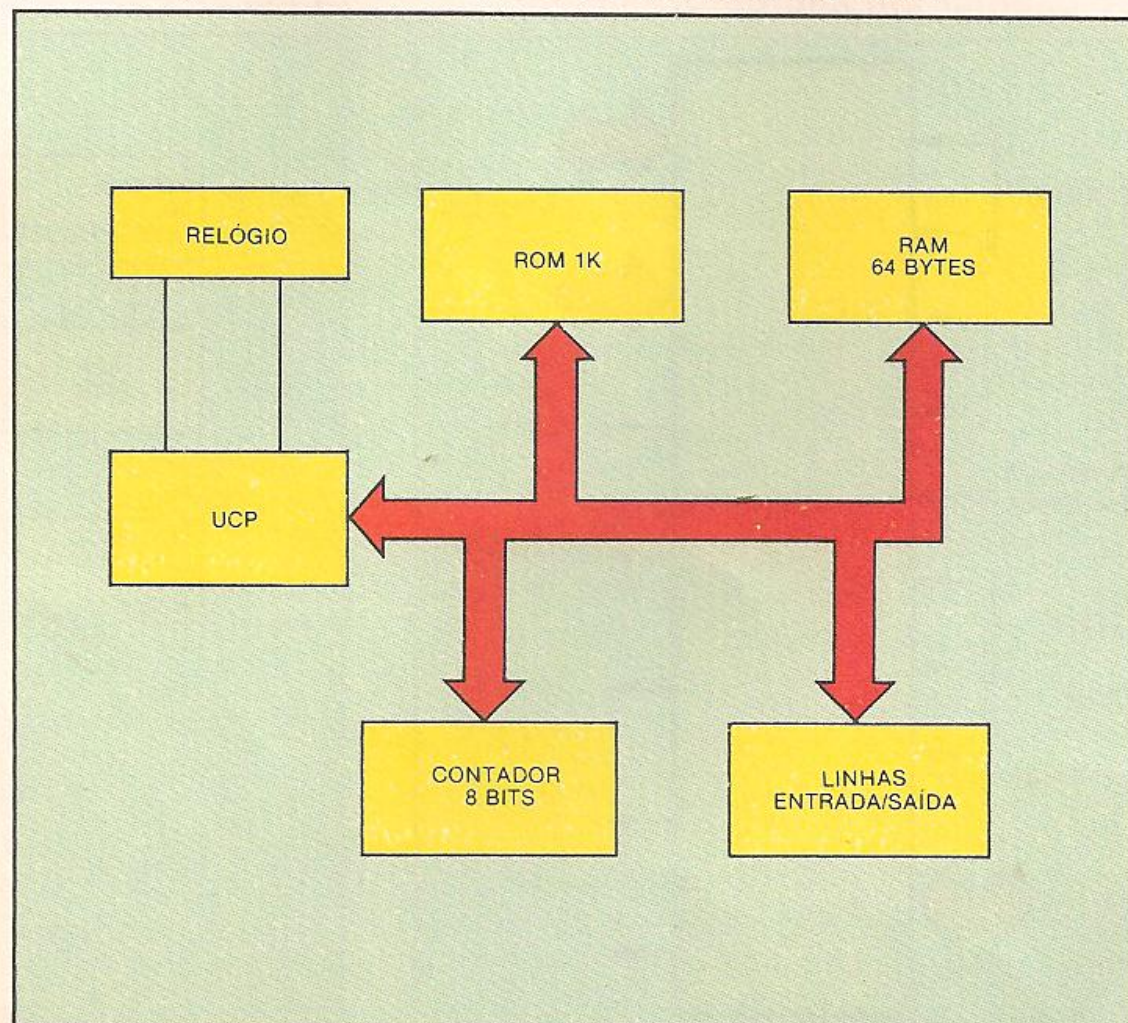
**Que seção garante que todas as operações se realizem de acordo com a seqüência prevista e nos momentos oportunos?**

É a unidade de controle, que gera uma série de sinais, coordenados através do duto de controle.

**Figura 6.** Estrutura de dutos de UCP F-8 ou 3850. Os portais E/S foram incorporados à UCP e ao subsistema ROM.



**ABAIXO:** diagrama em blocos do microcontrolador 8048, que incorpora todo o sistema na mesma cápsula.



# O MOTOR ELÉTRICO (1)

*Transformar a energia elétrica em energia mecânica: esta é a função principal do motor elétrico, que descreveremos neste e nos próximos capítulos. Aqui, conheça os diferentes tipos de motor e seu funcionamento.*

O motor elétrico é um componente indispensável em um grande número de equipamentos eletroeletrônicos.

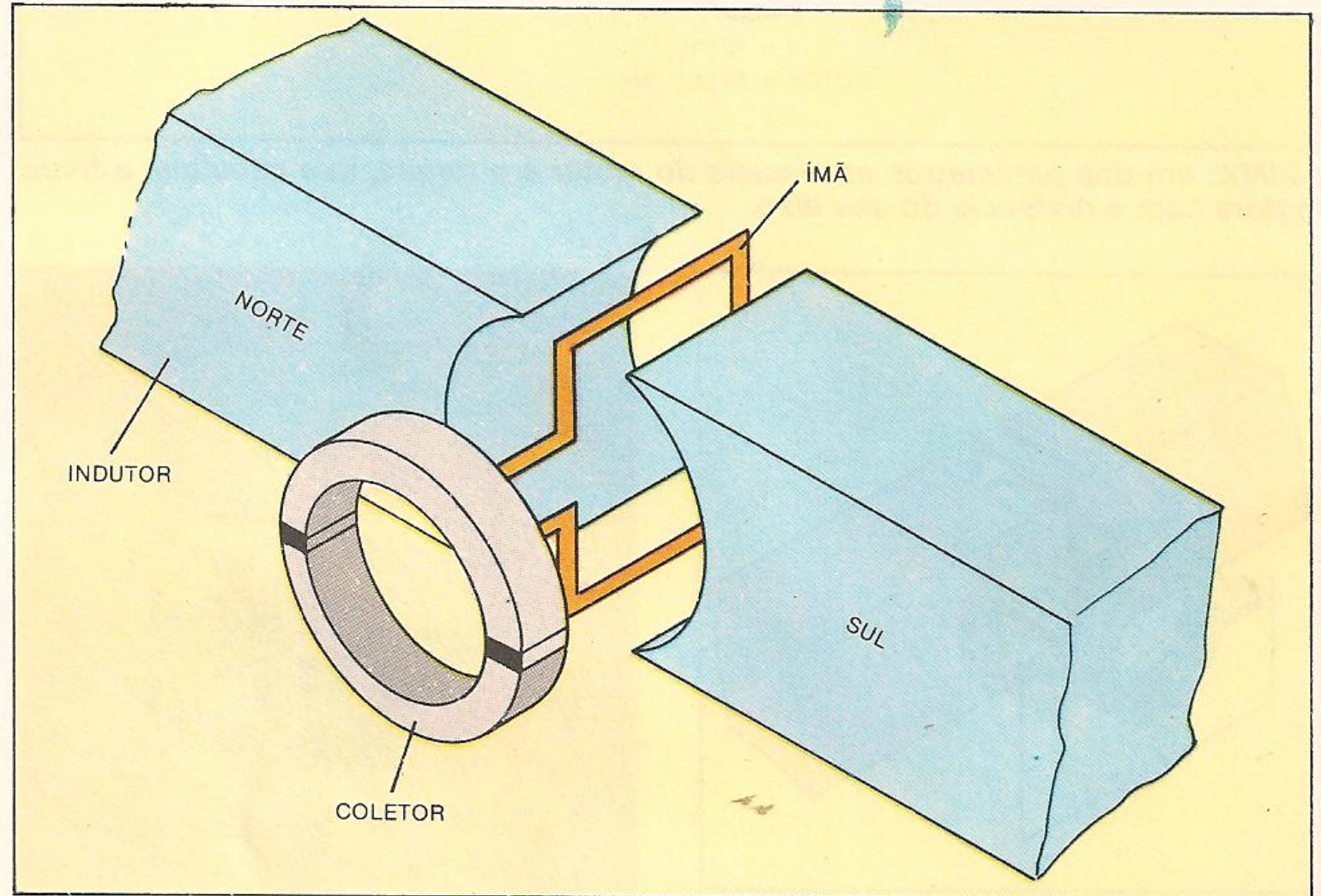
A função básica de um motor elétrico é transformar a energia elétrica de alimentação do equipamento em trabalho mecânico. O motor elétrico é utilizado para colocar em movimento os mais variados mecanismos do aparelho ao qual está ligado mecanicamente.

O funcionamento de um motor baseia-se nas propriedades do eletromagnetismo da corrente elétrica e na possibilidade de criar, a partir desses campos, forças de atração e repulsão. Essas forças, agindo sobre um eixo rotor, produzem um movimento rotatório.

A lei básica que orienta a operação do motor elétrico é a Lei de Faraday. Essa lei estabelece que, em qualquer condutor que se move na região de influência de um campo magnético permanente de um ímã, ou então num campo magnético produzido por uma bobina, gera-se uma diferença de potencial entre as suas extremidades. Essa diferença é proporcional à velocidade de deslocamento do condutor e proporcional à intensidade do campo magnético.

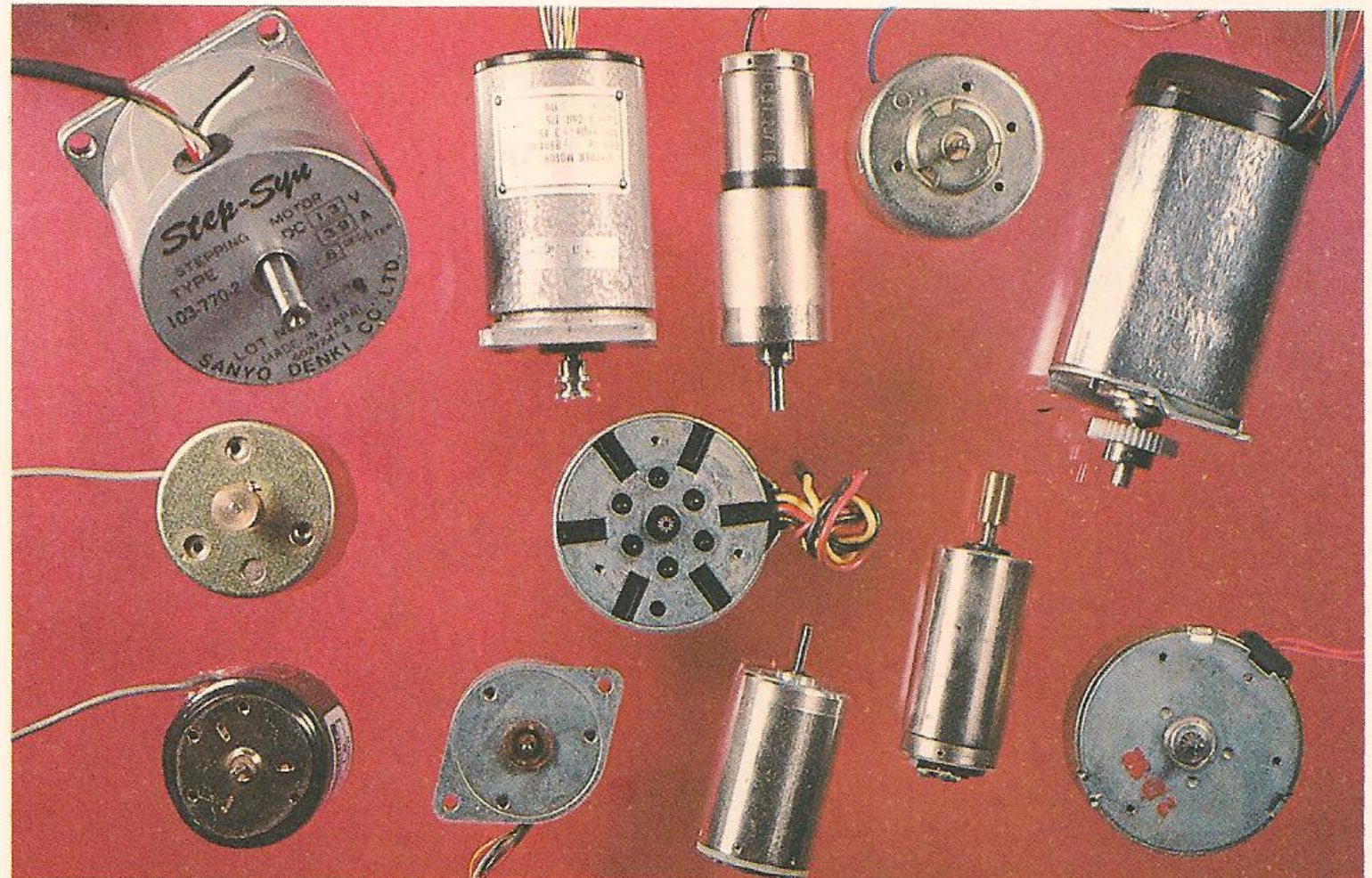
Se, no lugar de um condutor retilíneo, tivermos um anel condutor dentro do campo, com suas extremidades ligadas a um determinado resistor, fazendo-se girar este anel no interior do campo, de modo que o fluxo magnético compreendido pelo mesmo varie (fluxo magnético concatenado), circulará uma corrente elétrica pelo resistor. Essa corrente cessará de circular quando o movimento do anel ou espira também cessar. Nesse caso, temos um exemplo de gerador eletromecânico de energia elétrica ou dínamo.

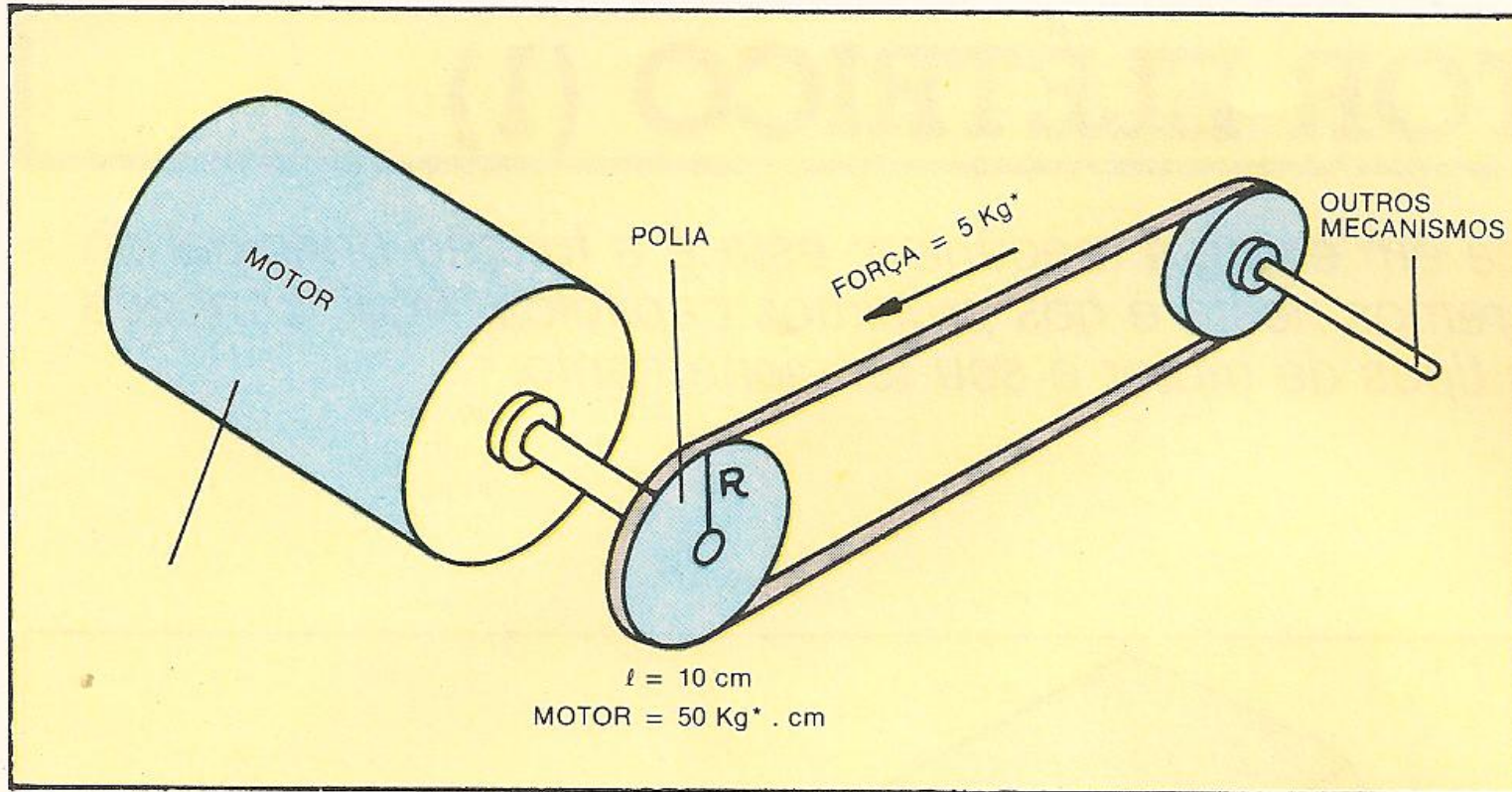
Se aplicarmos na espira uma corrente elétrica que varie no tempo, de modo que o campo produzido reaja com o campo permanente de um ímã, produzindo uma força que provoca a rotação da espira, teremos um motor.



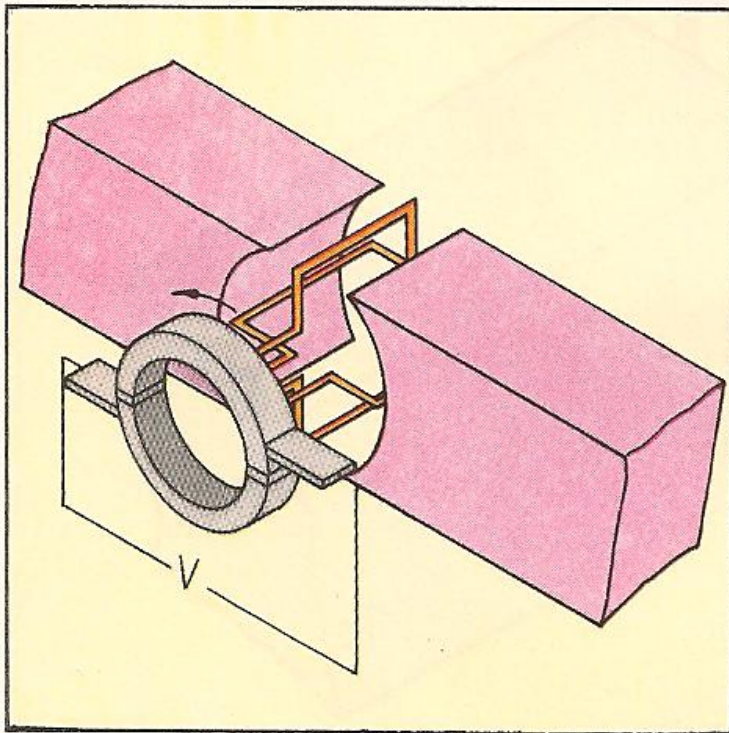
**ACIMA:** estrutura básica de um motor elétrico, constituído por um enrolamento rotatório no interior de um campo magnético.

**ABAIXO:** conjunto de motores elétricos de diversos modelos, normalmente empregados em equipamentos eletrônicos.

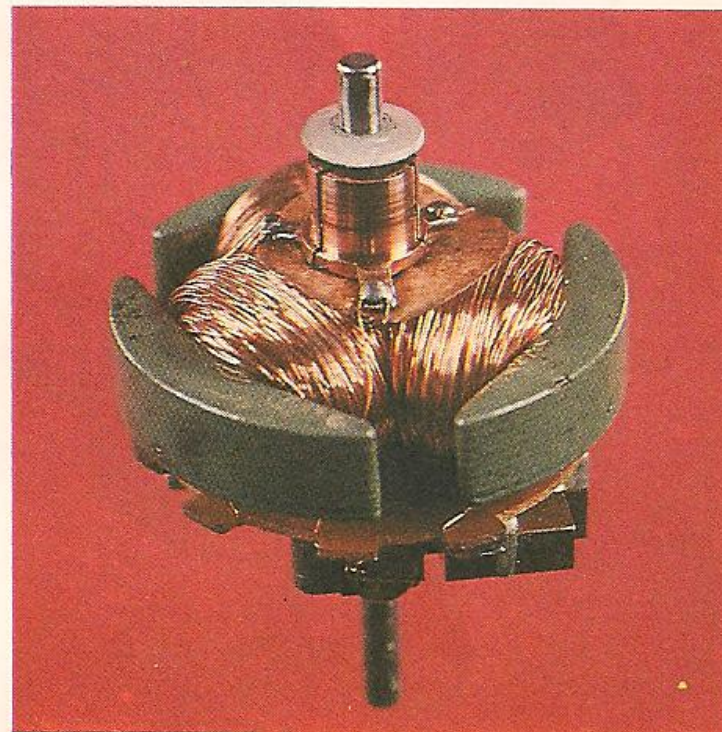




**ACIMA:** um dos parâmetros essenciais do motor é o torque, que relaciona a força motora com a distância do seu eixo.



**ACIMA:** ao receber uma corrente elétrica externa, o enrolamento começa a girar. Observam-se aqui as posições de máximo e de mínimo fluxo magnético.



**ACIMA:** detalhe do induzido ou rotor de um motor de corrente contínua. Na parte superior vê-se o coletor.

**ABAIXO:** motores de corrente contínua. Estes modelos são usados principalmente nos toca-discos.



Em um motor emprega-se um certo número de espiras enroladas em torno de um núcleo magnético. Às vezes, substitui-se o ímã permanente, criador do campo estator, por um eletroímã. Chama-se de rotor as partes giratórias do motor e de estator as partes fixas, principalmente as bobinas, que criam o campo que atua sobre o rotor.

O eletroímã é equivalente ao ímã permanente e produz um campo magnético quando a corrente de excitação é aplicada. O ímã ou eletroímã é também denominado indutor, enquanto o conjunto formado pelas espiras e pelo núcleo móvel recebe o nome de induzido. O sentido da corrente elétrica circulante no induzido é definido pela Lei de Lenz, segundo a qual qualquer variação produzida em um campo magnético cria um efeito no sentido oposto que tende a compensar e anular a causa que a produziu.

Se aplicarmos a Lei de Lenz ao nosso caso, veremos que a corrente induzida no rolamento rotor em curto gera um campo magnético que é oposto ao campo original. Isso produz uma força que tende a girar o rotor, reduzindo e equilibrando a corrente gerada e o campo e, assim, a própria força de torque. Desse modo, é estabelecido um equilíbrio entre as forças de atrito de rotação e a energia que gera o campo de indução. Um gerador, em alguns casos, tem uma estrutura interna igual à de um motor.

Aplicando um movimento mecânico ao rotor, geraremos uma tensão entre os terminais das espiras. Caso coloquemos uma carga entre esses terminais, teremos corrente elétrica. Nesse caso, devido à Lei de Lenz, quanto maior a corrente drenada na carga, maior será o trabalho mecânico para girar o rotor. Se, em vez de extraírmos corrente do induzido, aplicarmos a ele uma tensão externa, haverá circulação de uma certa intensidade de corrente através das espiras. Assim, elas girarão, reagindo com o campo do estator, de modo que se obtenha um motor.

Na operação dos motores, quando a tensão é aplicada inicialmente, com o rotor parado, temos uma solicitação elevada de corrente. À medida que o rotor começa a girar, por efeito da Lei de Lenz, ele vai induzindo uma tensão elétrica nos enrolamentos do motor. Essa tensão ocorre em sentido contrário à tensão externa, que tende a opor-se à passagem da corrente. Com isso,

menos corrente é solicitada pelo motor operando em regime. A tensão induzida pelo rotor nos enrolamentos recebe o nome de força contra-eletromotriz. Geralmente, os motores são caracterizados por três parâmetros que exprimem as suas propriedades:

- velocidade de rotação;
- torque motor;
- estabilidade de rotação.

A **velocidade de rotação** indica o número de rotações por unidade de tempo produzido pelo motor. Ela depende das características construtivas do motor, da tensão de alimentação e, também, da carga mecânica aplicada ao seu eixo. Este último aspecto, porém, não se aplica a um tipo especial de motor, denominado síncrono, que possui grande estabilidade de rotação, independentemente de certos parâmetros de sua carga.

As unidades de medida usuais são a rotação (giro) por minuto (rpm) e a rotação por segundo (rps).

O **torque motor** exprime a força do motor e depende tanto da potência que ele é capaz de desenvolver como da sua velocidade de rotação. O conceito de torque é definido como a força que o motor é capaz de vencer, multiplicada pelo raio do eixo de rotação.

Isso significa que, se o motor move uma polia com um raio de 5 cm, que transmite uma força de 10 kg-força, tem um torque de 50 kg-força-cm. Caso se tenha uma polia com um raio de 10 cm, que exerça a mesma força (10 kg-força), o torque deverá ser de 100 kg-força-cm, ou seja, o dobro em relação ao primeiro. As unidades de medida são normalmente expressas em kg\*cm (quilograma-força por centímetro) ou também em g\*cm (grama-força por centímetro).

A **estabilidade de rotação** de um motor é muito importante, principalmente em equipamentos eletrônicos.

Além dos fatores examinados, há outros, como as condições de acionamento, a potência absorvida e o fator de potência.

É possível estabelecer uma relação matemática entre o torque solicitado ao motor e a potência elétrica absorvida pelo motor, devido à Lei de Lenz. Esta relação é expressa assim:

$$\tau = R \cdot P \text{ (relação 1)}$$

onde  $\tau$  é o trabalho produzido pelo motor, R é o seu rendimento e P é a potência elétrica consumida.

O trabalho é dado por:

$$\tau = 2\pi \cdot l \cdot N \cdot F \text{ (relação 2)}$$

onde  $2\pi = 6,28...$  é a relação entre o raio e o perímetro de uma circunferência,  $l$  é o raio da polia, N é o número de rotações por segundo e F é a força a ser vencida pelo motor.

O torque do motor é dado por:

$$T = l \cdot F \text{ (relação 3)}$$

Considerando as relações 1, 2 e 3, podemos escrever:

$$T = RP/2\pi N$$

Tendo em conta que R é sempre igual ou maior que 0,9 e que N deve ser dividido por 60 (por ser dado em rotações por minuto) e, finalmente, que a força deve ser multiplicada por 9,8 (para ser dada em quilograma-força), obtemos:

$$T = \frac{0,9 \cdot 60}{6,28 \cdot 9,8} \frac{P}{N}$$

ou então:

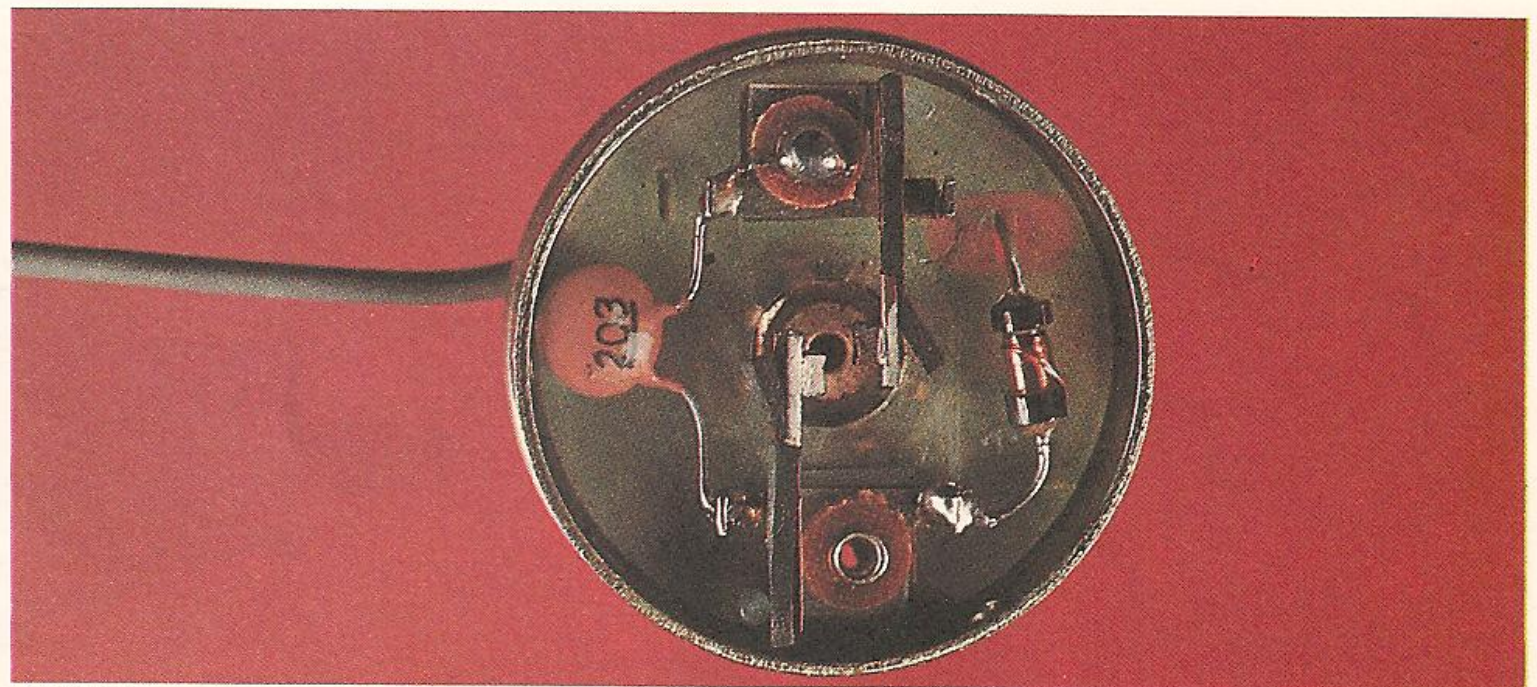
$$T = 0,877 P/N$$

Em função da corrente e da tensão empregadas para a alimentação do motor, os motores podem ser classificados em três grandes grupos:

- motores de corrente contínua;
- motores de corrente alternada;
- motores universais.

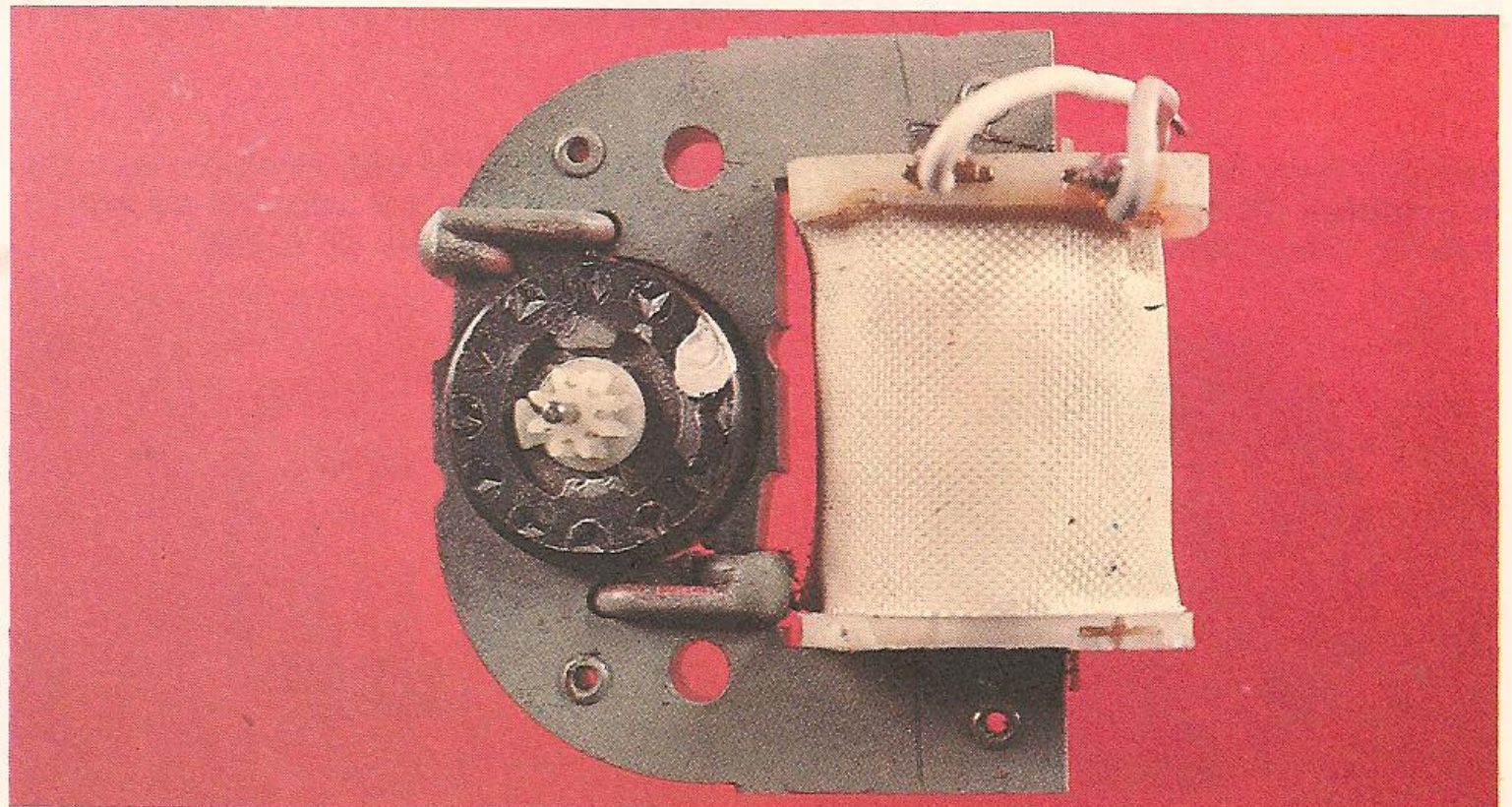
Nos **motores de corrente contínua**, para obter movimento é necessário aplicar corrente contínua ao induzido. O mesmo é feito em relação ao indutor quando se trata de um eletroímã. Nesse caso, a corrente toma o nome de corrente de excitação.

A construção desses motores é feita com um estator, isto é, indutor cilíndrico côncavo (ímã ou eletroímã) que contém um certo número de pares de pólos magnéticos (norte e sul). No seu interior é colocado o rotor, também cilíndrico, em torno do qual se acha o enro-



**ACIMA:** contatos (conhecidos também como escovas) que fornecem ao coletor do motor a tensão e a corrente de funcionamento.

**ABAIXO:** motor de corrente alternada do tipo indução ou assíncrono.





## COMPONENTES

lamento. O eixo do estator é acoplado por meio de engrenagens ou mancais, de modo a permitir a rotação. Ele dispõe de uma superfície de contato montada num coletor, sobre o qual passam os contatos externos ou escovas.

Os **motores de corrente alternada** são alimentados com esse tipo de excitação e há dois tipos com características muito diferenciadas:

- motores assíncronos;
- motores síncronos.

Os **motores assíncronos**, conhecidos também como motores a indução, baseiam o próprio funcionamento no efeito produzido por um campo magnético alternado quando é aplicado a um indutor ou estator.

Neste sistema é necessária apenas a conexão com a alimentação, eliminando o sistema de escovas, indispensável em outros tipos de motores.

Os **motores síncronos** são constituídos por um induzido fixo, formando o

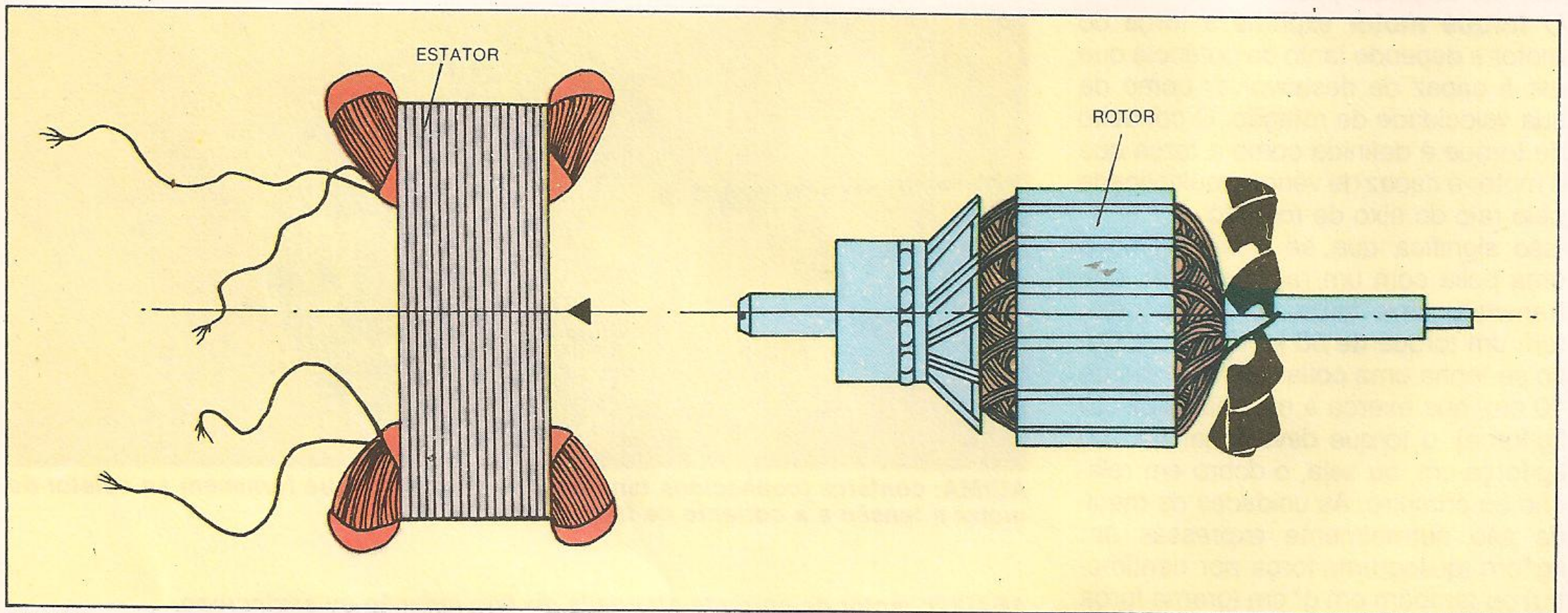
estator no qual se aplica corrente alternada, e por um indutor ou rotor, formado por um ímã ou eletroímã contendo um certo número de pares de pólos magnéticos. O campo variável do estator faz rodar o rotor numa velocidade fixa e com um sincronismo constante, dependente da frequência da tensão alternada aplicada. Por esta razão, esses motores chamam-se síncronos.

Os **motores universais** podem utilizar tanto alimentação de corrente contínua quanto de corrente alternada, sem que suas propriedades sejam alteradas. Baseiam-se no mesmo princípio de construção dos motores alimentados por corrente contínua. Com essa corrente, porém, excita tanto o induzido quanto o indutor, dispondo-os em série no circuito de alimentação.

Agora, analisaremos de que modo se origina o movimento num motor de corrente contínua e quais são as diversas partes que o compõem.

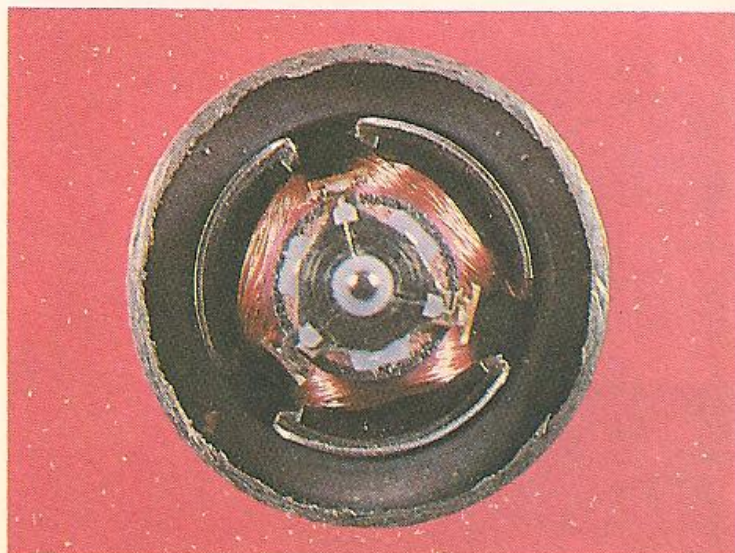
Se tomarmos como exemplo um motor elementar, notamos que, se uma corrente passa através do enrolamento, cria-se no seu interior um campo magnético que o faz girar pelas forças de atração e de repulsão em relação ao ímã do estator.

Durante esta rotação, uma série de efeitos condiciona a construção do motor. O primeiro é produzido quando se confrontam dois pólos de sinais opostos. Neste instante, a atração é máxima, e o enrolamento tende a parar. Por força da inércia, o enrolamento supera esse ponto de freamento, mas inverte o sentido da rotação e retorna, parando depois de um certo número de oscilações. Se, no momento em que os pólos opostos se acham frente a frente, o sentido da circulação da corrente no interior do enrolamento é invertida, produz-se automaticamente uma mutação dos sinais nos pólos magnéticos, produzindo as forças de repulsão recípro-

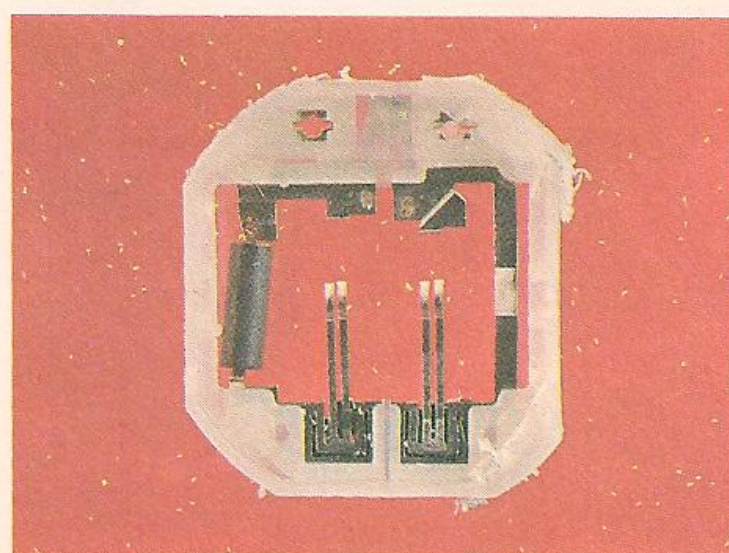


**ACIMA:** corte de um motor em que são vistos os dois geradores do movimento: o estator e o rotor.

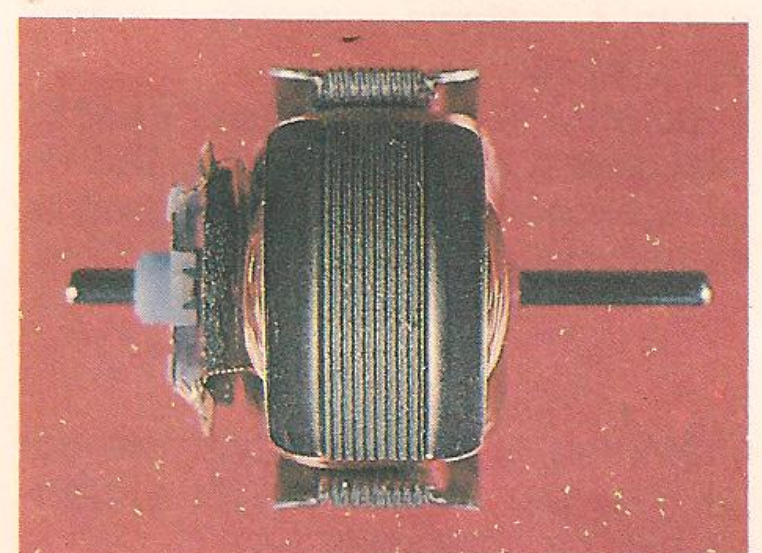
**ABAIXO:** interior de um motor de corrente contínua. Vê-se o ímã permanente do indutor, circundando o induzido.



**ABAIXO:** detalhe dos contatos que fornecem a tensão e a corrente de funcionamento ao coletor do motor.



**ABAIXO:** induzido do motor de corrente contínua. O coletor está à direita.



cas que forcem o enrolamento a executar um outro meio giro: inverte-se novamente o sentido da corrente e assim por diante.

O método utilizado para produzir estas trocas consiste em dividir o anel coletor — através do qual o enrolamento recebe a alimentação — em duas partes iguais, ou semi-anéis, separados com material isolante. Essas partes giram deslizando sobre dois contatos elétricos fixos ou escovas, um ligado ao pólo positivo e o outro ao negativo. No curso de uma rotação, estes contatos cruzarão duas vezes a divisão entre os dois semi-anéis, invertendo o sentido de circulação da corrente no interior do enrolamento. Um motor com um enrolamento tem um movimento muito pouco uniforme, já que as forças magnéticas que o fazem girar variam de acordo com a posição relativa do enrolamento e dos ímãs. Durante cada rotação, verifica-se um tranco no mo-

mento em que a polaridade se inverte. Para poder aumentar a potência e obter um movimento mais constante, a parte móvel ou rotor é formada de vários enrolamentos de fios isolados e reciprocamente independentes. Os fios são enrolados numa armação de ferro doce denominada armadura, e ligados em duas seções do coletor. Este último é subdividido em um número de pares duplo em relação aos enrolamentos contidos no rotor.

Atualmente existe uma ampla variedade de tipos e modelos de motores de corrente contínua fabricados com diversas versões de rotores e estatores, cada um com as suas vantagens e desvantagens. Entre esses tipos de motores destacam-se os seguintes:

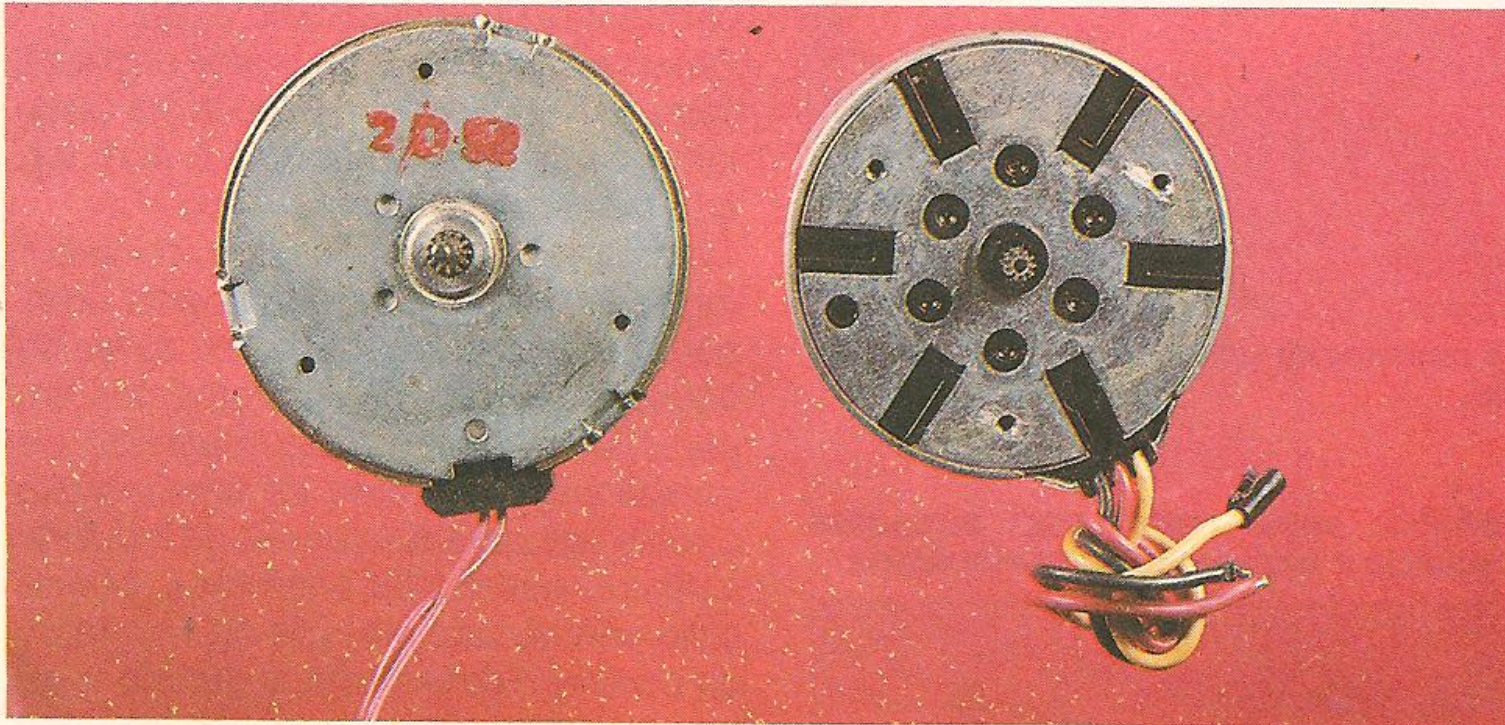
- motores com indutor formado por um eletroímã;
- motores com indutor formado por um ímã permanente;
- motores com rotor sem armaduras.

O primeiro modelo é utilizado para aplicações em que se requer um motor de média ou grande potência e que, devido às suas dimensões, necessita de ímãs de grande porte no estator.

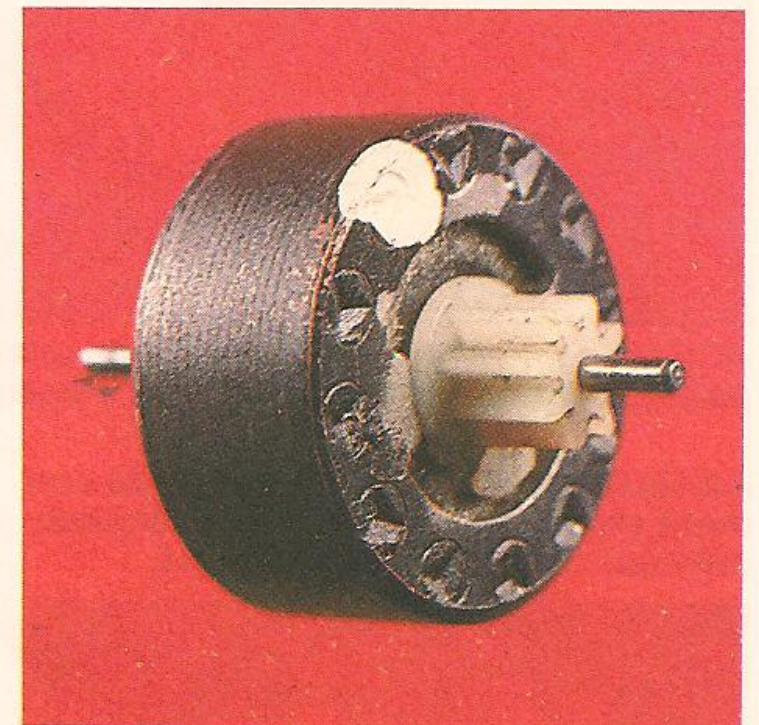
O segundo tipo de motor é composto por dois enrolamentos, aos quais é preciso fornecer uma determinada corrente (eletroímã para estator e rotor). Na prática, há três sistemas distintos de conexão desses enrolamentos, com os quais obtêm-se características bem diversas de funcionamento:

a) Motores série: aqui, os enrolamentos do indutor e do induzido são colocados em série, com as extremidades livres ligadas à tensão de alimentação.

O principal problema apresentado por essa forma de conexão é que, no momento da partida, a intensidade de corrente é muito elevada, pois não é criada a força contra-eletromotriz. A única resistência real é a do fio, que normalmente é muito baixa.

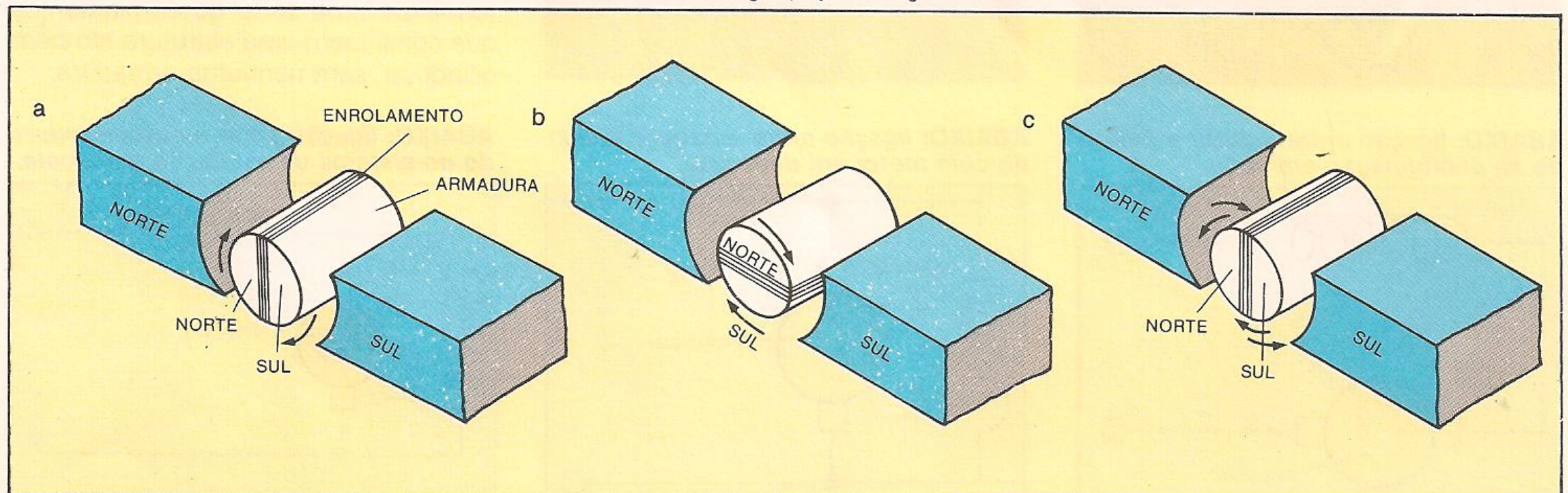


**ACIMA:** motores de corrente alternada do tipo síncrono.



**ACIMA:** rotor ou induzido de um motor de corrente alternada a indução. Ele não necessita de contato de excitação.

**ABAIXO:** rotação de um motor de corrente contínua na ausência de comutação de polaridade no enrolamento: a) a força de repulsão é máxima; b) o induzido girou 90° e se mantém em rotação; c) a atração é máxima.



## COMPONENTES

Para diminuir o perigo apresentado por este fenômeno, emprega-se uma resistência variável ou reostato em série com os enrolamentos.

As características mais importantes desse motor são:

- grande torque de partida;
- velocidade variável, de acordo com a carga aplicada ao seu eixo;
- não se danifica facilmente em caso de sobrecarga.

b) Motores em derivação: este tipo de conexão consiste em colocar o induzido e o indutor em paralelo ou derivação, ligando ambos à tensão de alimentação. Neste caso, cada enrolamento trabalha com uma tensão constante, e o fluxo magnético do indutor é, por sua vez, constante. Conseqüentemente, a velocidade resultante é suficientemente uniforme, mesmo que a carga mecânica varie.

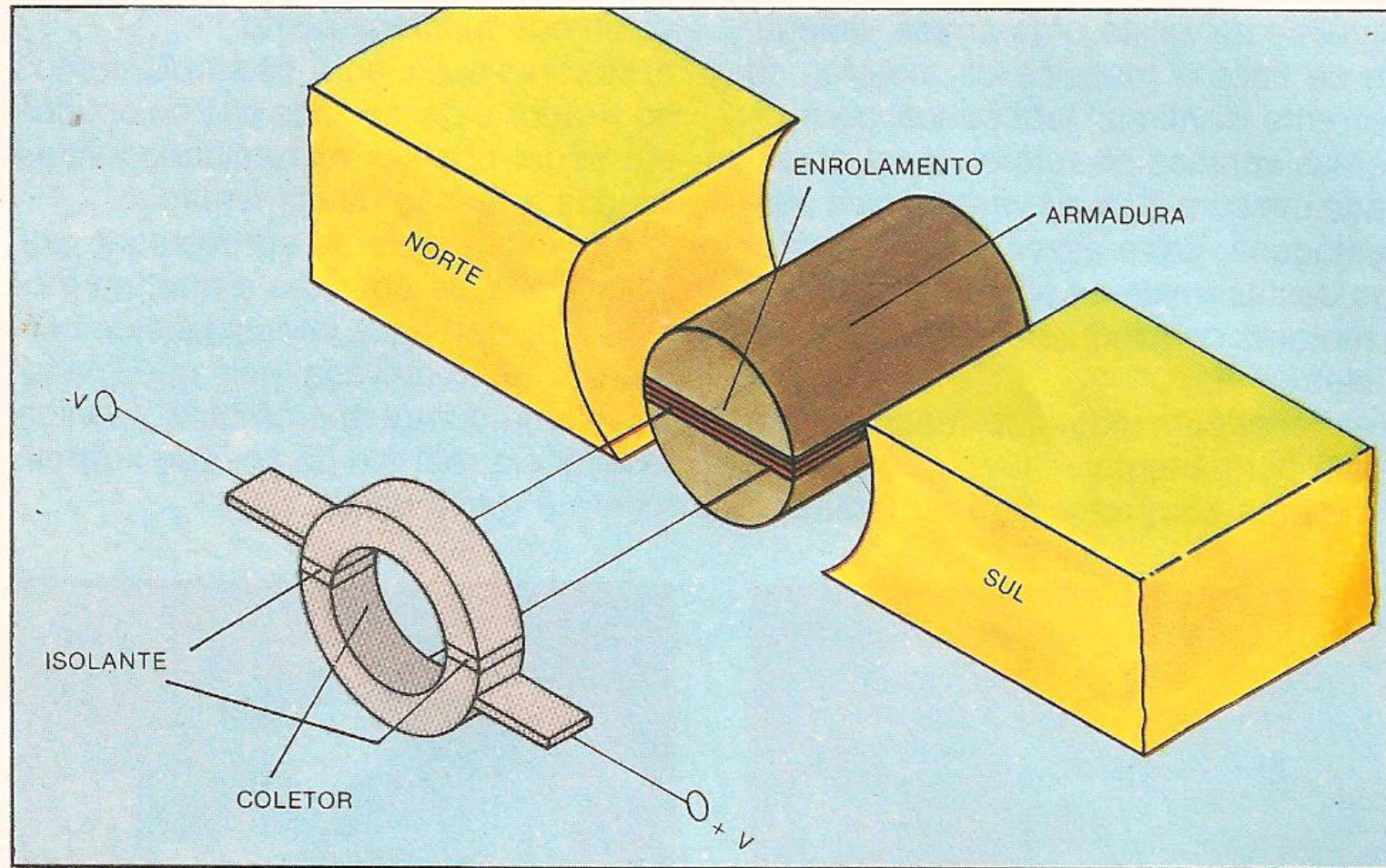
Pelas mesmas razões do caso anterior, no momento da partida circula uma corrente elevada através do induzido. Por isso, emprega-se também aqui um reostato para colocá-lo em movimento. Há, porém, uma exceção: são os pequenos motores em que o induzido é formado por um grande número de espiras de fio fino. As características deste sistema são:

- pequeno torque de partida;
- não suportam bem as sobrecargas;
- velocidade quase constante e independente da carga.

c) Motores de excitação composta: neste tipo há uma combinação entre a excitação em série e a excitação em derivação, de modo a obter uma combinação das propriedades de ambos. Para realizar essa conexão, a base é um indutor subdividido em dois enrolamentos, um em derivação ou paralelo com o induzido e o outro em série, mas de modo que a corrente circulante através desse semi-enrolamento tenha sentido contrário à que passa pelo outro. Obtém-se, assim, uma maior uniformidade da velocidade, que se torna constante para todas as cargas e com torque de partida bastante fraco.

Os motores construídos com o indutor formado por um ímã permanente comportam-se de modo muito parecido àqueles que têm os enrolamentos em paralelo, já que o fluxo magnético é constante. A corrente de alimentação circula unicamente através do induzido e, como nos casos anteriores, ocorre uma intensidade elevada no momento da partida. Tanto o torque quanto a velocidade dependem da tensão aplicada ao induzido.

O terceiro tipo são os motores sem armadura. Eles são compostos por um estator formado por um ímã cilíndrico, em cujo interior se acha o rotor, sob a forma de uma série de enrolamentos que constituem uma estrutura também cilíndrica, sem nenhuma armadura.



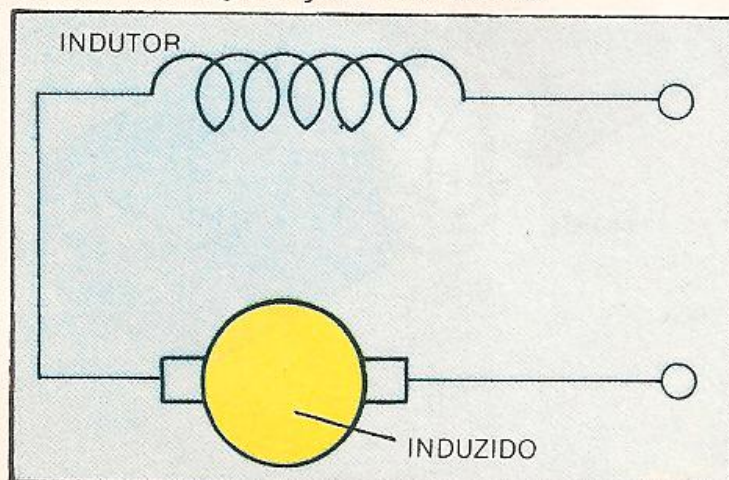
**ACIMA:** para obter a manutenção da rotação é necessário dividir o coletor em duas partes, com o objetivo de inverter a polaridade.

**ABAIXO:** dois modelos de motor de corrente contínua do tipo de baixa inércia, cujo induzido não tem armadura.

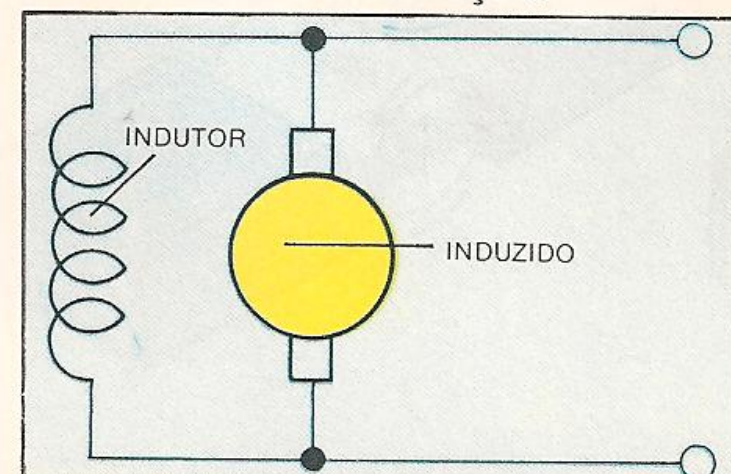
**ABAIXO:** outro motor sem armadura acoplado a um redutor de velocidade.



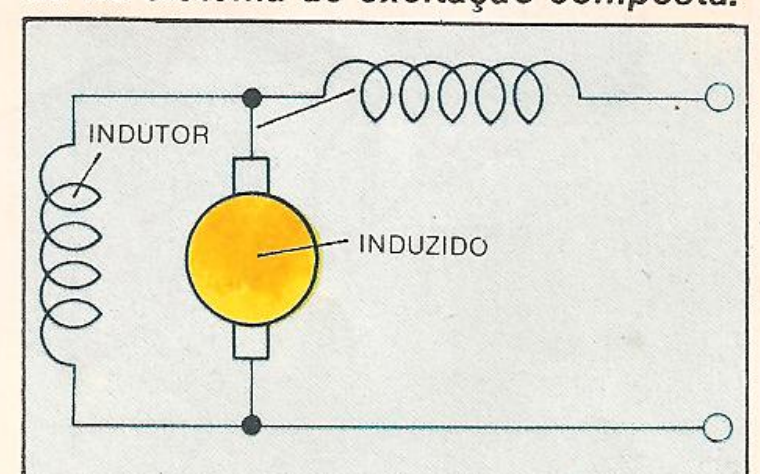
**ABAIXO:** ligação entre indutor e induzido na configuração em série.



**ABAIXO:** ligação entre indutor e induzido com motor em derivação.



**ABAIXO:** ligação entre indutor e induzido no sistema de excitação composta.



# INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE RECEPÇÃO DE SINAIS DE TV

Se você tem vários aparelhos de TV em casa, sabe como é difícil garantir a boa recepção dos sinais e a qualidade da imagem. Para isso, é preciso instalar um sistema de recepção de sinais, como o que mostraremos aqui.

As imagens que você vê na tela do seu televisor são geradas nos estúdios das emissoras de TV. É aí que as imagens e os sons, gerados ao vivo ou em forma de filmes, são modulados e enviados aos amplificadores de potência. Esses, por intermédio de antenas transmissoras apropriadas, lançam os sinais no espaço.

As antenas transmissoras estão localizadas, normalmente, em pontos estratégicos, sempre no topo de edifícios ou morros, o que lhes permite fornecer a cobertura de sinal mais ampla possível. Na realidade, temos poucos meios de controlar esses sinais em espaço livre. Portanto, é difícil avaliar como os sinais chegarão ao seu televisor.

Os sinais transmitidos sofrem certos processos durante sua jornada. Os mais importantes são os seguintes:

- os sinais tornam-se cada vez mais fracos à medida que se distanciam do seu ponto de origem;
- eles sofrem reflexos de obstáculos (edifícios e terrenos montanhosos, por exemplo);
- se os sinais são refletidos ou bloqueados por qualquer obstáculo, criam-se regiões de sombra onde são muito fracos (esse assunto já foi abordado no capítulo Os Segredos do Televisor);
- o reflexo pode fazer com que o mesmo sinal seja recebido duas vezes de diferentes direções e, portanto, com defasagem.

É muito importante considerar esses processos durante a instalação de uma antena receptora. Contudo, uma vez captados os sinais, o seu controle torna-se mais fácil.

Neste capítulo, nós nos preocuparemos apenas com a melhor maneira de guiar e distribuir os sinais desde a antena receptora até o seu aparelho de televisão.

Uma instalação comum de recepção consiste em uma antena, um pedaço de cabo e, é claro, um aparelho de TV. Vamos comparar esta instalação de recepção com uma simples instalação hidráulica, formada por um funil, um tubo cheio de furos e uma torneira (veja figura 1). Como você pode perceber pela figura, a antena pode ser representada pelo funil, o cabo pelo tubo, e a TV pela torneira. Com essa comparação, podemos observar o seguinte:

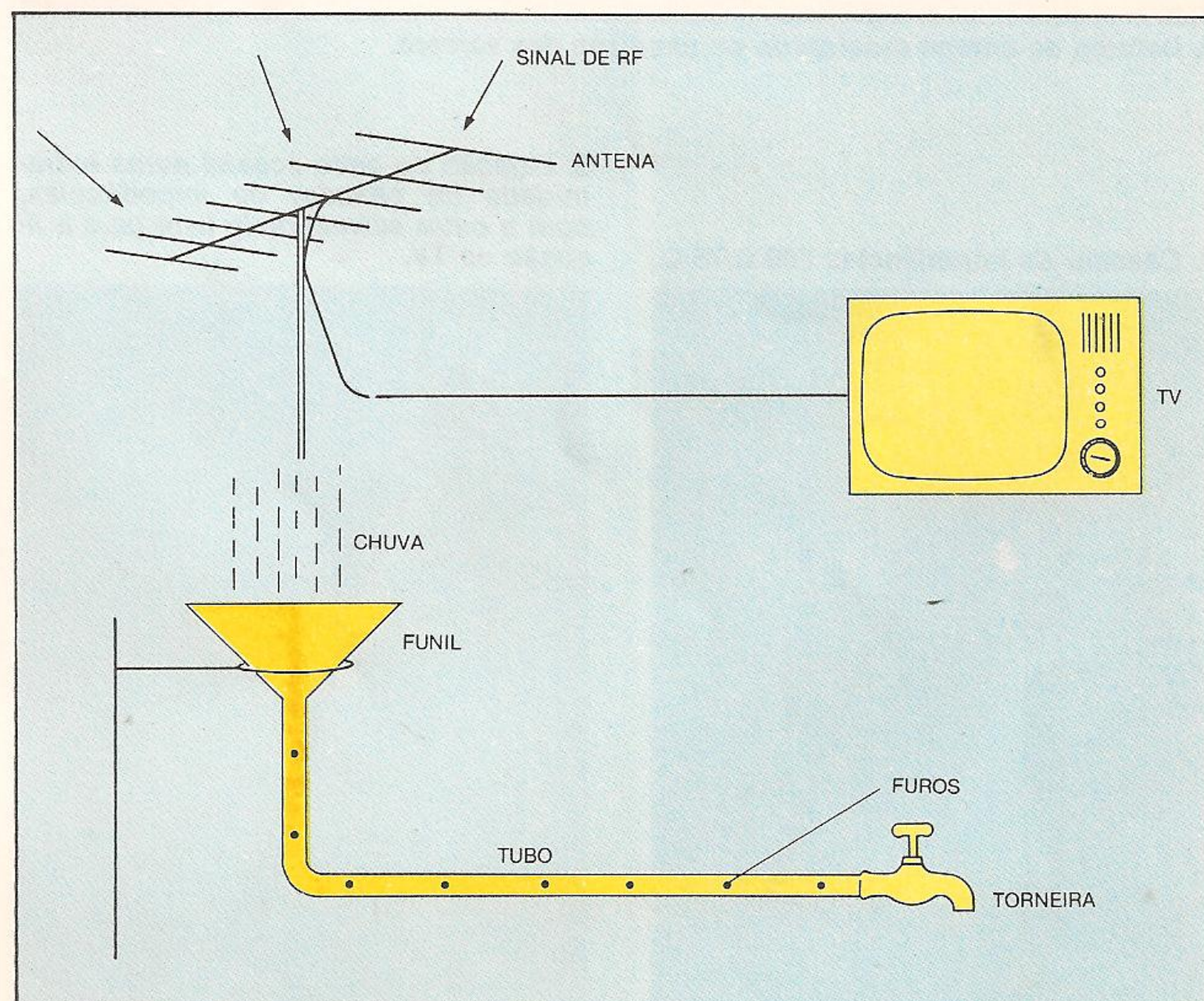
- Quanto mais larga a boca do funil, mais água de chuva podemos colher. Com a antena acontece o mesmo: quanto mais comprida, mais sinais de RF podem ser captados.

- O tubo é um guia que leva a água para um lugar determinado (no caso, para a torneira). O cabo também serve como guia, só que de sinais de RF. Ele guia esses sinais até o aparelho de televisão.

Na realidade, nós temos que considerar o cabo como um tubo cheio de pequenos furos em toda a sua extensão, isto é, nós temos que considerá-lo como um **sistema vazante**, já que ele apresenta perdas de sinal em toda a sua extensão.

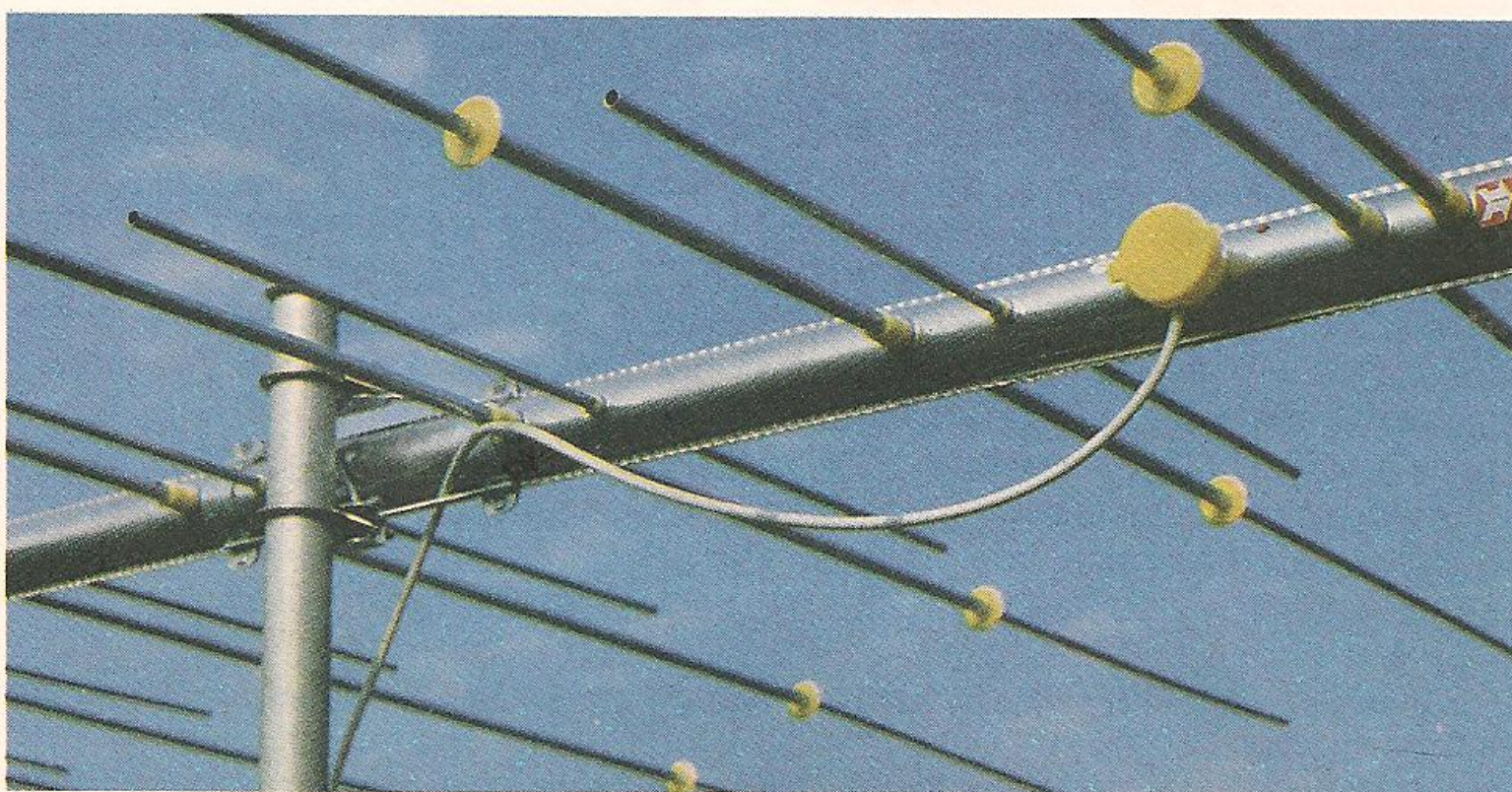
Existem vários tipos de antenas de TV. A escolha certa vai depender basicamente do sinal — forte ou fraco — recebido em sua região. Evite usar ante-

## 1. Comparação entre uma instalação comum de recepção (A) e uma instalação hidráulica simples (B).





**2. Antena para recepção de sinais de RF.**

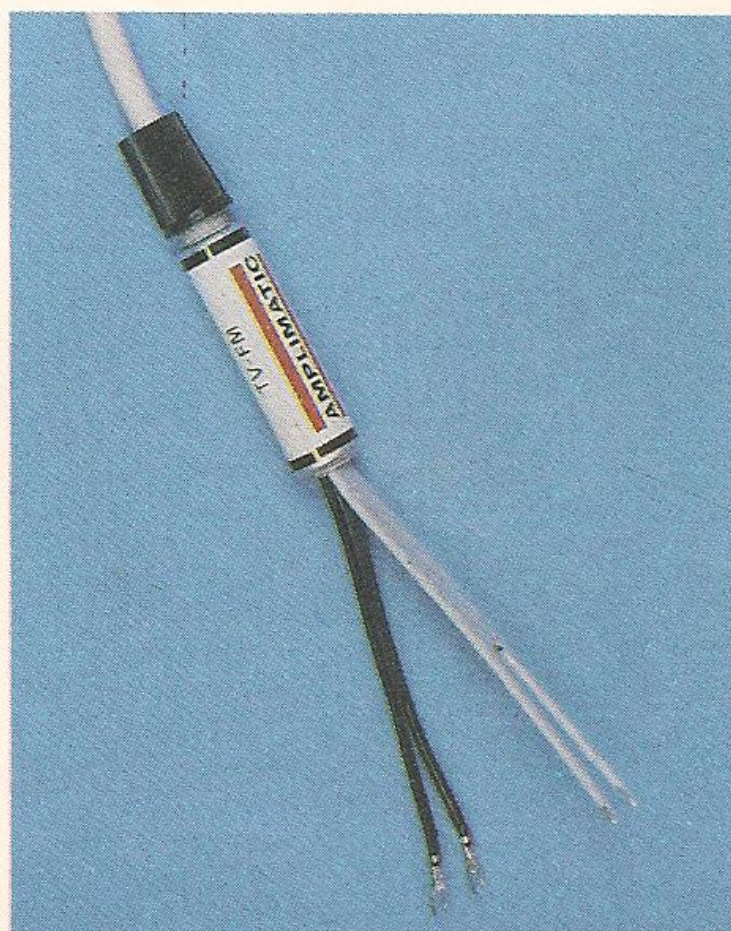


**3. Detalhe da antena mostrando os encaixes das varetas.**

**4. Casador de impedâncias 300 Ω/75 Ω.**



**5. Ligação do cabo coaxial numa extremidade do casador de impedâncias, com a outra extremidade livre para a ligação na TV.**



nas com muitos parafusos de fixação porque, em geral, enferrujam depois de poucos meses de uso.

Observe na figura 2 uma antena para recepção de sinais de RF. Na figura 3, nota-se que as varetas não são fixadas no suporte com parafusos, mas encaixadas em saliências de material plástico. Os contatos de encaixe, dessa maneira, além de mecanicamente resistentes, são à prova de corrosão. Os únicos parafusos de fixação são usados para prender a antena ao mastro. Há dois tipos de cabo para a distribuição do sinal de TV: o cabo em forma de fita ou linha paralela (cabo paralelo) e o cabo coaxial.

Há algumas diferenças básicas entre os dois tipos de cabo. O cabo paralelo tem uma impedância de 300 Ω e o cabo coaxial uma impedância de 75 Ω.

Ao contrário da opinião corrente, a fita paralela perde menos sinal em sua extensão do que o cabo coaxial de mesmo comprimento. Entretanto, durante a recepção, o cabo coaxial é capaz de proteger o sinal de efeitos externos, como as fortes interferências das estações de FM e de radioamador. Isso acontece porque o condutor externo ou malha age como um escudo e protege o sinal que passa pelo cabo.

Como a fita paralela não possui esse escudo, ela não oferece uma boa proteção contra sinais parasitas. Ela não deve, portanto, passar por dutos e tubos e precisa ser instalada longe de paredes, muros ou outros obstáculos, para minimizar as interferências.

É aconselhável que o comprimento do cabo, paralelo ou coaxial, seja o menor possível. É importante lembrar que o cabo é como um tubo vazante; quanto maior é o seu comprimento, maior é a perda de sinal.

Às vezes, torna-se necessário interligar um cabo coaxial a um cabo paralelo. Como os dois possuem impedância e estrutura diferentes, a junção é feita por meio de um **casador de impedância (balun)**.

O casador é um transformador que permite a interligação de cabos paralelos de 300 Ω com cabos coaxiais de 75 Ω (veja figura 4). Esse transformador pode, também, ser usado na interligação do receptor de TV ou FM, cuja entrada seja de 300 Ω, ao cabo coaxial proveniente da antena (veja figura 5). Já que os cabos, como as antenas, são expostos à ação da atmosfera, é conveniente adquirir cabos que possam

suportar condições adversas de tempo. Observe, também, a qualidade do plástico usado, evitando os que se tornam quebradiços depois de alguns meses de exposição ao sol.

Após essa breve abordagem, vamos analisar um sistema de distribuição de sinal para 4 pontos de uma casa. Vamos supor que uma antena esteja ligada a 4 aparelhos de televisão, um em cada cômodo. Nesse caso, não se deve ligar diretamente o cabo aos aparelhos de televisão.

Para entender melhor essa ressalva, vamos utilizar um outro exemplo de

instalação hidráulica, na qual 4 torneiras são conetadas diretamente no mesmo ponto (veja figura 6). Nesse exemplo, o ato de abrir e fechar uma torneira irá influir na vazão de água das outras três. No sistema de distribuição de sinal que estamos supondo, o ato de ligar e desligar uma televisão irá influir na qualidade da imagem e do som dos outros 3 aparelhos.

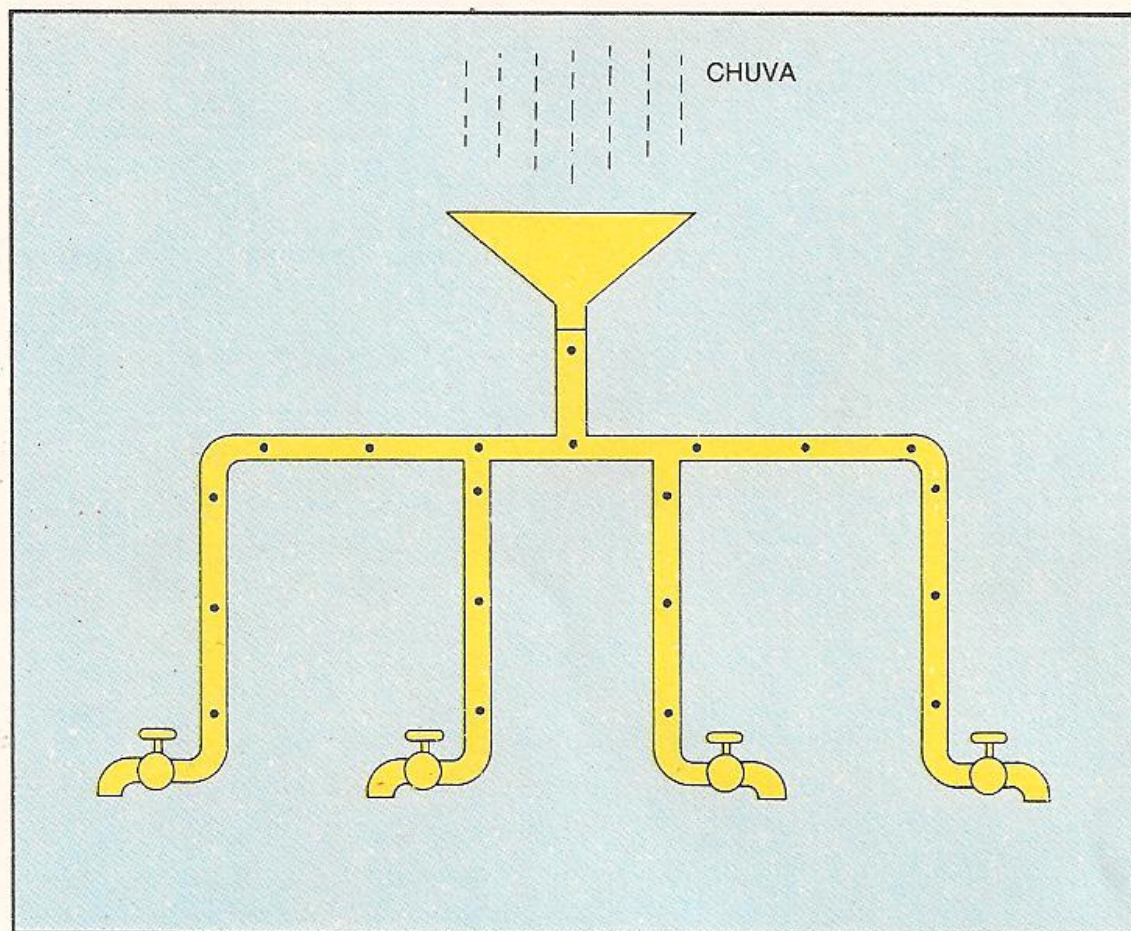
Para se evitar esses efeitos, é usada uma caixa de junção, denominada **divisor híbrido**. Essa caixa divide o sinal original da antena em até 4 pontos. Cada aparelho de TV passa a receber 1/4

do sinal original. Como cada saída do divisor é isolada das outras, são eliminadas as interferências entre elas (veja figura 7).

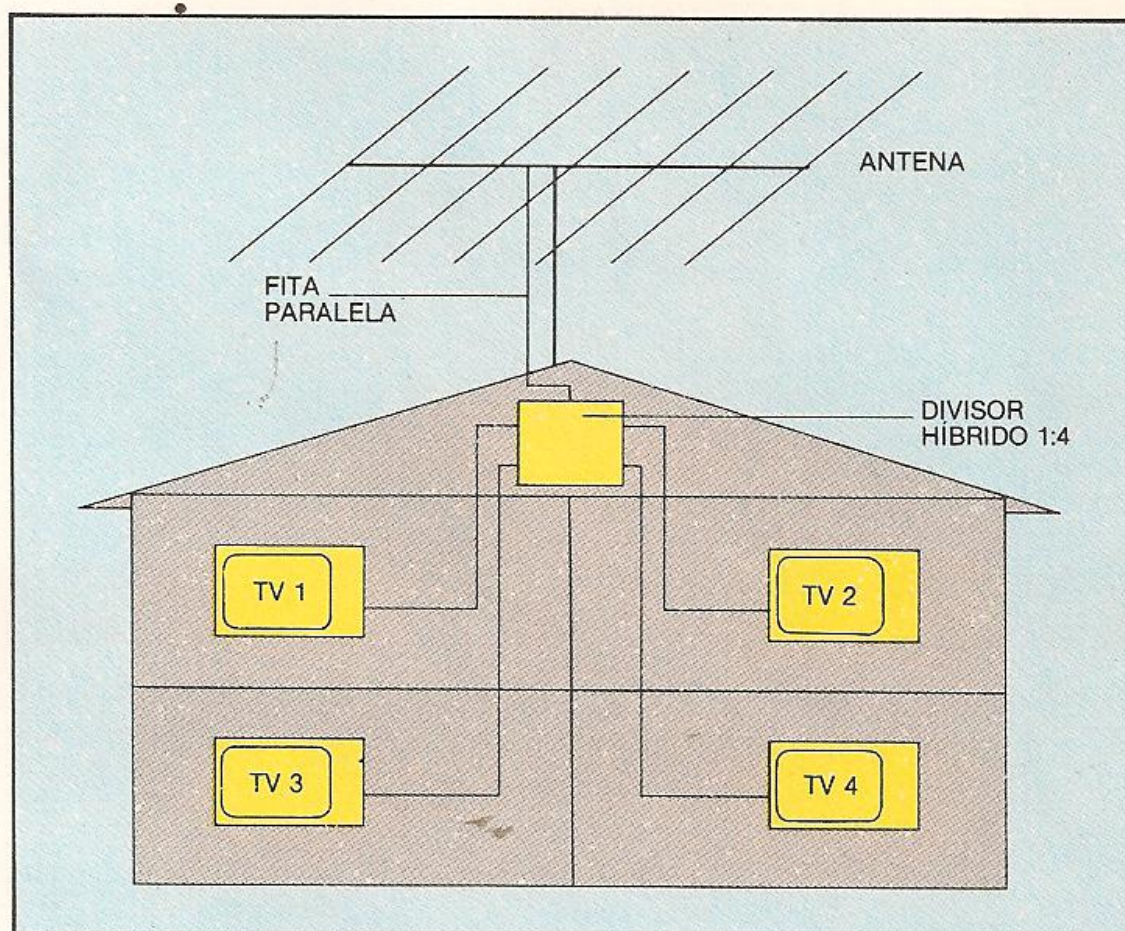
O divisor híbrido é acondicionado em uma caixa plástica pequena e não necessita de tensão de alimentação. Pode ser fixado numa viga do telhado ou no rodapé.

O divisor pode ser adquirido tanto para uso com cabos paralelos de 300 Ω, quanto para uso com cabos coaxiais de 75 Ω (veja a figura 8).

Na figura 9, vê-se um divisor híbrido para uso com cabos paralelos de 300 Ω.

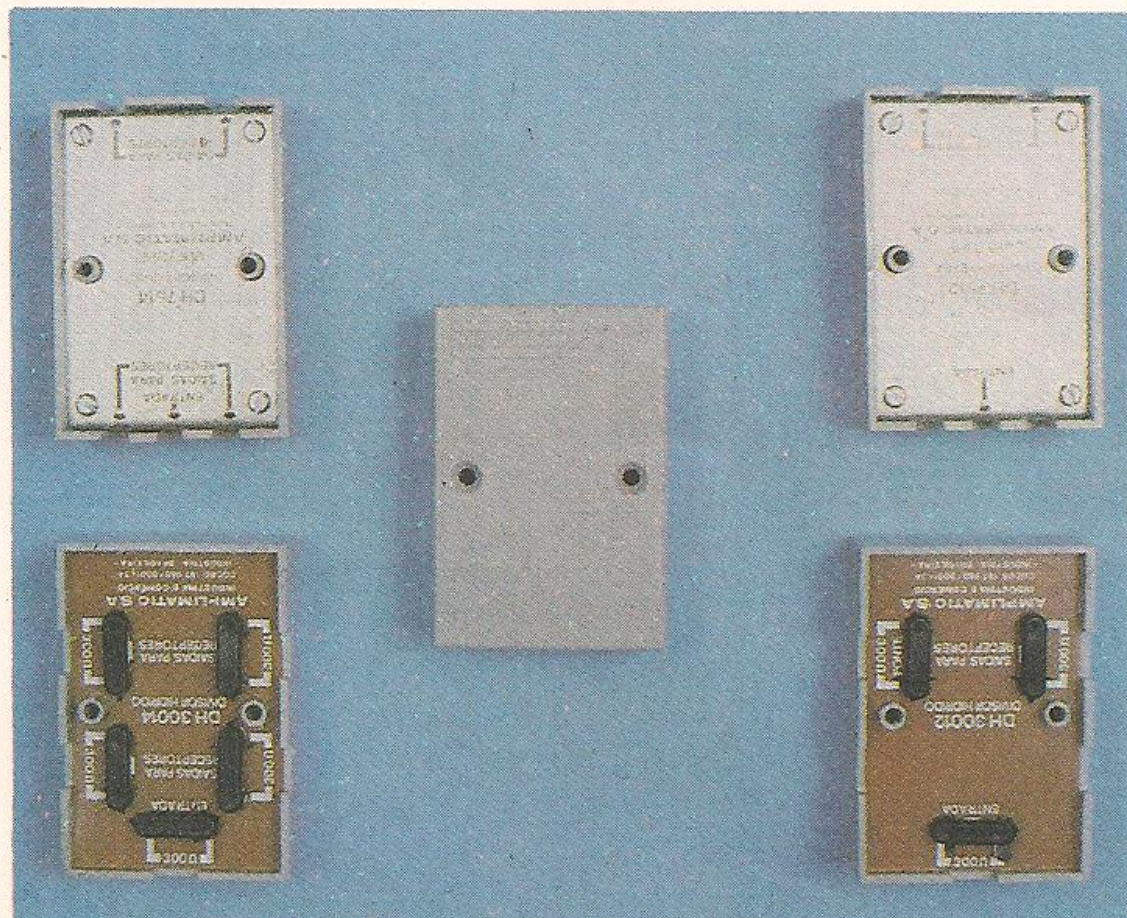


6. Exemplo de um sistema hidráulico de 4 pontos.

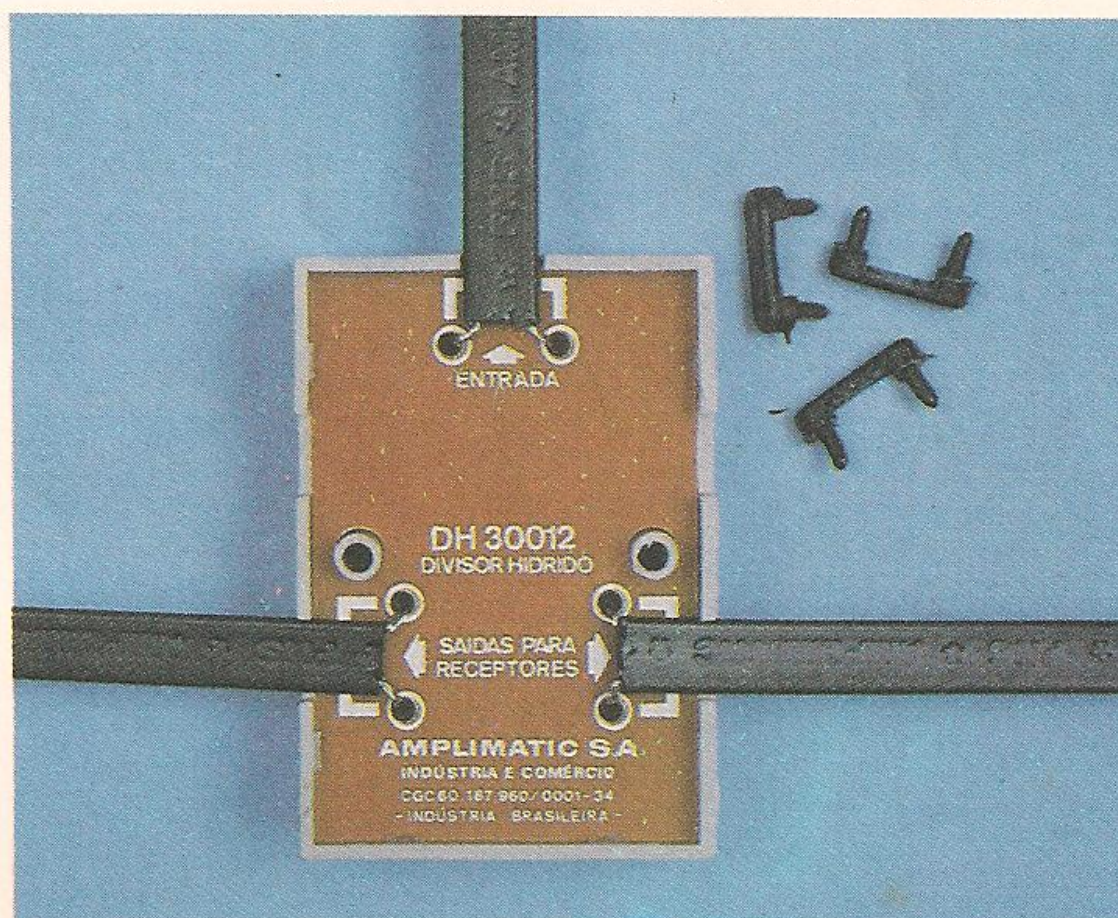


7. Sistema de distribuição de sinal de 4 pontos.

8. Vários modelos de divisor híbrido.



9. Divisor híbrido para uso com cabos paralelos de 300 Ω.



## MONTAGEM

Ele distribui o sinal de RF entre duas saídas, não alterando as respectivas impedâncias.

Para utilizar esse divisor, pegue o cabo paralelo que vem da antena, desencape a ponta dos seus 2 condutores e introduza-os nos terminais da caixa indicados como ENTRADA. Pegue 2 pedaços de cabos paralelos, desencape os fios condutores e introduza-os nos terminais indicados como SAÍDA.

Sobre os condutores já encaixados, coloque as presilhas, pressionando-as sobre os condutores. Veja a montagem pronta na figura 10.

Na figura 11, vê-se um divisor híbrido para uso com cabos coaxiais de 75 Ω. Ele distribui o sinal de RF entre duas saídas, não alterando as respectivas impedâncias.

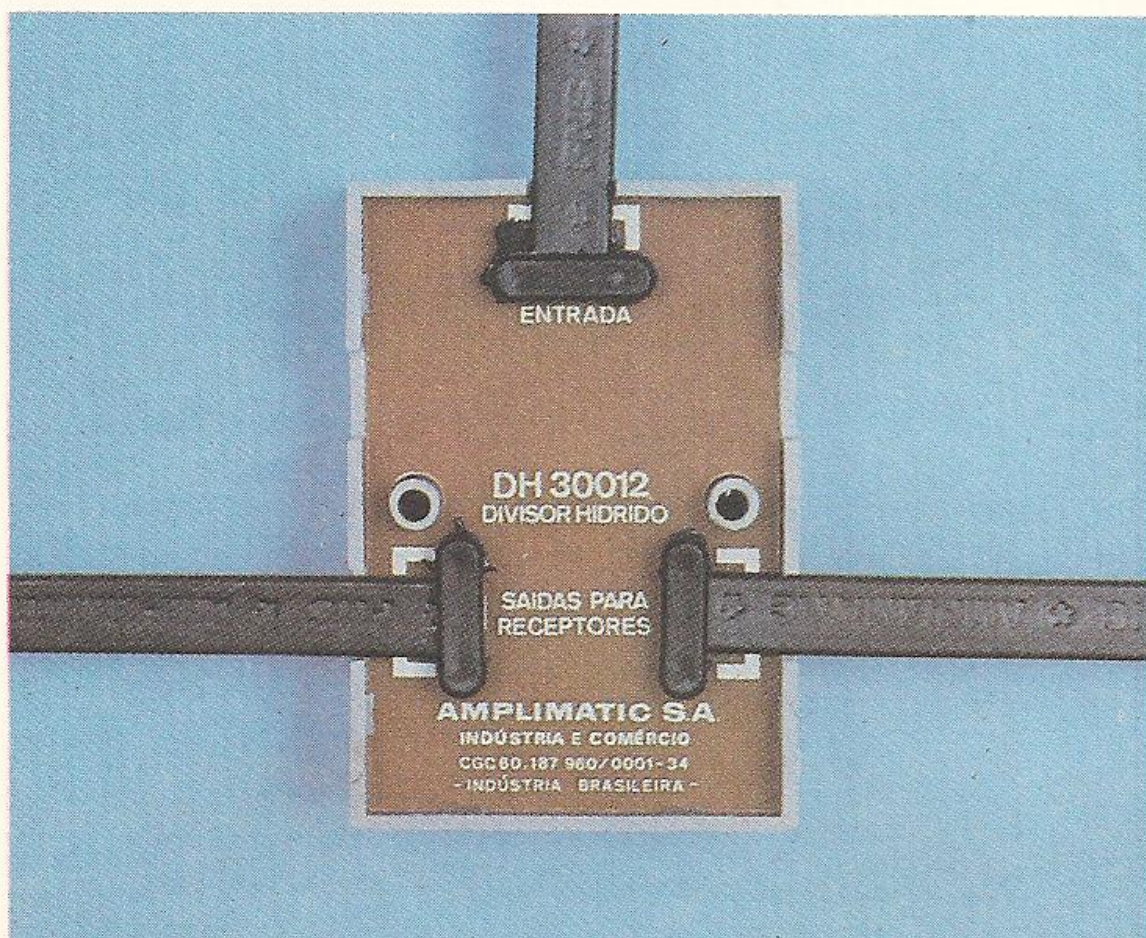
Para a ligação dos cabos nesse divisor, afrouxe os 4 parafusos da caixa e, com a chave de fenda, levante a tampa metálica (veja figura 11).

Pegue a extremidade do cabo coaxial que vem da antena e corte a capa, tomando cuidado para não cortar a malha do cabo. Puxe a malha para trás e corte a isolação do fio condutor (veja figura 12).

Introduza essa extremidade do cabo no terminal da caixa que está indicado como ENTRADA.

Repita essa mesma operação em outros 2 cabos coaxiais, colocando-os nos terminais indicados como SAÍDA. Finalmente, com a chave de fenda, aperte os 4 parafusos para a fixação desses 3 cabos coaxiais na caixa (veja figura 13).

Como vimos, se utilizarmos um divisor híbrido para 4 pontos, teremos 1/4 do nível do sinal original em cada ponto. Se o sinal original é forte, essa divisão não vai afetar a imagem vista no televi-



10. Fixação de três cabos paralelos no divisor híbrido.

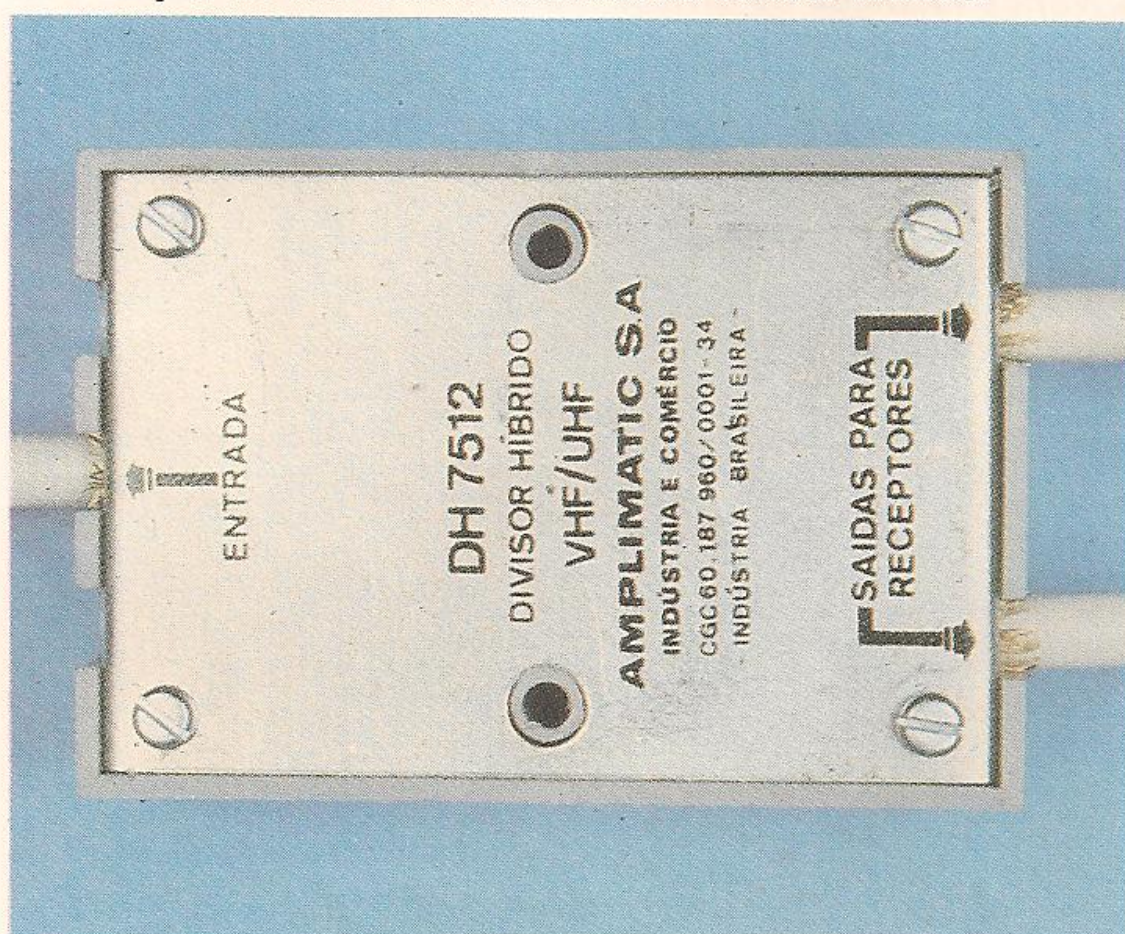


11. Preparação do divisor híbrido para conexão de cabos coaxiais de 75 Ω.

12. Preparação do cabo coaxial para inserção no divisor híbrido.



13. Fixação de três cabos coaxiais no divisor híbrido.



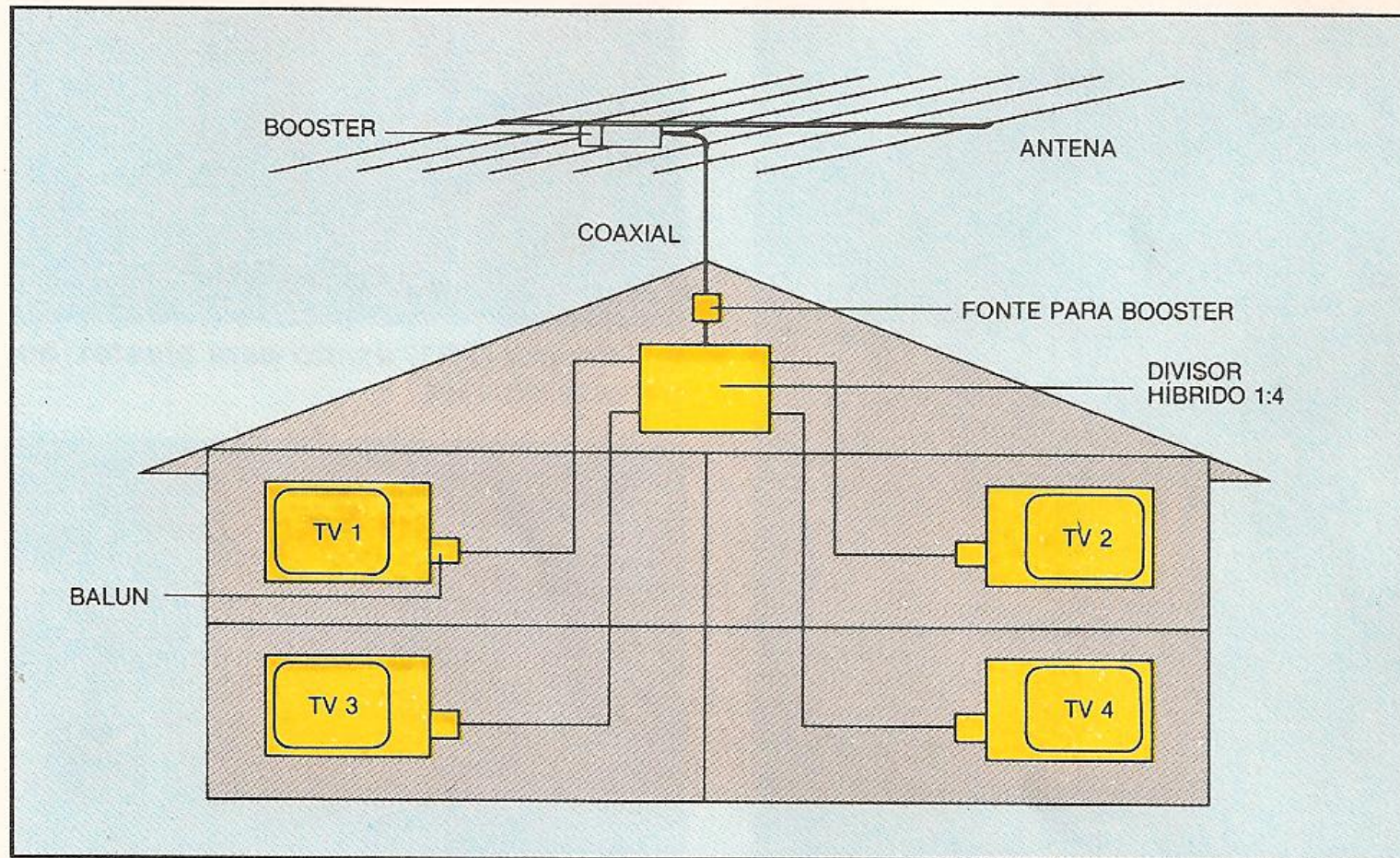
sor. Mas, se a qualidade do sinal captado pela antena for ruim, não há muito que se possa fazer para melhorá-la. Para que o sinal captado não sofra perdas nos cabos e no divisor híbrido, porém, usa-se um aparelho denominado **booster**.

O booster é um amplificador que aumenta o nível do sinal captado sem melhorar a qualidade da imagem. Como já dissemos, não é possível controlar os sinais transmitidos pela emissora no espaço livre. O que foi perdido não é possível recuperar. Com a utilização do booster, teremos, pelo menos, a garan-

tia de que não ocorrerão mais perdas do sinal.

Para que isto seja possível, o booster deve ser conectado bem próximo da saída da antena, para reter as perdas e preservar a qualidade do sinal captado (veja figura 14).

Para o seu funcionamento, o booster requer uma fonte de alimentação que contenha um transformador de alimentação, uma lâmpada para monitoração contra sobrecarga da rede de força e um filtro para separação VHF/CA. Veja na figura 15 o booster (caixa amarela) e a fonte de alimentação (caixa cinza).



14. Sistema de distribuição de sinais de TV com booster.

15. Modelo de um booster e de uma fonte de alimentação para o booster.



### É possível prever a qualidade do sinal que vai ser captado pela antena receptora?

*Não. Temos muito pouco controle sobre o sinal no espaço livre. Portanto, é bastante difícil avaliar como esse sinal chegará à antena.*

### Por que é importante uma boa instalação de um sistema de recepção de sinais de TV?

*Os sinais de TV, quando captados pela antena, tornam-se mais controláveis; logo, um bom sistema de recepção faz com que o sinal que chega ao televisor seja o mais fiel possível ao ser captado pela antena.*

### Por que o cabo para recepção de sinais de TV forma um sistema vazante?

*Porque ele apresenta perdas de sinal em toda a sua extensão.*

### Quais são os tipos de cabo para recepção de sinais de TV?

*Há dois tipos: o cabo em forma de fita ou linha paralela, de impedância de 300  $\Omega$  e o cabo coaxial, de impedância de 75  $\Omega$ .*

### Qual é a utilização de um divisor híbrido?

*O divisor híbrido deve ser usado toda vez que é conectado à antena receptora mais de um aparelho de televisão. Esse divisor faz com que não haja interferência entre os receptores.*

### O que é um booster?

*Booster é um amplificador que aumenta o nível do sinal captado pela antena, compensando as perdas que vão ocorrer nos cabos e no divisor. Para que seja possível esta compensação, o booster deve ser conectado o mais próximo possível da antena.*

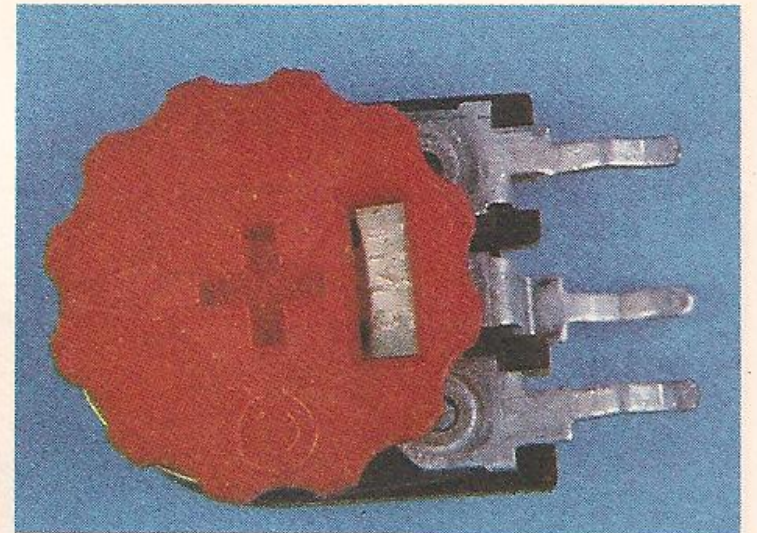


# VELA MÁGICA

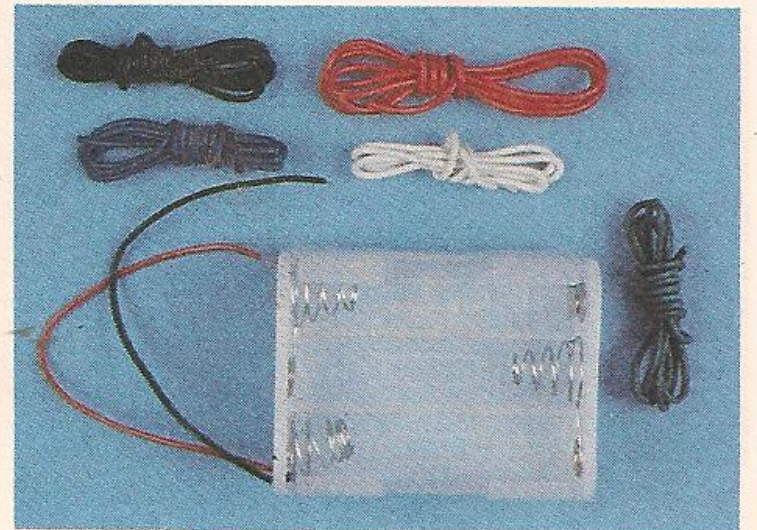
Na hora de acender, ela parece mesmo uma vela de verdade: basta encostar um fósforo ou isqueiro. Mas, em lugar do pavio, a vela mágica tem uma lâmpada, que apaga com um toque de dedos nos parafusos do chassi. Esta autêntica brincadeira eletrônica é a montagem que você vai aprender aqui.



1. Peças necessárias para a montagem da vela mágica.

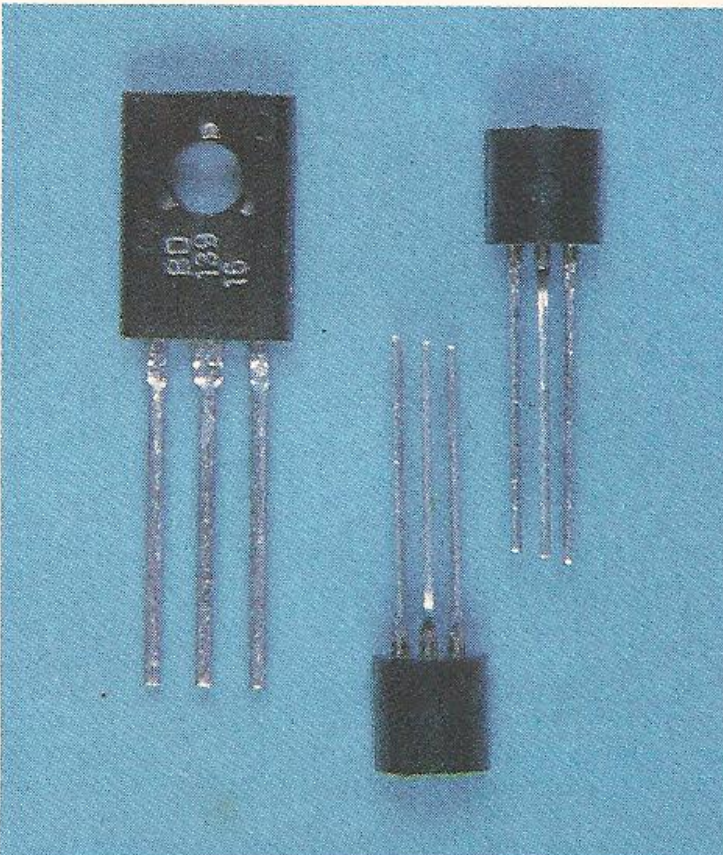


2. Trim-pot (TP1) usado para ajustes no circuito da vela.

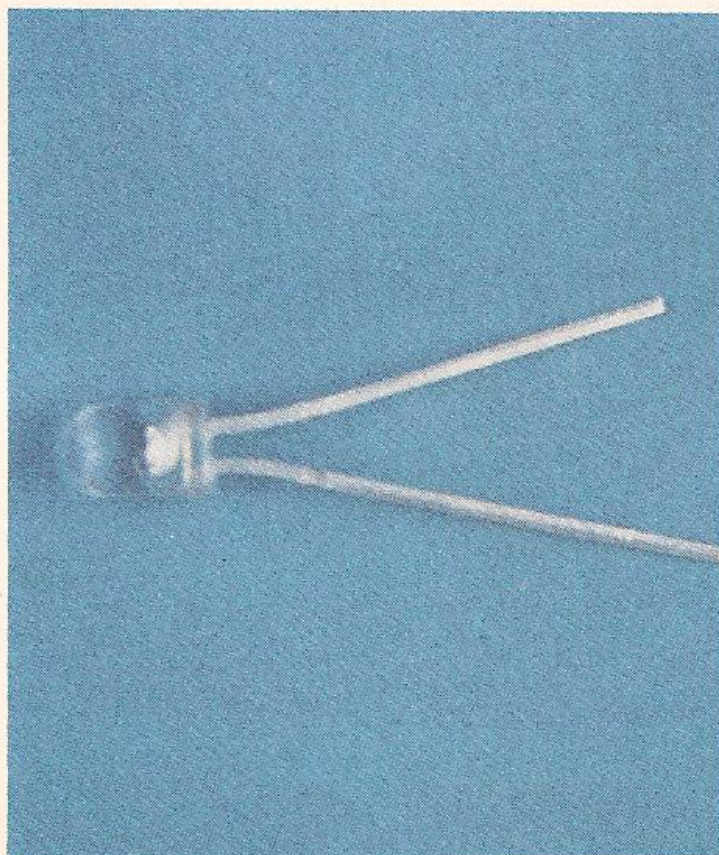


3. Suporte de pilhas e fios para ligação.

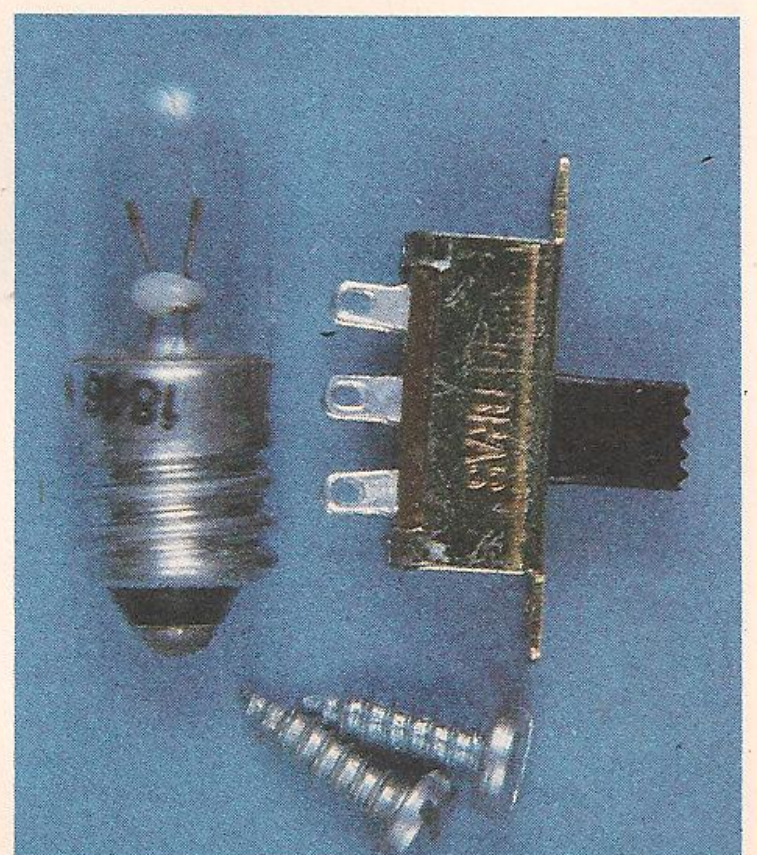
4. Um transistor BD139 (Q3) e dois transistores BC549 (Q1 e Q2).



5. Fototransistor TIL78 (FT1).



6. Chave H-H em miniatura, parafusos de fixação e lâmpada.



A vela mágica é um pequeno aparelho eletrônico que funciona como uma vela de verdade. Em vez de pavio, o dispositivo possui uma pequena lâmpada incandescente, próxima de um fototransistor, que é usado como sensor de intensidade luminosa. Ao aproximarmos da lâmpada e, conseqüentemente, do sensor um fósforo ou isqueiro acesos, a lâmpada se acende. Essa lâmpada pode ser apagada com um simples sopro — como se faz com uma vela normal — desde que, nesse mesmo instante, toque-se com o dedo os dois parafusos que são localizados no chassi do aparelho.

O circuito eletrônico da vela mágica é baseado apenas em transistores, nu-

ma configuração amplificadora muito simples, mas de funcionamento bastante eficiente.

A montagem da vela mágica não oferece grandes dificuldades, pois trata-se de um aparelho muito simples e com poucas peças. Seu custo também não é elevado.

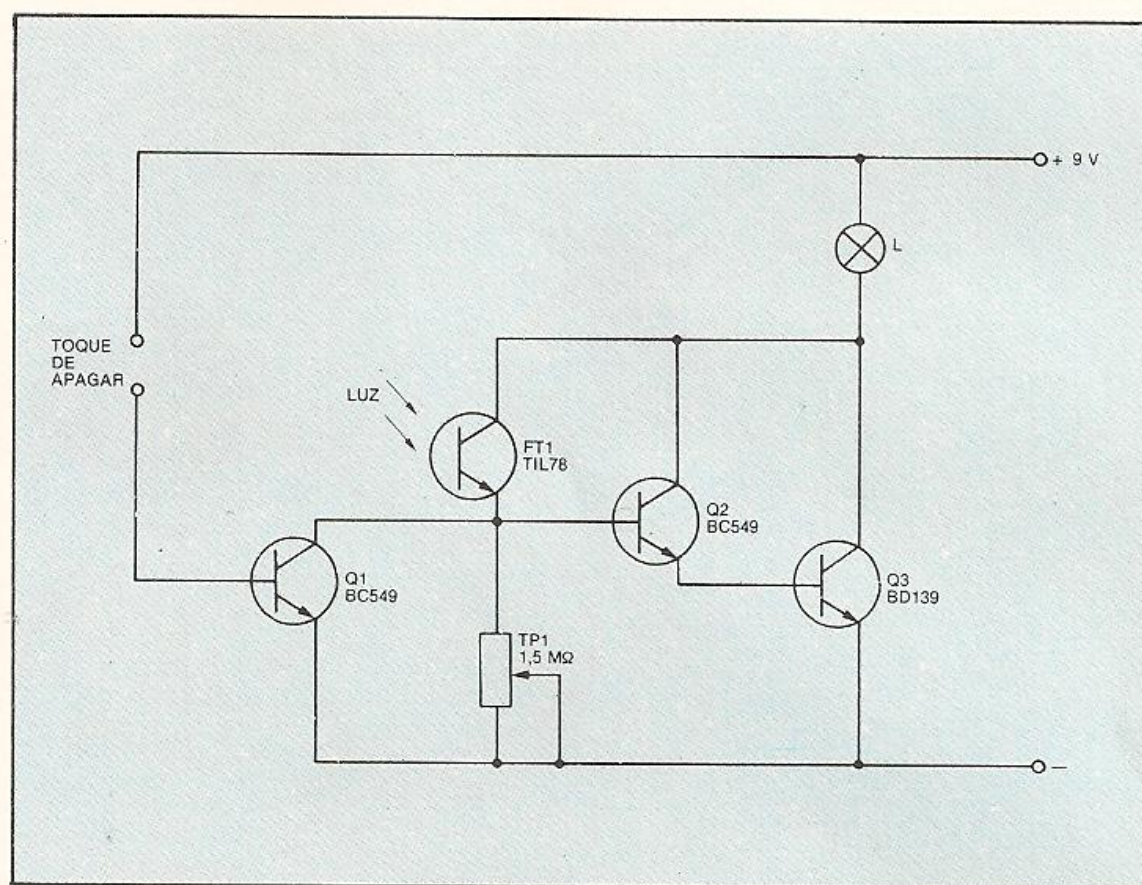
#### Ferramentas necessárias

- 1 ferro de soldar com potência máxima de 30 W
- 1 alicate de bico
- 1 alicate de corte
- 1 chave de fenda pequena
- 1 furadeira
- 1 conjunto de brocas
- 1 estilete estreito

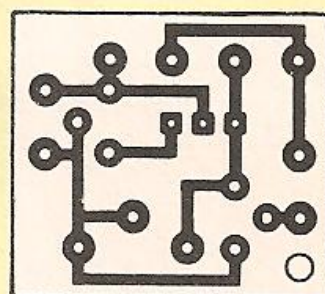
#### Componentes

Você vai usar como componentes:

- 1 placa de circuito impresso de 26 mm x 23 mm
- 1 trim-pot de 1,5 M $\Omega$ , na posição TP1 da placa de circuito impresso
- 2 transistores do tipo BC549, nas posições Q1 e Q2 da placa de circuito impresso
- 1 transistor BD139, na posição Q3 da placa de circuito impresso
- 1 fototransistor TIL78
- 1 lâmpada para 6 V - 40 mA
- 1 chave H-H em miniatura
- 1 suporte para 6 pilhas pequenas, com os fios
- 6 pilhas pequenas
- 30 cm de fio preto n.º 22

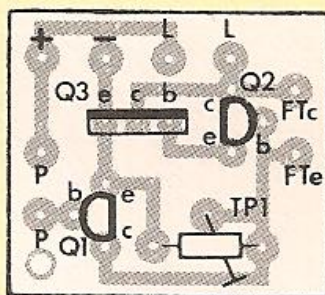


7. Esquema elétrico da vela mágica.



#### O traçado do circuito

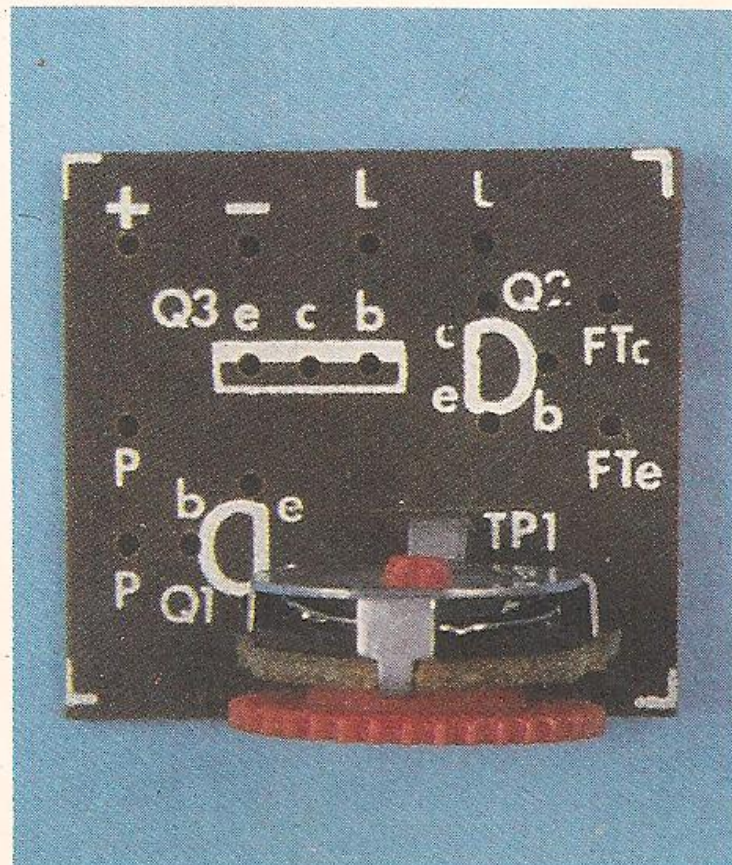
Traçado do circuito impresso, em tamanho natural. Para a construção do circuito, basta copiá-lo em papel milimetrado. Depois é só usá-lo, seguindo as explicações que já foram dadas.



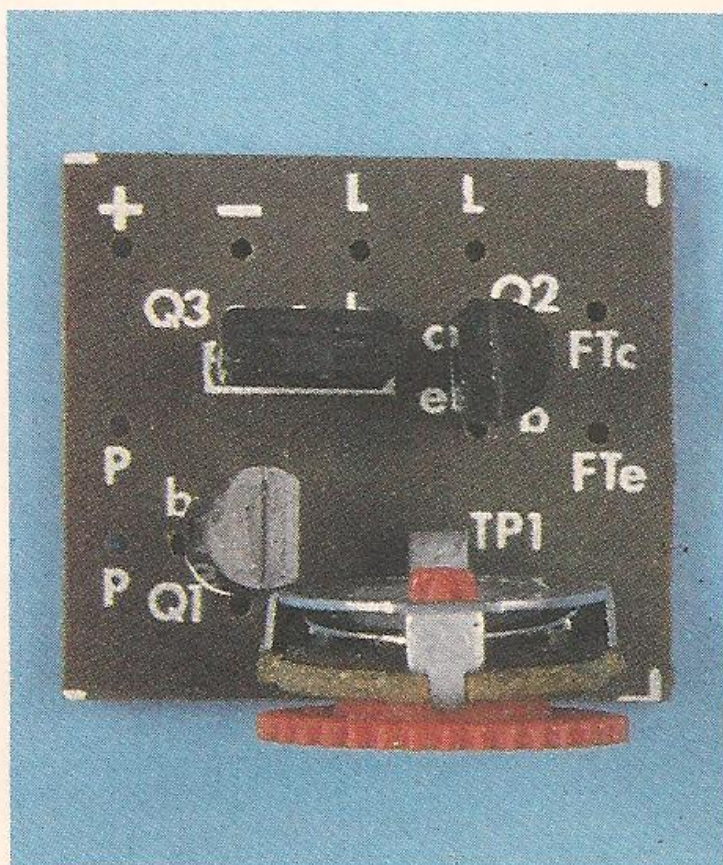
#### O desenho do circuito

Este desenho mostra a posição correta para a montagem dos componentes na placa de circuito impresso. Siga-o atentamente.

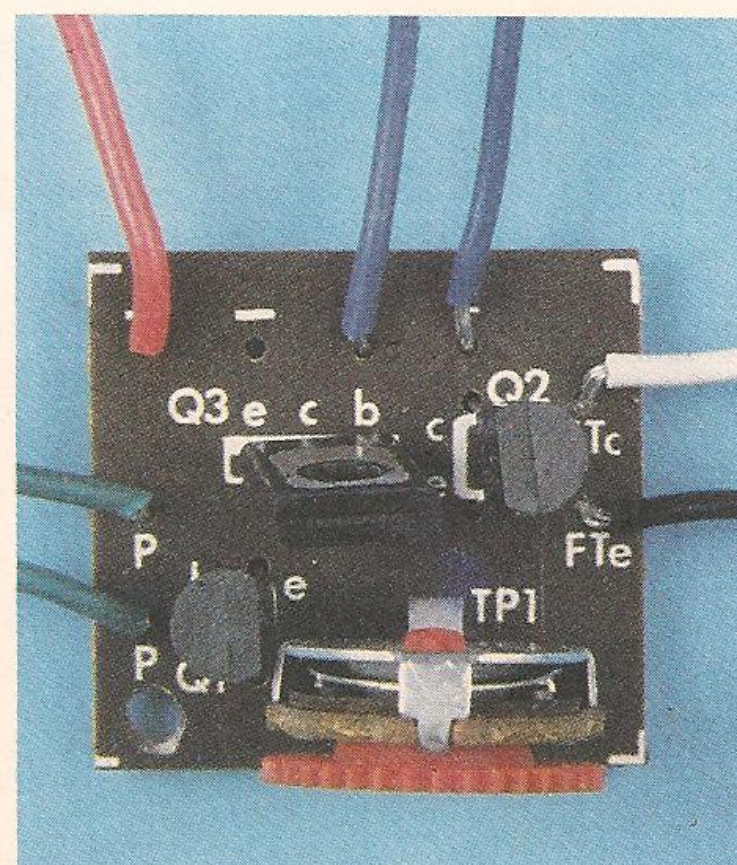
8. Colocação do trim-pot (TP1) na placa de circuito impresso.



9. Colocação dos transistores (Q1 a Q3) na placa de circuito impresso.



10. Ligação de 7 pedaços de fios nos furos da placa de circuito impresso.



## MONTAGEM

- 30 cm de fio vermelho n.º 22
- 30 cm de fio verde n.º 22
- 30 cm de fio azul n.º 22
- 15 cm de fio branco n.º 22
- 1 chassi de plástico com tampa de alumínio encaixável (altura = 45 mm; largura = 70 mm; profundidade = 85 mm)
- 1 tubo de plástico transparente (altura = 74 mm; diâmetro = 30 mm)
- 2 parafusos de 3 mm x 15 mm
- 2 porcas de 3 mm
- 2 parafusos auto-atarraxantes de 3 mm x 10 mm
- 1 parafuso auto-atarraxante de 2,2 mm x 6 mm
- 1 tubo de cola
- 1 pedaço de solda 60/40

### Montagem

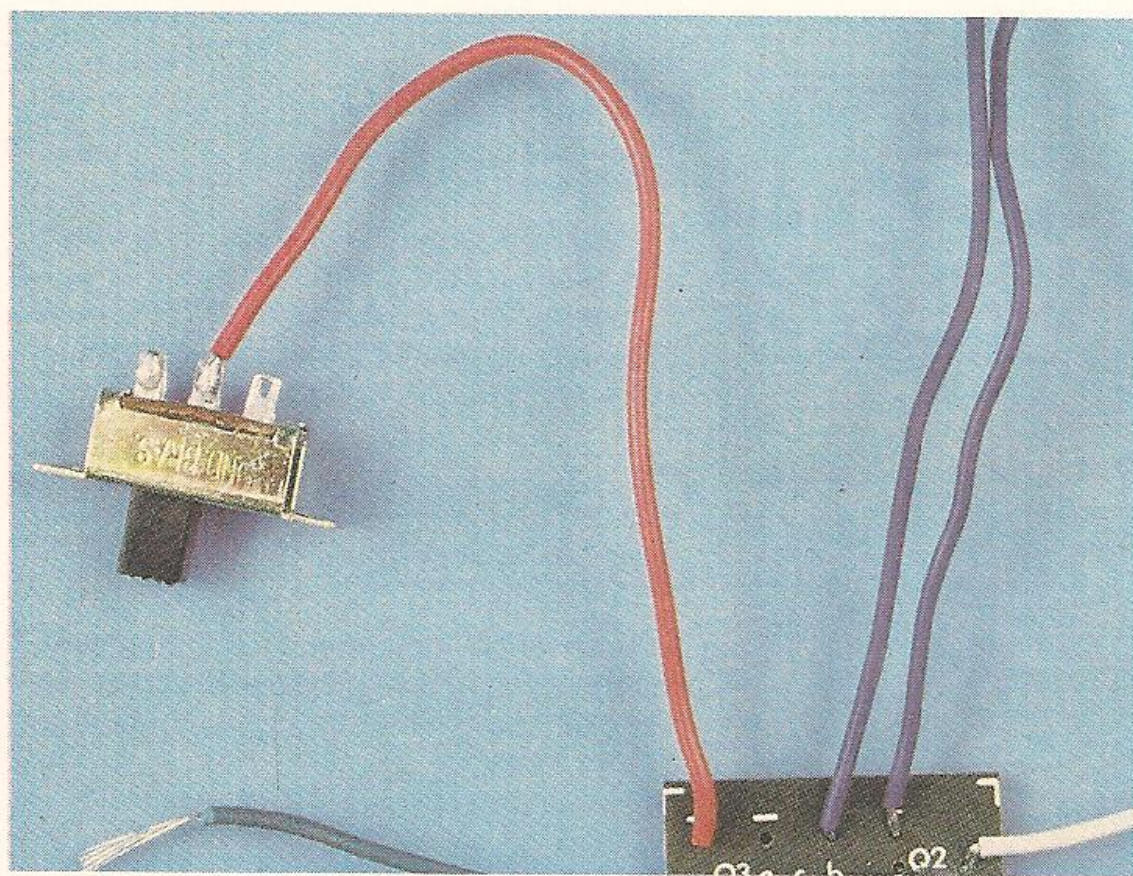
Os passos são os seguintes:

- 1.º) Solde o trim-pot na posição TP1 da placa (veja foto 8).
- 2.º) Monte os transistores Q1 e Q2 na placa de circuito impresso de modo que os seus chanfros coincidam com o lado reto do símbolo desenhado na placa (veja foto 9).
- 3.º) Monte o transistor Q3 na placa de circuito impresso de tal maneira que o seu lado metálico (sem a sigla) fique voltado para os furos (-) e L da placa (veja foto 9).
- 4.º) Solde 7 pedaços de fios em 7 furos da placa de circuito impresso, orientando-se pelas duas colunas da direita da tabela I e pela foto 10.

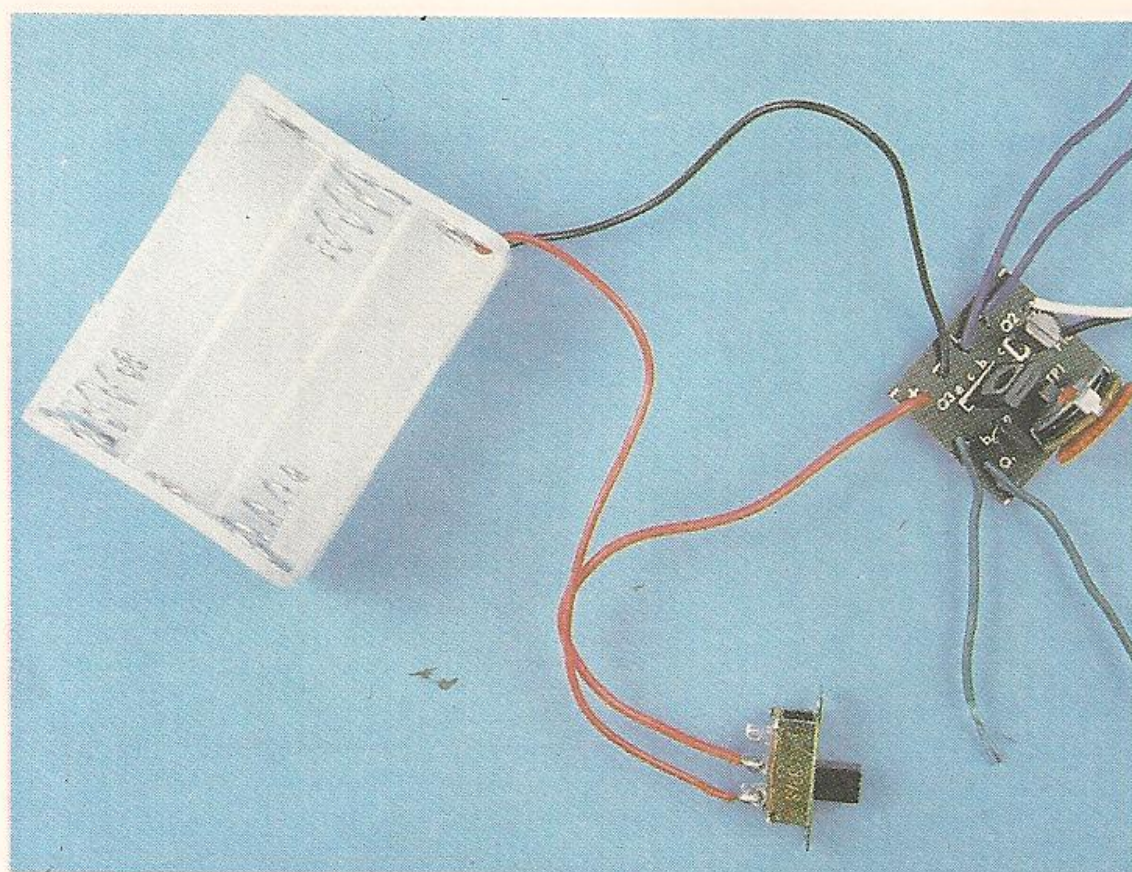
5.º) Solde o fio vermelho ligado à placa num dos terminais centrais da chave H-H (veja foto 11).

6.º) Ligue o fio vermelho do suporte para pilhas num dos terminais da chave H-H, situados no mesmo lado em que foi ligado o fio vermelho. O fio preto do suporte para pilhas deverá ser ligado diretamente no furo marcado com o sinal (-) da placa de circuito impresso (veja foto 12).

7.º) Solde o fio branco, ligado à placa, no terminal do fototransistor que fica do lado chanfrado do seu corpo (coletor) e o fio preto, que também está ligado à placa, no outro terminal (emissor) do fototransistor, orientando-se pela tabela I e pela foto 13.

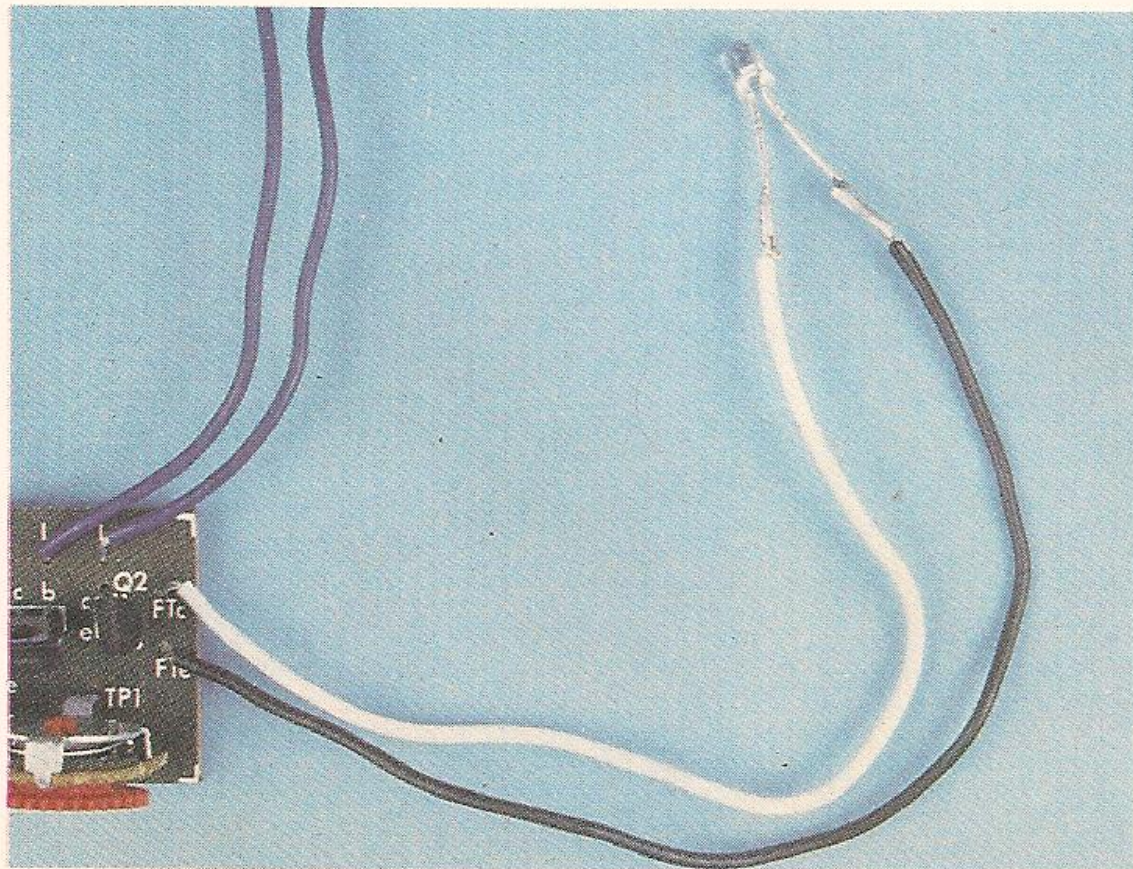


11. Ligação do fio vermelho na chave H-H.

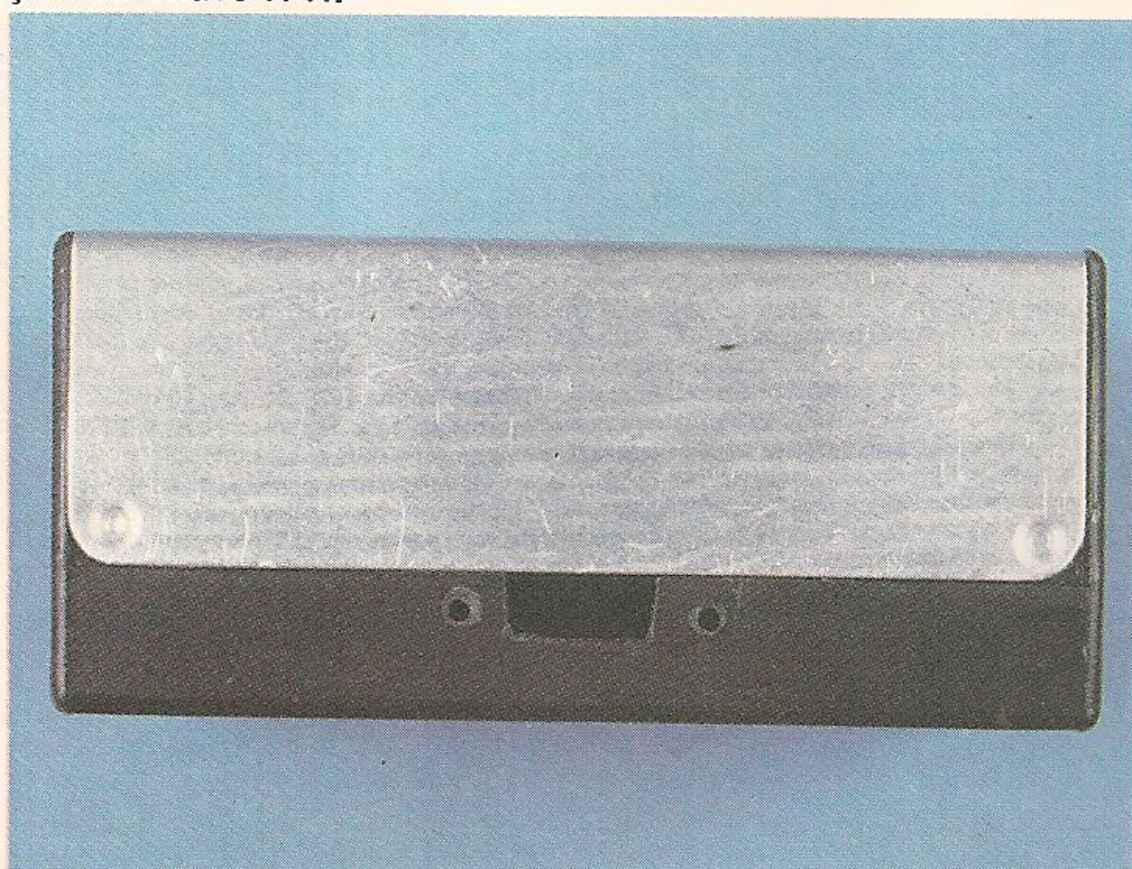


12. Ligação dos fios do suporte para pilhas na chave H-H e na placa de circuito impresso.

13. Ligação do fio branco e do fio preto nos terminais do fototransistor.



14. Chassi com abertura retangular e furos feitos para a fixação da chave H-H.



8.º) Faça em seguida uma abertura retangular e dois furos na parte lateral do chassi de plástico, para a fixação da chave H-H.

Note que na lateral do chassi já existe um lugar preestabelecido para essa finalidade (veja foto 14).

9.º) Faça dois furos na parte traseira do chassi, orientando-se pela ilustração 15 (veja foto 16).

10.º) Faça dois furos na parte superior da tampa do chassi, orientando-se pela ilustração 15 (veja foto 17).

11.º) Fixe a placa de circuito impresso, já montada, num dos ressaltos existentes no fundo do chassi, usando o parafuso auto-atarraxante de 2,2 mm x 6 mm (veja foto 18).

12.º) Fixe os 2 parafusos de 3 mm x 15 mm na parte traseira do chassi e, em seguida, coloque as duas porcas de 3 mm nos parafusos (veja foto 18).

13.º) Enrole as duas pontas dos fios verdes uma em cada parafuso e, em seguida, aperte as duas porcas, para que se estabeleça um bom contato elétrico (veja foto 19).

14.º) Fixe a chave H-H no chassi, usando os 2 parafusos auto-atarraxantes de 3 mm x 10 mm (veja foto 19).

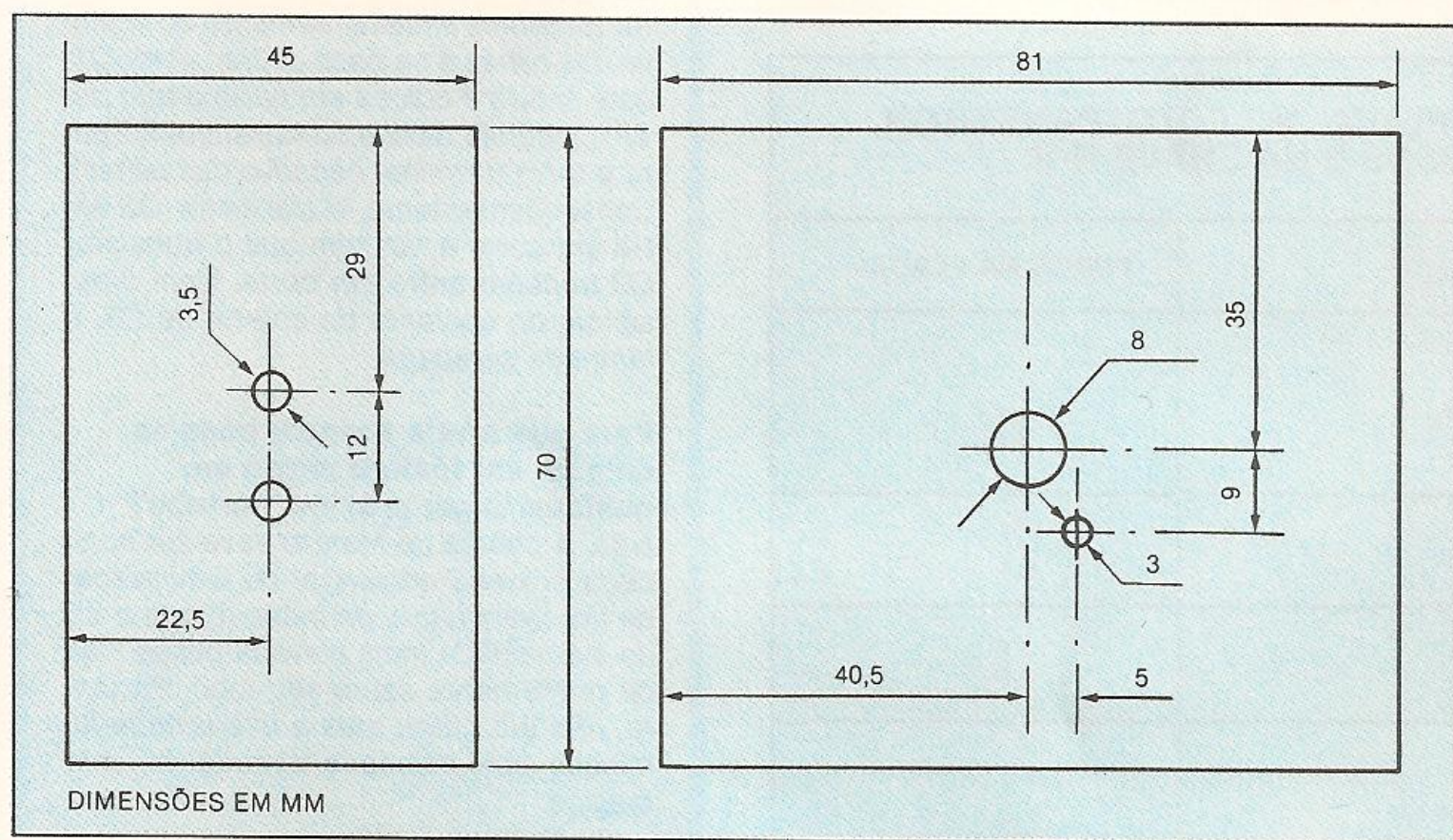
15.º) Fixe a lâmpada na tampa do chassi e, em seguida, ligue os 2 fios azuis na lâmpada (veja foto 20).

16.º) Corte os 2 ressaltos existentes no fundo do chassi, para depois encaixar o suporte com as 6 pilhas e, assim, fi-

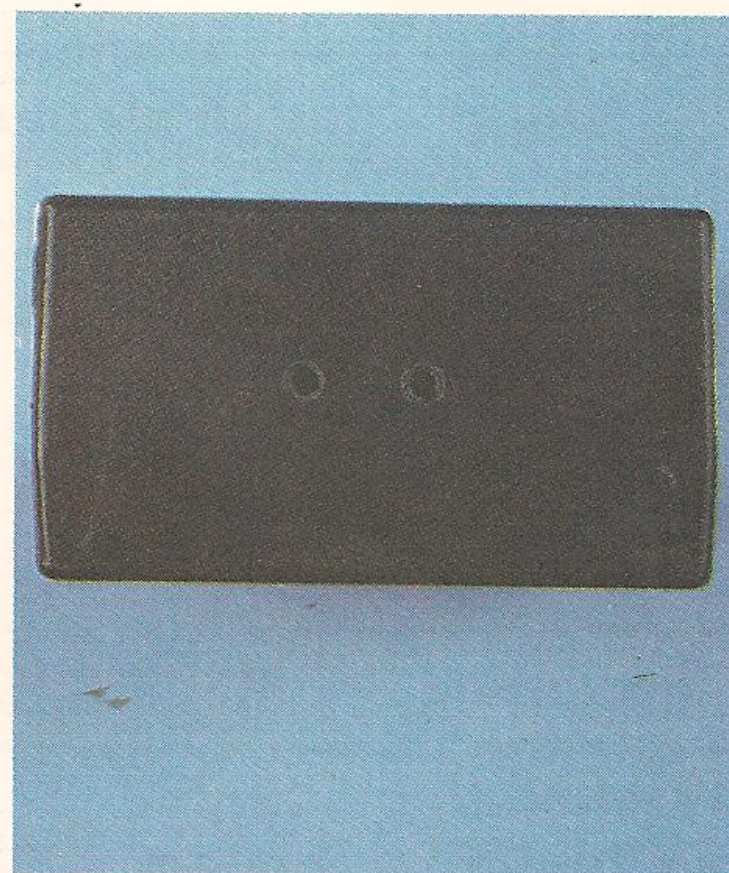
xe bem todo o conjunto (veja foto 20).  
17.º) Encaixe o fototransistor em seu furo na tampa do chassi, dobrando levemente os terminais. Para uma melhor fixação, é aconselhável colocar um pingo de cola entre o furo e o corpo do fototransistor (veja foto 20).

18.º) Ligue o aparelho e verifique se a lâmpada acende. Se isso acontecer, toque os 2 parafusos com o dedo e verifique se a lâmpada apaga, e permanece apagada quando se retira o dedo dos parafusos. Tudo isso deve ser feito em um ambiente que tenha iluminação normal.

Se ao retirar o dedo dos parafusos a lâmpada permanecer apagada, o circuito já estará devidamente ajustado e

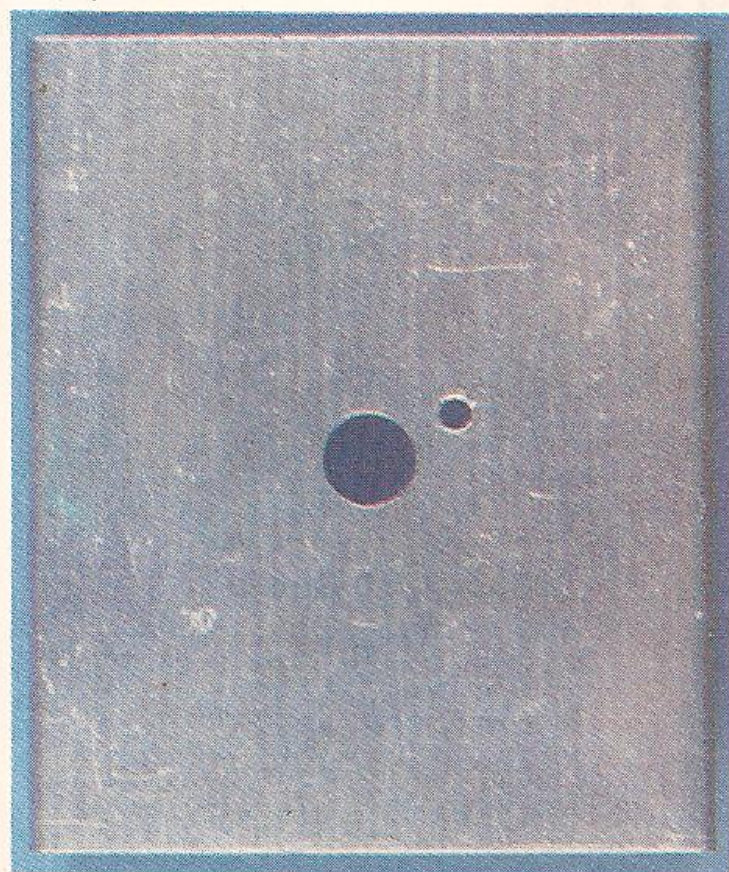


15. Desenho das furações na parte traseira do chassi e na parte superior da tampa.

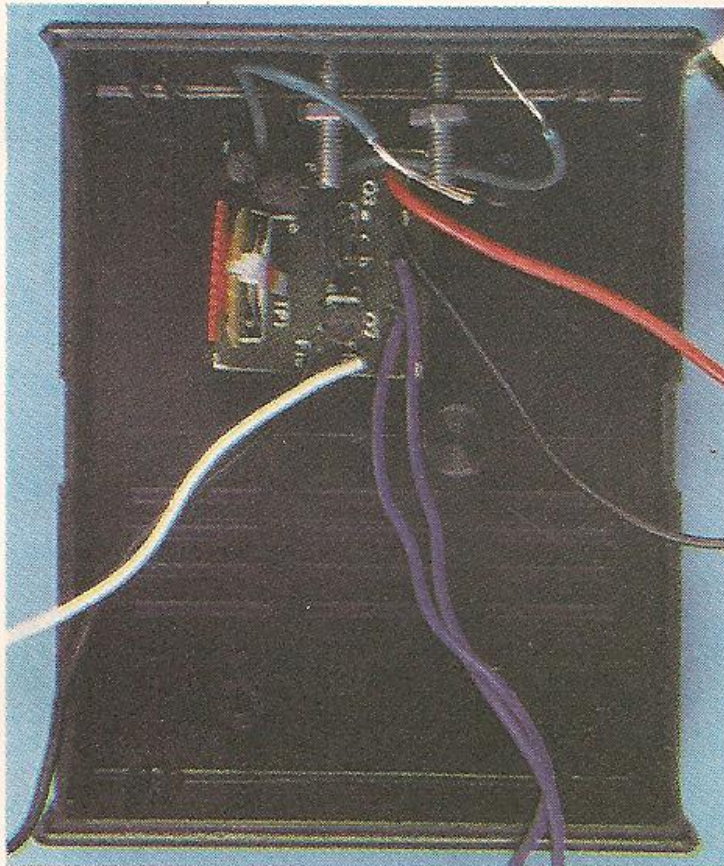


16. Parte traseira do chassi com sua furação.

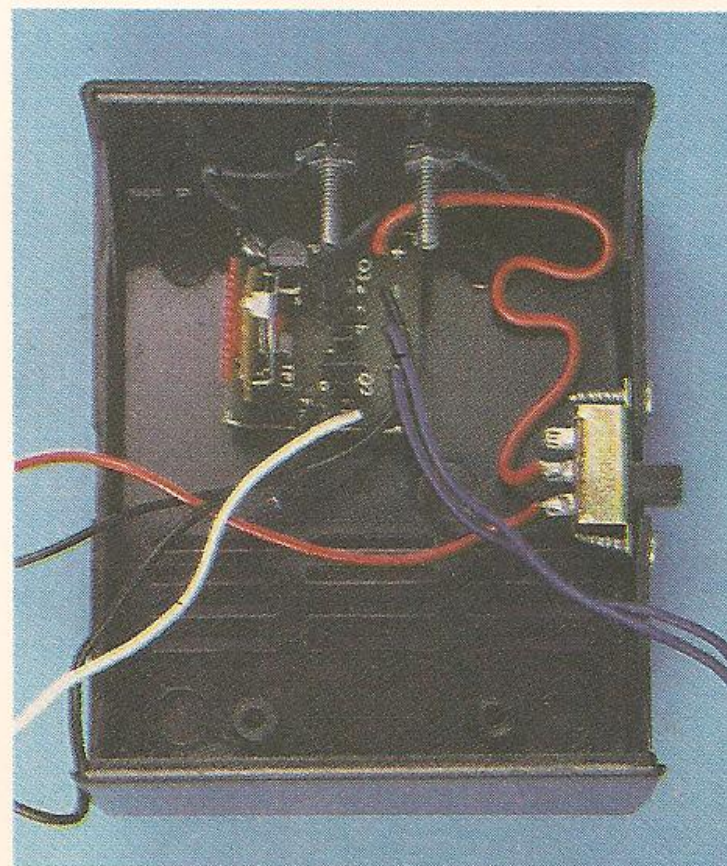
17. Parte superior da tampa com sua furação.



18. Fixação da placa e colocação de 2 parafusos e de duas porcas no chassi.



19. Ligação dos dois fios verdes nos parafusos e fixação da chave H-H no chassi.



equilibrado. No entanto, em seguida, aproxime um fósforo aceso do fototransistor e teste o acendimento da lâmpada. Teste também o seu apagamento, com um novo toque nos parafusos.

19.º) Se, por outro lado, a lâmpada permanecer apagada ao ligar o aparelho, vá ajustando o trim-pot TP1 lentamente. Aproxime um fósforo aceso do fototransistor até obter o acendimento da lâmpada. Retire o fósforo aceso de perto do fototransistor e teste o apagamento da lâmpada, como já foi explicado. Repita.

20.º) Depois que o circuito estiver ajustado e equilibrado, encaixe a tampa de alumínio sobre o chassi (veja foto 21).

21.º) Corte o tubo transparente na altu-

ra desejada, e depois esfregue um pedaço de palhinha de aço por toda a área do interior do tubo, tornando-o fosco (opaco).

22.º) Finalmente, cole o tubo preparado sobre a tampa do chassi, de modo que em seu interior fiquem a lâmpada e o fototransistor. Repita os testes de acendimento e apagamento da lâmpada, agora com o tubo opaco. A sua montagem da vela mágica está pronta (veja foto 22).

**Sugestão:** para tornar a brincadeira mais interessante e surpreender seus amigos, coloque no chassi vários pares de parafusos falsos e sem função alguma, idênticos aos que foram usados na montagem do aparelho.

### Como funciona o circuito da vela mágica para que a lâmpada acenda?

Depois que o trim-pot TP1 estiver ajustado, ao incidirmos luz com maior intensidade sobre o fototransistor, a sua corrente de coletor aumenta, devido à diminuição da resistência interna. Essa corrente é aplicada na base do transistor Q2, já que o transistor Q1 está cortado. O transistor Q2 conduz e faz com que o transistor Q3 também conduza uma corrente de coletor, suficiente para fazer com que a lâmpada acenda. Ela permanece acesa, pois sua luz mantém a intensidade luminosa incidente sobre o fototransistor.

### Como funciona o circuito da vela mágica para que a lâmpada se apague?

Ao tocarmos simultaneamente no positivo das pilhas e na base do transistor Q1, este satura e coloca em curto o trim-pot TP1, jogando a base do transistor Q2 para o terra (terminal negativo das pilhas). Conseqüentemente, o transistor Q2 entra em corte e faz com que o transistor Q3 também entre em corte. Com a ausência da corrente de coletor de Q3, a lâmpada se apaga.

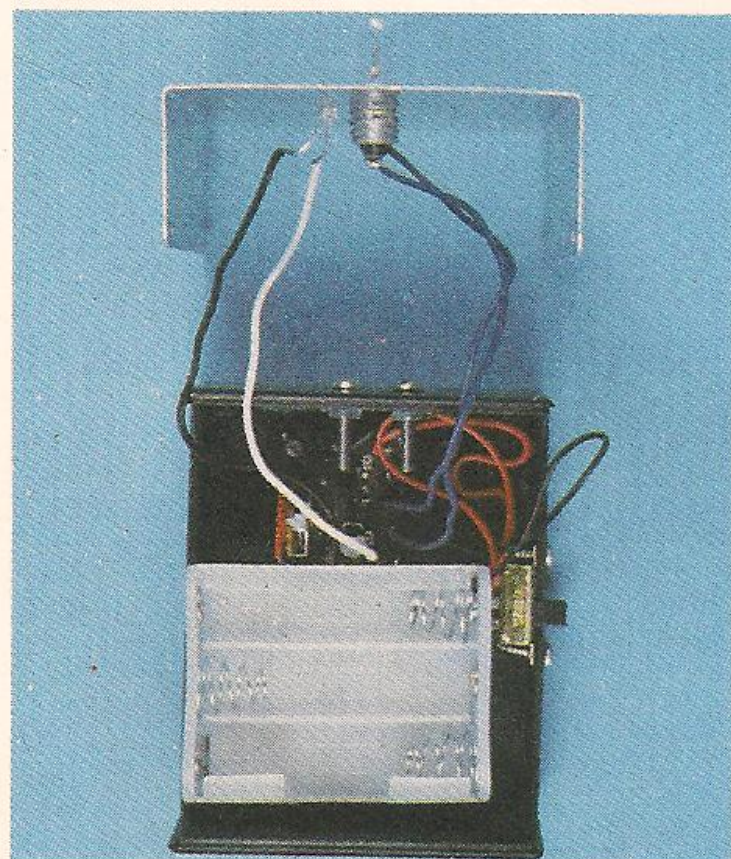
### Para que a vela acenda, pode-se colocar um fósforo aceso em qualquer lugar próximo do tubo?

Não. A chama do fósforo deve ser colocada próxima ao sensor de luminosidade (fototransistor), de maneira que a luz de intensidade mais elevada possa incidir diretamente sobre seu topo. Portanto, não é o calor, mas a intensidade luminosa que aciona o circuito da vela mágica.

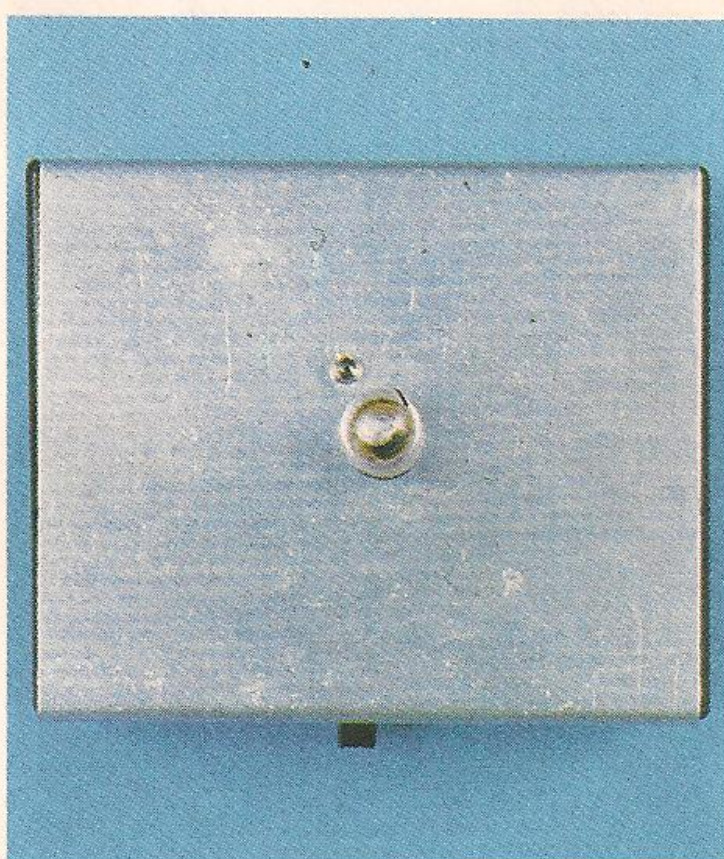
**TABELA I — LIGAÇÃO DE FIOS NA PLACA, NO FOTOTRANSISTOR, NA LÂMPADA, NOS PARAFUSOS E NA CHAVE H-H.**

| COMPONENTES                          | FIOS  | FUROS NA PLACA |
|--------------------------------------|---|----------------|
| FOTOTRANSISTOR<br>Coletor<br>Emissor | 12 cm de fio branco n.º 22<br>12 cm de fio preto n.º 22 | FTc<br>FTe     |
| Lâmpada                              | 15 cm de fio azul n.º 22<br>15 cm de fio azul n.º 22    | L<br>L         |
| Parafusos de toque                   | 5 cm de fio verde n.º 22<br>5 cm de fio verde n.º 22    | P<br>P         |
| CHAVE H-H<br>Terminal central        | 10 cm de fio vermelho n.º 22                            | +              |

**20. Ligação dos 2 fios azuis na lâmpada fixada na tampa, encaixe do suporte de pilhas no chassi e do fototransistor na tampa.**



**21. Encaixe da tampa de alumínio no chassi.**



**22. Aspecto final da vela mágica montada e acesa.**

