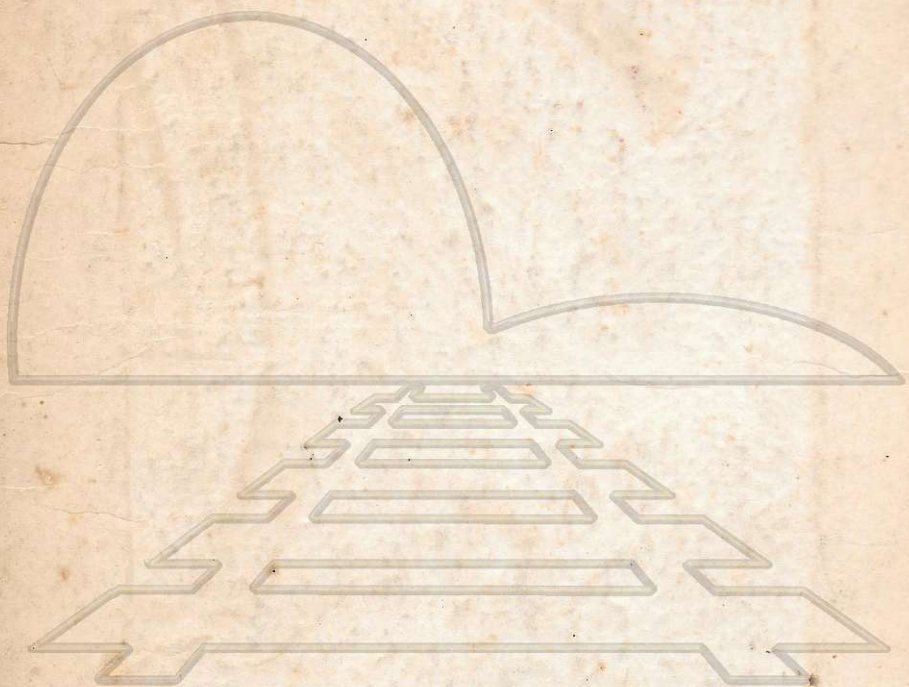


LOCOMOTIVAS A VAPOR



MANUAIS TÉCNICOS - LEP

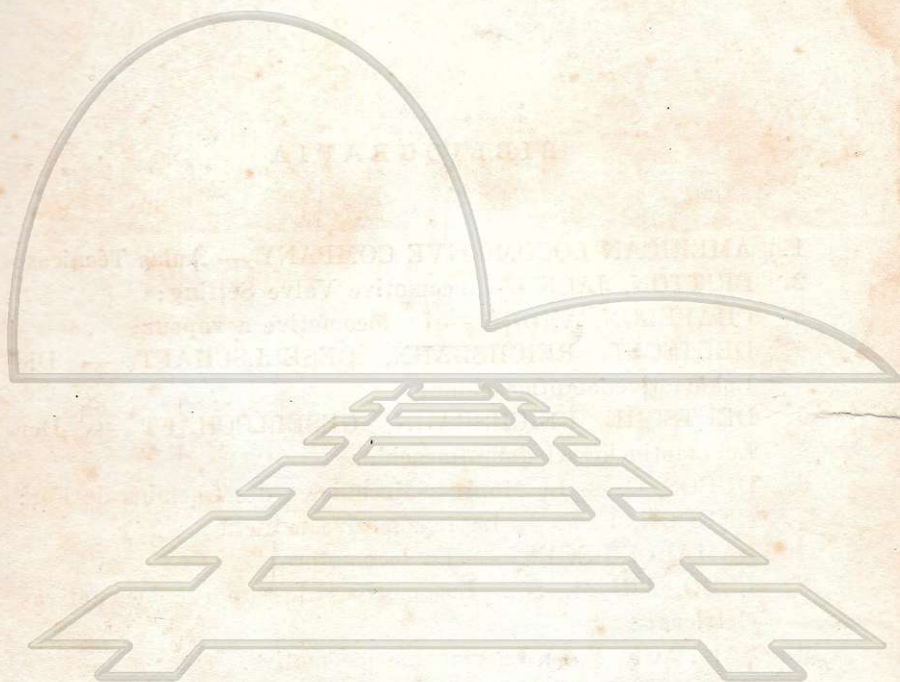


Trilhos do Rio

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN LOCOMOTIVE COMPANY — Aulas Técnicas;
2. BRITTON, JACK — Locomotive Valve Setting;
3. CHAPELON, ANDRÉ — La locomotive a vapeur;
4. DEUTSCHE REICHSBAHN, GESELLSCHAFT — Die Lokomotivedampfmaschine;
5. DEUTSCHE REICHSBAHN, GESELLSCHAFT — Der Lokomotivekessel dampfmaschine;
6. DUBOS, G. — Le Monteur-Mecanicien des Chemins de Fer;
7. GUEDON, L. P. — La Locomotive actuelle;
8. LAMALLE-LEGEIN — La locomotora;
9. LOBO, ARI M. — Locomotivas de vapor e locomotivas elétricas;
10. SAUVAGE, E. — La machine locomotive.

Trilhos do Rio



Trilhos do Rio

MANUAIS TÉCNICOS LEP



LOCOMOTIVAS A VAPOR

pelo

ENG. JOAQUIM MACHADO DE M. JUNIOR

Assistente Técnico da Divisão de Ensino e Seleção
Profissional da E. F. Sorocabana

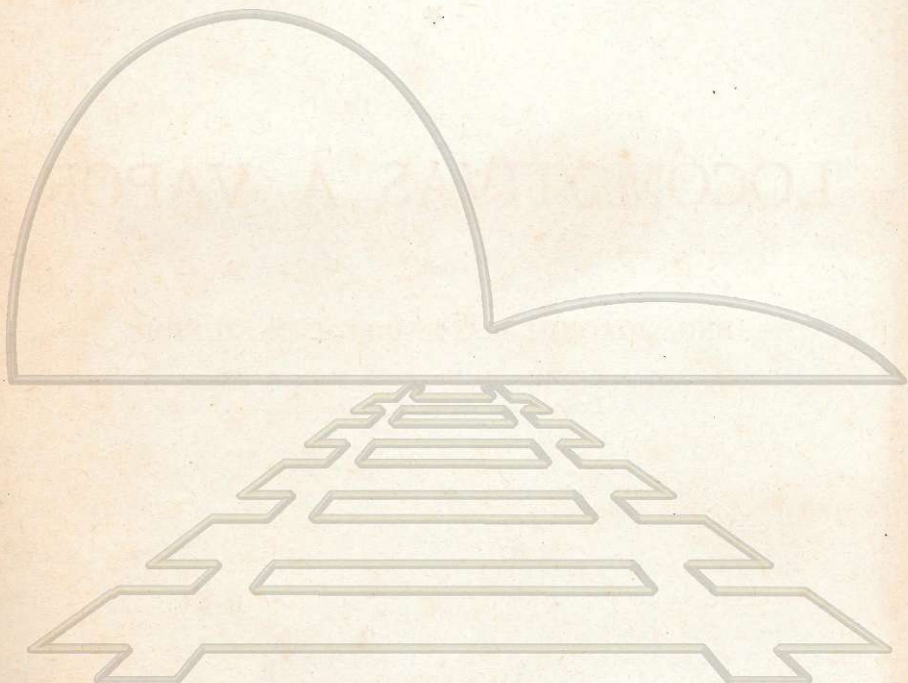
2.ª EDIÇÃO

Trilhos do Rio



RUA TENENTE PENA, 338 — SÃO PAULO

TRILHOS DO RIO

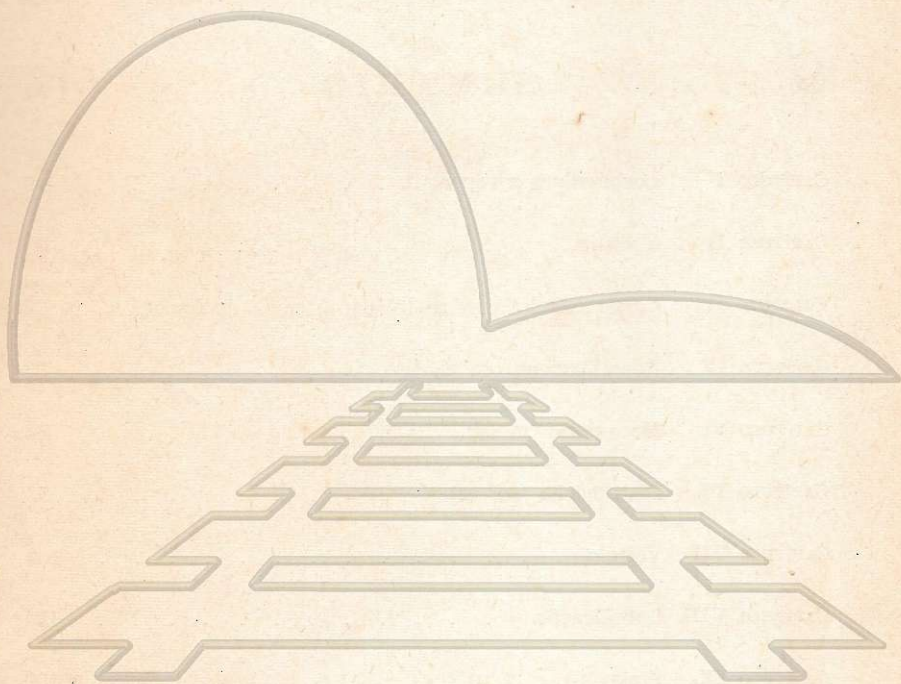


Trilhos do Rio

Comunicação
Rio

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	Locomotivas a vapor	9
CAPÍTULO II	Caldeira	13
CAPÍTULO III	Corpo cilíndrico, feixe tubular e caixa de fumaça	24
CAPÍTULO IV	Aparelhamento da caldeira	33
CAPÍTULO V	Mecanismo motor	44
CAPÍTULO VI	Distribuição do vapor	55
CAPÍTULO VII	Veículo	103
CAPÍTULO VIII	Lubrificação	124
CAPÍTULO IX	Freios	130
CAPÍTULO X	Trabalho da locomotiva	148
CAPÍTULO XI	Tipos de locomotivas	159
APÊNDICE	Nomenclatura da locomotiva	165
ÍNDICE ALFABÉTICO	175
BIBLIOGRAFIA	179



Trilhos do Rio

CAPÍTULO I

LOCOMOTIVAS A VAPOR

1. **Histórico** — A locomotiva a vapor tem pouco mais de um século de existência. Durante este tempo ela passou por modificações várias, visando sempre maior capacidade de produção do vapor e uma melhor transformação da sua energia em trabalho.

Vejamos, em rápidos traços, a evolução da locomotiva a vapor desde Stephenson (1811) até os nossos dias.

A locomotiva de Stephenson, «The Rockett» (fig. 1), pesava em serviço 4,3 toneladas; possuía **caldeira cilíndrica tubular** com 25 tubos de cobre, timbrada em 3,5 atm., alimentando dois cilindros fortemente inclinados em relação ao eixo motor que ocupava a frente da máquina.

O que caracterizou a «Rockett» de Stephenson, foi o fato de estarem, pela primeira vez, reunidos, num único tipo, a **caldeira tubular** e o **escapamento do vapor na chaminé**, assegurando o equilíbrio entre o consumo e a produção de vapor.

O primeiro aperfeiçoamento das locomotivas que se seguiram à de Stephenson foi a horizontalidade dos cilindros.

Estas primeiras locomotivas (fig. 2) apresentavam características que se conservariam durante muito tempo. Possuíam dois cilindros interiores horizontais colocados sob a caixa de fumaça; um rodeiro-suporte situado na frente da máquina um pouco atrás dos cilindros; um eixo motor com rodas grandes e independentes colocado no meio da locomotiva; um rodeiro-suporte na parte traseira. A distribuição era feita por gavetas planas.

Em 1832 construíram-se locomotivas com dois eixos conjugados e em 1834 com 3 eixos, sendo motor o intermediário.

Os anos de 1843 e 1844 assinalaram a grande inovação introduzida na locomotiva a vapor: a **corredieça de Stephenson** e o **quadrante de Walschaert**. A mudança de marcha e a fácil variabilidade de admissão do vapor nos cilindros ficaram assim simplificadas e melhoradas.

Anatole **Mallet** em 1876 aplicou pela primeira vez, na locomotiva a vapor, o sistema **compound**. A sua pequena locomotiva possuía dois cilindros: um de alta e outro de baixa pressão (fig. 3).

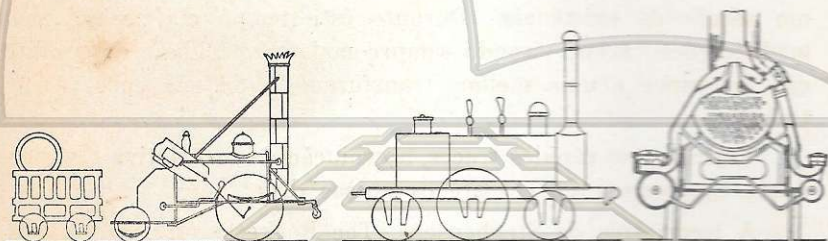


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Em seguida apareceram locomotivas **compound** de 3 cilindros: dois laterais de baixa pressão e um central de alta e vice-versa.

Logo depois apareceram **compound** de 4 cilindros. Por essa época (1890) o emprêgo do vapor superaquecido generalizou-se nas locomotivas.

Mais ou menos nessa ocasião as locomotivas foram equipadas com **gavetas cilíndricas** para a distribuição do vapor.

Todo êsse desenvolvimento da locomotiva a vapor processava-se na Europa. Entretanto, na América do Norte, construíram-se locomotivas desde 1830, e os tipos americanos, adotando os aperfeiçoamentos europeus, caracterizavam-se pelo uso de um truque dianteiro.

Com o desenvolvimento geral dos meios de transporte, surgiu a necessidade de locomotivas mais possantes; o aumento da su-

perfície das grelhas exigiu a colocação de um eixo-suporte sob a fornalha: era o primeiro tipo «**Atlantic**» que aparecia.

Houve necessidade de se aumentar a velocidade das locomotivas: as rodas aumentaram de diâmetro. A «**Atlantic**» evoluiu para a «**Ten Wheel**» e em seguida para a «**Pacific**».

A partir de 1914, os construtores de locomotivas passaram a comparar o transporte ferroviário com os que iam surgindo em virtude do emprêgo do motor de explosão nos automóveis e aviões.

Concluíram que a característica principal da ferrovia era a sua grande capacidade de transporte. Abandonaram as suas pesquisas para o aumento da velocidade das locomotivas e passaram a estudar o acréscimo possível da sua potência. Aumentou-se a aderência, multiplicando-se o número de eixos para que o peso de cada um não fôsse aumentado.

Surgiu então a locomotiva **Montanha** («**Mountain**») com quatro eixos conjugados, em seguida a «**Ten-coupled**» com cinco.

O progresso da locomotiva a vapor continua em nossos dias: já surgem na América do Norte locomotivas com tripla expansão, timbradas a 35 atmosferas, capazes de rebocar 5.000 a 6.000 toneladas.

A locomotiva a vapor possui características próprias e inconfundíveis. Do ponto de vista mecânico, ela mostra a ausência surpreendente de qualquer dispositivo adotado em outros motores, para a mudança de velocidade (embreagem). Passa-se com facilidade, na locomotiva a vapor, de baixas para altas velocidades com o mesmo mecanismo, agindo-se simplesmente na alavanca de marcha e no regulador do vapor.

2. Disposição geral — As locomotivas são máquinas destinadas a rebocar veículos sôbre trilhos.

Conforme a espécie de energia utilizada, as locomotivas se classificam em: locomotivas a vapor, elétricas e Diesel.

Nas primeiras, o vapor produzido na caldeira provoca, pela sua expansão nos cilindros, o movimento dos êmbolos que é transmitido até as rodas. A locomotiva a vapor reboca, logo

atrás de si, o tênder, que transporta os elementos necessários à produção do vapor: água e combustível.

As locomotivas elétricas recebem a energia através de um fio que acompanha os trilhos e essa energia vai acionar motores que se conjugam diretamente com os eixos.

As locomotivas Diesel levam consigo um motor a óleo, cujo movimento é transmitido, mecânica ou elêtricamente, aos eixos das rodas.

A locomotiva a vapor é constituída de três partes: o **veículo** propriamente dito, compreendendo o chassi, os eixos e as rodas; o **gerador de energia** necessária ao funcionamento da máquina; o **mecanismo motor**, isto é, o conjunto de peças que, recebendo a energia produzida, transmite-a até os eixos, movimentando as rodas.

A locomotiva a vapor pode utilizar vapor saturado ou vapor superaquecido. Conforme o aproveitamento do vapor, a locomotiva pode ser de simples ou de múltipla expansão. Neste último tipo, o vapor depois de acionar os êmbolos dos cilindros de «alta pressão» ainda é utilizado em novos cilindros chamados de «baixa pressão».



Trilhos do Rio

CAPÍTULO II

CALDEIRA

3. **Generalidades** — A caldeira é a parte da locomotiva onde se produz a energia que a movimenta: o vapor. Essa energia transforma-se em trabalho quando o **vapor de água se expande nos cilindros**. A caldeira apresenta dois compartimentos distintos: o que encerra a água e o que produz o calor necessário à vaporização desta última.

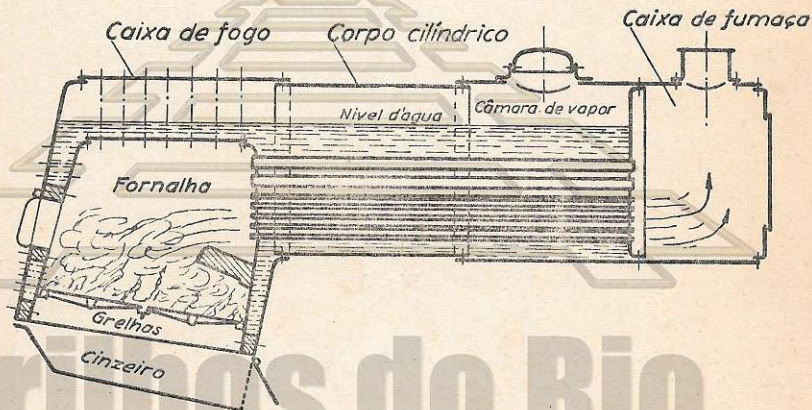


Fig. 4

Para que o calor aqueça a água da melhor forma possível, os gases quentes produzidos pela queima dos combustíveis são obrigados a permanecer em contato com ela em quase todo o comprimento da caldeira.

A caldeira se subdivide nas seguintes partes: fornalha; corpo cilíndrico; caixa de fumaça; aparelhamento em geral.

A caixa de fumaça, de onde sai a chaminé, ocupa a frente da locomotiva vindo imediatamente a ela ligado o **corpo cilíndrico**; atrás dêste se encontra a **fornalha**. A fig. 4 mostra as partes principais da caldeira.

4. **Fornalha** — A fornalha tem como invólucro a caixa de fogo.

a) **Caixa de fogo** — E' uma caixa composta de duas placas: uma dianteira, perfurada circularmente, que se fixa no **corpo cilíndrico** da caldeira, e outra traseira (fig. 5).

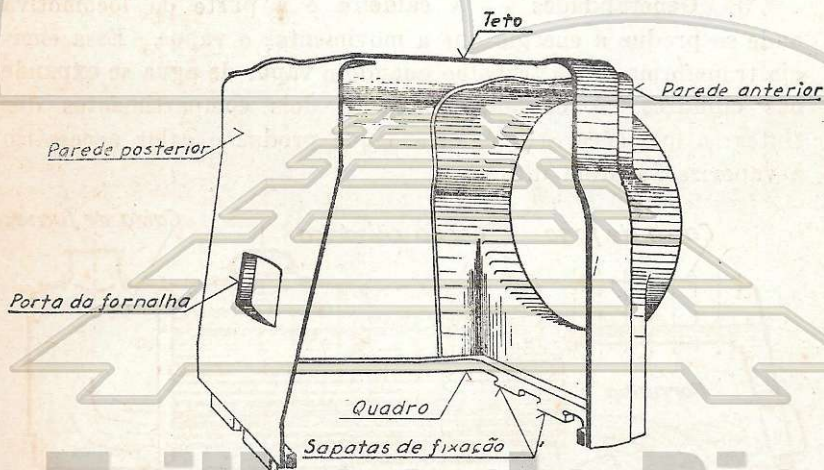


Fig. 5

Envolvendo essas duas placas, há uma chapa que as reúne completando a caixa de fogo. O «céu» da caixa de fogo pode ser plano, como no tipo Belpaire, ou curvo, como no tipo Crampton (figs. 6 e 7).

As paredes laterais da caixa de fogo são geralmente paralelas e caem entre os longerões da locomotiva (fig. 8).

Quando a caixa de fogo deve comportar uma grande fornalha, as paredes laterais se inclinam para fora dos longerões (fig. 9). Para permitir o aumento do corpo cilíndrico da cal-

deira, comportando maior feixe tubular, a caixa de fogo apresenta-se recurvada para dentro dos longerões (fig. 10).

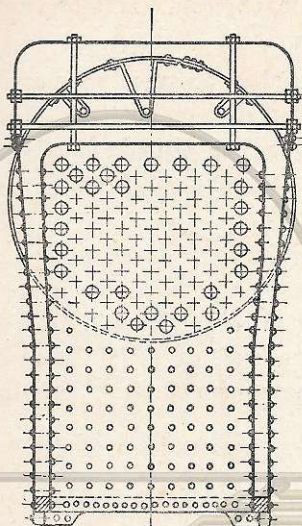


Fig. 6

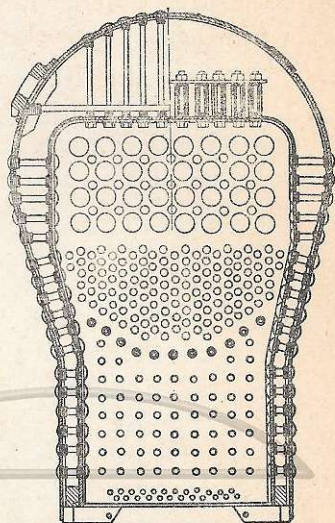


Fig. 7

b) **Fornalha** — A fornalha é um compartimento que possui forma análoga à da caixa de fogo e nesta se introduz, deixando entre as paredes um espaço suficiente, para que a água da caldeira possa ali penetrar e permanecer.

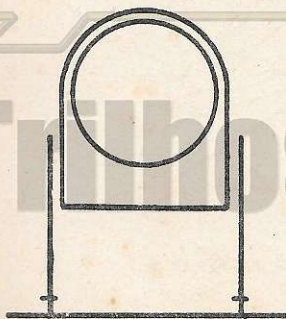


Fig. 8

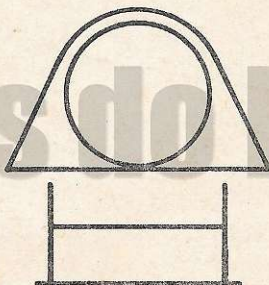


Fig. 9

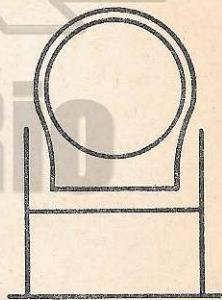


Fig. 10

Ela entra na caixa de fogo pela sua parte inferior ou pela parte anterior, devendo, neste último caso, a chapa traseira da caixa de fogo ser montada em último lugar.

A fornalha tem construção idêntica à da caixa de fogo. E' constituída de uma placa dianteira com furos destinados ao encaixe da parte anterior dos tubos de fumaça; esta parte é conhecida pelo nome de **espelho** da fornalha.

Tanto a caixa de fogo como a fornalha possuem na parede posterior uma abertura para introdução do combustível. Esta abertura recebe a **porta** da fornalha, que fica situada a alturas diferentes, conforme a profundidade da fornalha. Em geral, está a 30 ou 40 cm acima das grelhas.

Encontra-se na fornalha um **guarda-fogo**, constituído por uma abóbada de tijolos refratários (fig. 11), que obriga o ar e os gases a fazerem um percurso maior na fornalha, antes de penetrarem no feixe tubular. Serve, também, de acumulador do calor e evita o contato direto das chamas com a placa tubular.

O céu da fornalha possui duas aberturas, onde se alojam os **bujões fusíveis** (fig. 11).

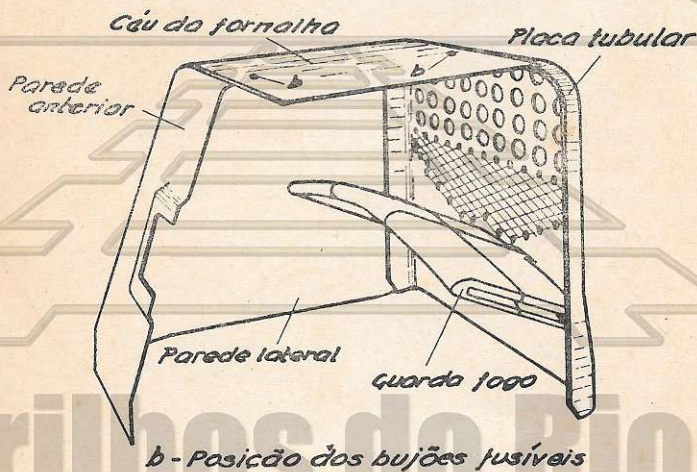


Fig. 11

c) **Câmara de combustão** — Nas grandes caldeiras, o espelho da fornalha recua para o interior do corpo cilíndrico, formando um espaço denominado «câmara de combustão». Esta evita o contato direto do ar frio com a tubulação.

5. **Materiais utilizados** — A caixa de fogo é confeccionada de chapas de aço.

O metal de emprêgo clássico nas fornalhas era o cobre, devido à sua boa condutibilidade de calor. Modernamente se usa quase que exclusivamente o aço. Este, apesar de não ser tão bom condutor de calor, permite, devido à sua elevada resistência, uma diminuição na espessura das chapas, o que compensa aquêle de-

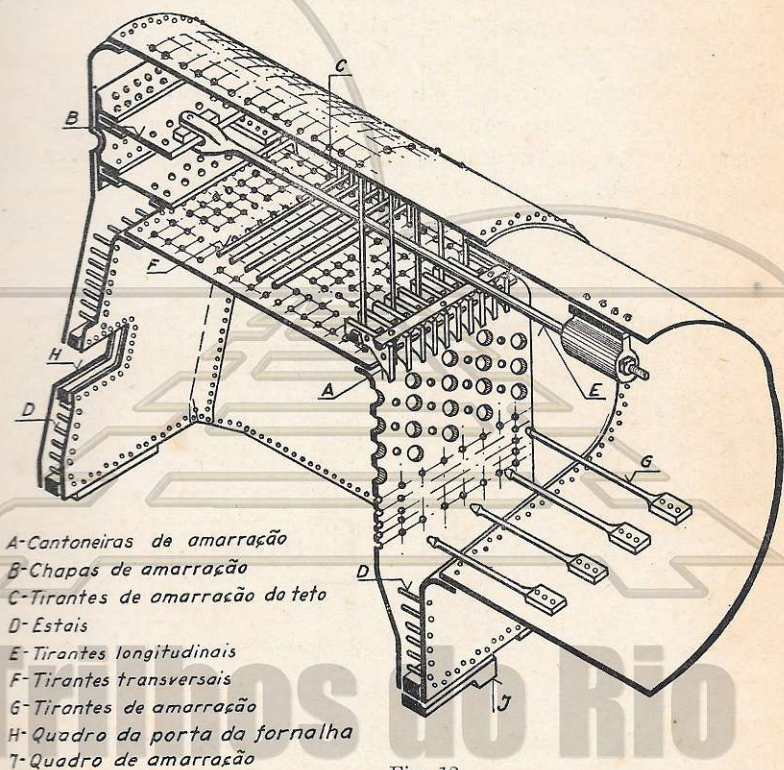


Fig. 12

feito. Uma espessura de $5/8''$ das paredes pode ser reduzida a cerca de $3/8''$, quando substituirmos o cobre pelo aço.

O aço, entretanto, é mais sensível às mudanças rápidas de temperatura do que o cobre. Torna-se necessário maior cuidado na conservação, procedendo as lavagens com água quente e re-

duzindo o tempo de abertura da porta da fornalha ao mínimo possível. A solda elétrica empregada na reparação das fornalhas tem dado ao aço uma verdadeira supremacia sobre o cobre.

Acima de tôdas as vantagens sobre o cobre, está, entretanto, o menor preço do aço.

6. **Ligação da caixa de fogo com a fornalha** — A caixa de fogo, recebendo a fornalha no seu interior, deve a ela prender-se solidamente. Esta amarração é vista na fig. 12.

Na parte inferior há um quadro de aço forjado, ligando a fornalha à caixa de fogo; êle constitui o fundo do reservatório da água, que recebe aquecimento direto. Um quadro menor é colocado entre as paredes posteriores da fornalha e da caixa de fogo envolvendo a porta da primeira.

A ligação entre as paredes da fornalha e da caixa de fogo é feita por «estais», conforme mostram as figs. 13 e 14.

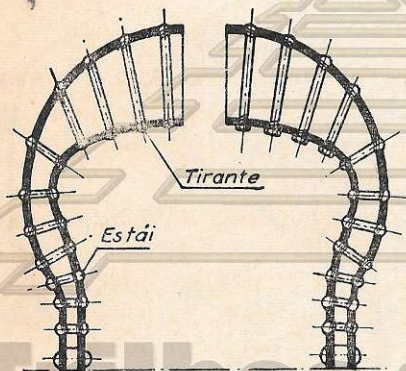


Fig. 13

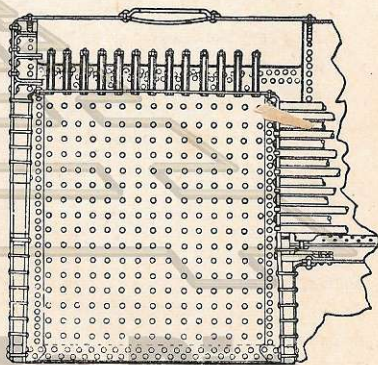


Fig. 14

Os estais impedem a deformação das paredes, que estão sujeitas a grandes esforços, e são colocados segundo os vértices de quadrado. Considerando-se o espaçamento de 100 mm entre estais e supondo a caldeira com pressão de 16 atmosferas, cada «estai» suportará um esforço de:

$$16 \times 100 = 1.600 \text{ quilogramas}$$

Para resistir a êsse esforço considerável o estai deve ser confeccionado com metal apropriado, pois devido às dilatações

desiguais das paredes da fornalha e da caixa de fogo, o estai fica também submetido a esforço de flexão, principalmente os das fiadas superiores que são inclinados (fig. 13).

Os estais são pequenos tirantes metálicos rosqueados e rebitados do lado exterior das chapas (fig. 15).

São ligeiramente chanfrados para diminuir o encrustamento e possuem em todo o comprimento ou em parte, um canal que lhes dá maior flexibilidade e que denuncia, por vazamento, se

há estais rompidos. No caso da ruptura de um dêles, o grande esforço de 1.600 quilogramas, exemplificado anteriormente, se distribui pelos estais vizinhos, sobrecarregando-os, portanto. A troca de um estai avariado deve ser imediata.

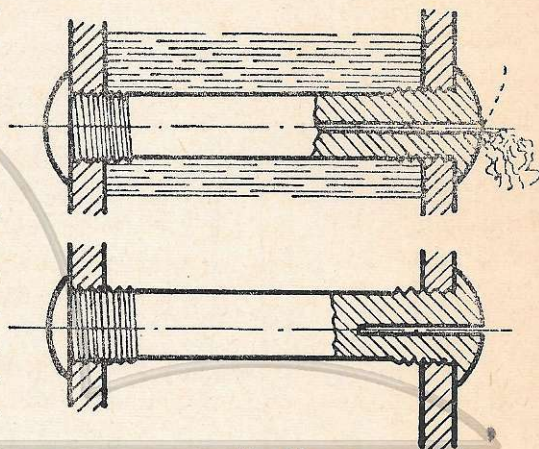


Fig. 15

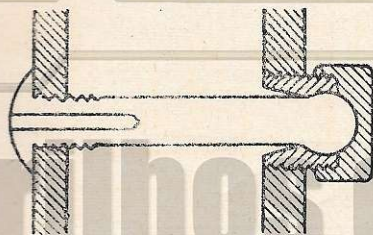


Fig. 16

Nos Estados Unidos da América do Norte são muito empregados estais com cabeça rebitada, articulada do lado da placa exterior (fig. 16).

O cobre foi durante muito tempo utilizado na confecção dos estais. O aço é bastante empregado, dando-se, entretanto, atual-

mente, preferência às ligas de cobre. Destas a mais usada é conhecida pelo nome de metal «Monel», cuja composição é a seguinte:

Cobre	28%
Níquel	67%
Ferro e manganês	5%

Mesmo a 500° de temperatura, o Monel resiste, pela tração, a uma carga de 40 kg/mm². À temperatura ordinária, esse valor é bem maior.

A amarração do céu da fornalha à caixa de fogo é feita por tirantes verticais, longitudinais e transversais. Ver fig. 12, letras E, F e C.

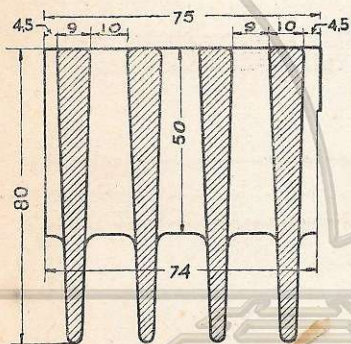


Fig. 17

A seção das barras é trapezoidal a fim de facilitar a livre passagem de resíduos (fig. 17).

A fig. 18 mostra os diversos aspectos de uma grelha que, agrupada com outras idênticas, recobre toda a fornalha.

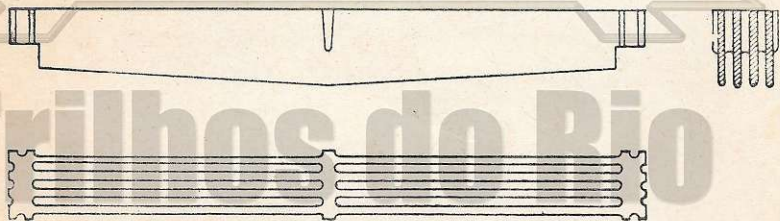


Fig. 18

Na frente das grelhas há uma parte móvel: a chapa de descarga, utilizada quando se faz a limpeza das grelhas (fig. 19).

Atualmente estão muito generalizadas as grelhas oscilantes, constituídas de dois grupos móveis de barras. Seu movimento

7. Grelhas e cinzeiro: a)
Grelhas — O fundo da fornalha recebe as grelhas, onde o combustível é depositado para a queima.

A grelha é constituída por barras de ferro fundido que repousam em apoios transversais que, por sua vez, assentam em montantes longitudinais do quadro da fornalha, não tocando, entretanto, nas paredes para permitir sua livre dilatação.

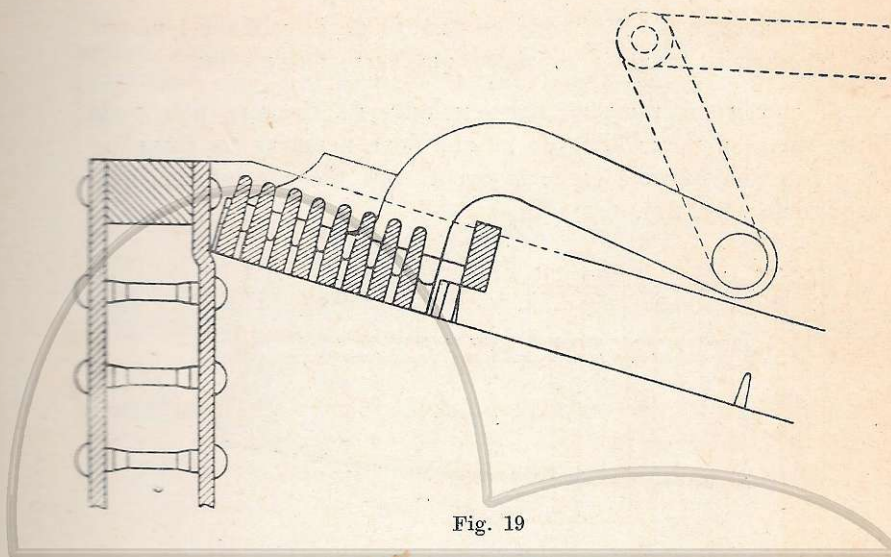


Fig. 19

é comandado da cabina e elas permitem quebrar o «cascão» que se forma na fornalha, quando se trabalha com combustível de qualidade inferior (fig. 20).

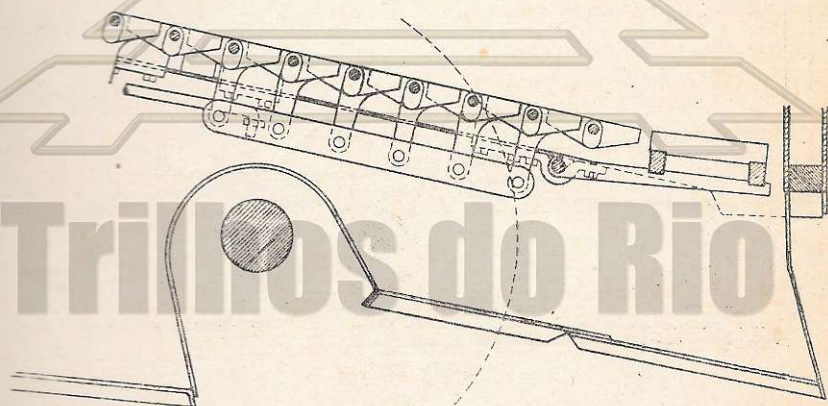


Fig. 20

As grelhas são colocadas na fornalha com inclinação que varia de acôrdo com o tipo da locomotiva; algumas há que possuem duas inclinações diferentes.

b) **Cinzeiro** — E' fixado ao quadro da fornalha e tem por fim recolher as brasas e as cinzas que caem das grelhas.

O cinzeiro é, também, um regulador da tiragem, pois pode fazer variar a quantidade de ar que deve penetrar na fornalha. Para êste fim há uma ou mais portas, que são comandadas pelo maquinista (fig. 21).

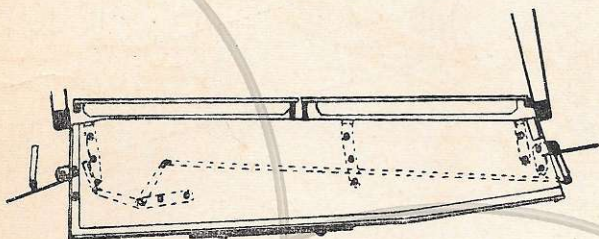


Fig. 21

Quando um eixo da locomotiva passa exatamente por baixo do cinzeiro, a melhor disposição consiste em dividir êste último em duas partes, munidas cada uma de sua porta (fig. 22).

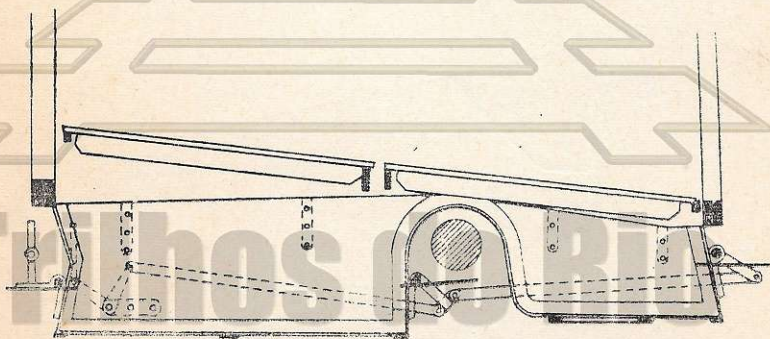


Fig. 22

Além das portas, o cinzeiro possui geralmente, uma abertura no fundo, por onde se faz a limpeza.

8. **Porta da fornalha** — Para o carregamento do combustível, a fornalha possui na sua parede posterior uma abertura

oval ou retangular sôbre a qual vem montada uma porta. O melhor dispositivo para esta é o que permite a sua abertura para o interior da fornalha (fig. 23), pois havendo rutura de um tubo de fumaça, a porta fechar-se-á, se estiver aberta.

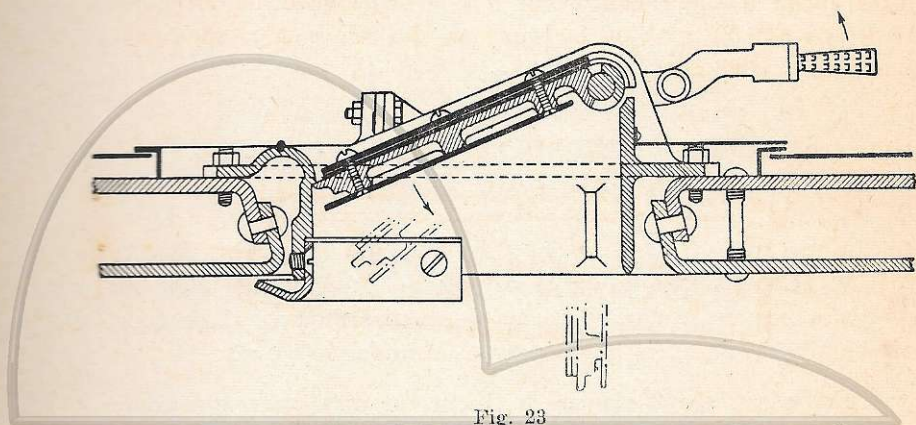


Fig. 23

A porta da fornalha é guarneçada de uma contraporta, que a protege contra a ação direta do fogo.

Trilhos do Rio

CAPÍTULO III

CORPO CILÍNDRICO, FEIXE TUBULAR E CAIXA DE FUMAÇA

9. **Constituição do corpo cilíndrico** — A caixa de fogo prolonga-se por um corpo cilíndrico de chapas de aço. Esse corpo é constituído de anéis ou «virolas», rebitadas entre si.

Em geral, são 3 virolas de diâmetros diferentes, que conferem à caldeira a forma chamada telescópica (fig. 24).

Algumas vezes o anel central é de diâmetro superior aos dos extremos, e a ligação entre eles se faz por recobrimento (fig. 25).

Quando o diâmetro das três virolas é o mesmo, a ligação é feita por cobre-juntas, que podem ser desiguais e mantidos por duas, quatro ou seis linhas de rebites (figs. 26 e 27).

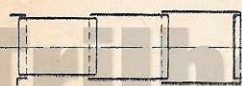


Fig. 24

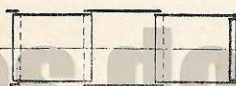


Fig. 25



Fig. 26

O vapor exerce sobre o corpo cilíndrico esforços consideráveis, tanto no sentido transversal, como longitudinalmente. Os primeiros são maiores do que os segundos, razão pela qual a união das chapas, no sentido longitudinal, deve ser feita por cobre-juntas. Deve-se, ainda, dispor as costuras longitudinais desencontradas sobre a circunferência do corpo cilíndrico (fig. 28).

10. **Ligação entre o corpo cilíndrico e a caixa de fogo** — O corpo cilíndrico é ligado à caixa de fogo de duas maneiras, conforme a caldeira seja do tipo Belpaire (céu plano) ou tipo

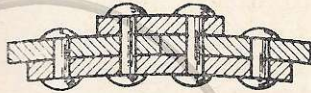


Fig. 27

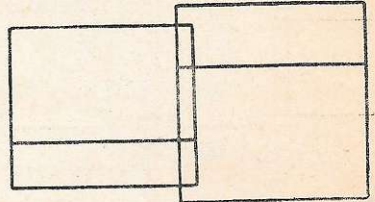


Fig. 28

Crampton (céu cilíndrico). No primeiro tipo prolonga-se a caixa de fogo com uma pequena chapa que apresenta a forma circular do lado do corpo cilíndrico. No tipo Crampton, o céu da

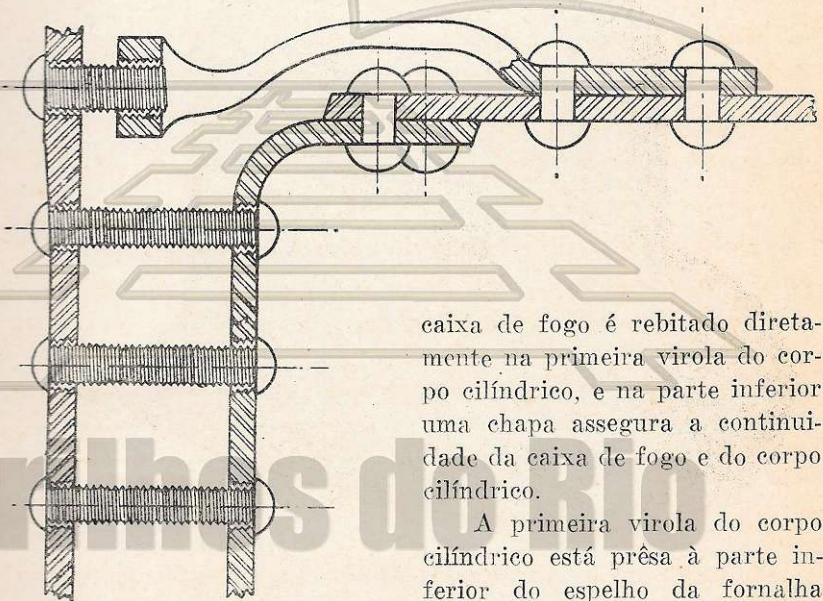


Fig. 29

caixa de fogo é rebitado diretamente na primeira virola do corpo cilíndrico, e na parte inferior uma chapa assegura a continuidade da caixa de fogo e do corpo cilíndrico.

A primeira virola do corpo cilíndrico está presa à parte inferior do espelho da fornalha por uma espécie de colchete (fig. 29).

11. **Ligação do corpo cilíndrico com a caixa de fumaça** — A última virola do corpo cilíndrico fixa-se na placa tubular da

caixa de fumaça. Esta fixação é feita geralmente por rebitagem da placa com o corpo cilíndrico, conforme mostra a fig. 30.

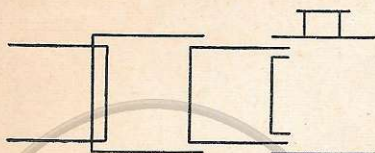


Fig. 30

12. Domo e regulador —

O vapor produzido na caldeira deve ser captado num ponto situado o mais distante possível da superfície da água, isto é, no meio e no alto do corpo cilíndrico.

Ali se localiza o **domo**, que é constituído de uma virola de aço rebitada, diretamente ou por meio de um colar, ao corpo cilíndrico (fig. 31). Há locomotivas que possuem dois domos ligados entre si por um tubo.

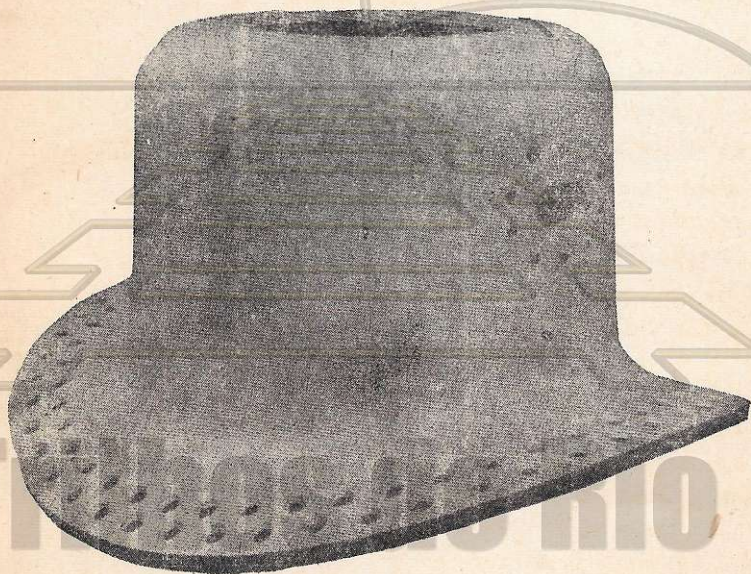


Fig. 31

No interior do domo estão localizadas as tomadas de vapor para os cilindros e para os aparelhos acessórios da locomotiva.

A tomada de vapor para os cilindros é feita pelo regulador que comanda a quantidade de vapor desejada.

O regulador, em alguns casos raros, é encontrado fora do domo, numa caixa colocada no alto e na frente do corpo cilíndrico da caldeira. E' evidente que qualquer que seja o local do regulador, a tomada de vapor deve ser feita num ponto bastante

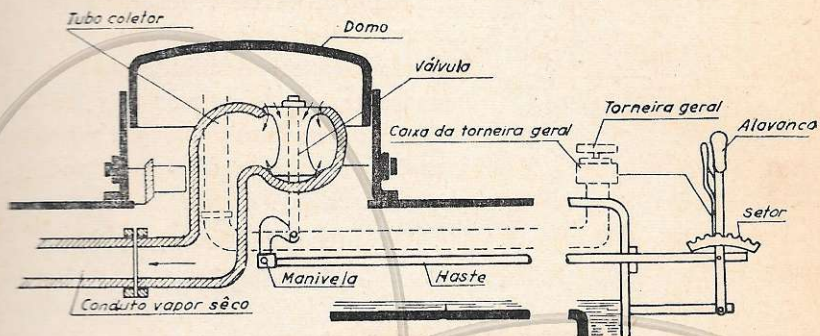


Fig. 32

alto, para evitar o arrastamento de gotas de água.

Conhecem-se duas espécies de regulador: o de válvula de dupla sede e o de gaveta.

Os dois tipos estão reproduzidos nas figs. 32 e 33.

13. Feixe tubular. Tubos de fumaça — A água contida na caldeira recebe aquecimento **direto** e **indireto**. Diretamente, porque o calor das chamas vaporiza a água que permanece entre as paredes da caixa de fogo e da fornalha; indiretamente, porque os gases quentes, desprendidos pela queima dos combustíveis, transmitem ainda calor à água em toda a extensão do corpo cilíndrico, através de um feixe

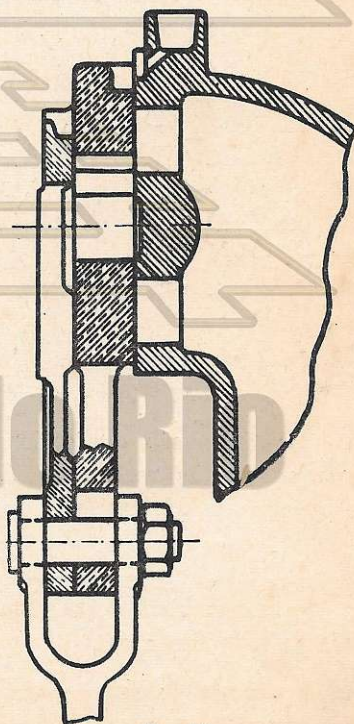


Fig. 33

de tubos fixados pelas extremidades no espelho da fornalha e na placa tubular da caixa de fumaça.

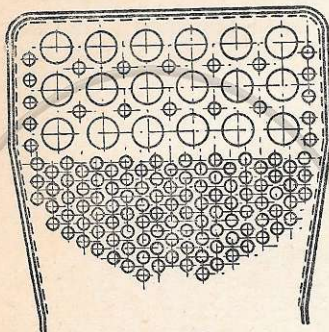


Fig. 34

Distinguem-se dois grupos de tubos de diâmetros diferentes: os maiores, que devem receber o **superaquecedor**, estão colocados na parte superior do corpo cilíndrico, e os menores na parte inferior, havendo, alguns destes entre os primeiros mencionados. Esta disposição pode ser vista na fig. 34.

Os tubos de fumaça propriamente ditos, os de menor diâmetro, são colocados segundo vértices de triângulos equiláteros, que apresentam um dos lados em posição horizontal (fig. 35) ou vertical (fig. 36).

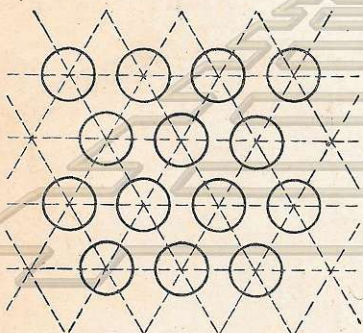


Fig. 35

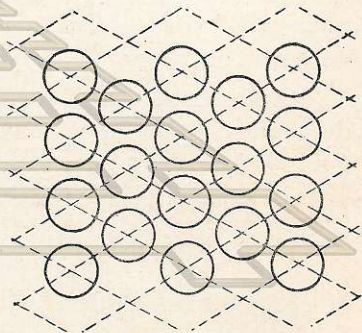


Fig. 36

Os tubos são confeccionados de aço, estirados sem solda e com as pontas recozidas. Em virtude da dilatação, tendem a provocar um afastamento das placas tubulares e, se estas resistem, êles se curvam. Evita-se êste fenômeno dando pequena curvatura a todos os tubos no mesmo sentido (fig. 37).

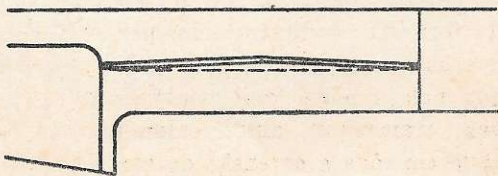


Fig. 37

Os tubos de fumaça apresentam diâmetros diferentes nas extremidades. Os furos da placa tubular da caixa de fumaça, onde deve fixar-se uma das extremidades do tubo, têm o diâmetro igual ao maior diâmetro do tubo, ao passo que os furos do espelho da fornalha têm o diâmetro igual ao menor diâmetro daquele.

Existem tubos de fumaça lisos e estriados (tubos Serve). Os primeiros são mais usados nas locomotivas.

14. **Superaquecedor** — O vapor produzido na caldeira é saturado e sua temperatura não ultrapassa àquela correspondente à ebulição da água, sob a pressão de regime.

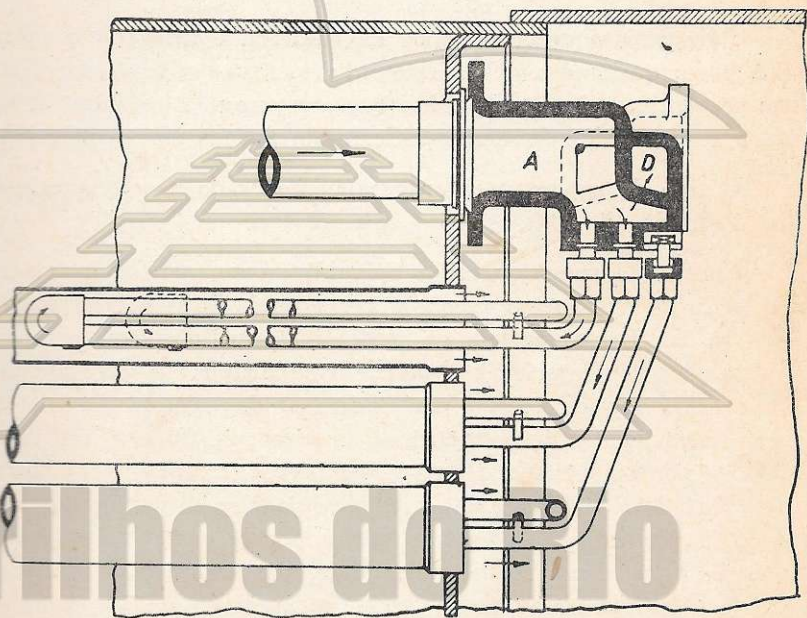


Fig. 38

Qualquer acréscimo de calor provocará aumento de temperatura e pressão, com a vaporização de certa quantidade de água. Se, ao contrário, houver resfriamento, verificar-se-á decréscimo de temperatura e pressão com a conseqüente condensação de parte do vapor.

Este último fenômeno será produzido pelo contato do vapor saturado com as paredes frias dos cilindros. Para retardar essa condensação procura-se elevar a temperatura do vapor, sem contudo aumentar a pressão. Isto se consegue aquecendo-se o vapor num recinto onde êle fique em comunicação, mas não em contato com o local em que é produzido. O vapor, assim aquecido, sofre apenas aumento de temperatura e volume e é chamado **vapor superaquecido**.

Se, por exemplo, a temperatura do vapor saturado fôr de 215° e receber um superaquecimento de 400° , será necessário o abaixamento de 185° , na sua temperatura, para que se processe a condensação.

Para superaquecer o vapor da caldeira, é utilizado o calor dos gases queimados. Com este intuito, faz-se o vapor circular em serpentinas, dentro de tubos que atravessam a caldeira, idênticos aos tubos de fumaça, apresentando apenas maior diâmetro.

O tipo de superaquecedor geralmente usado nas locomotivas é o Schmidt (fig. 38).

Consiste o superaquecedor Schmidt de um coletor instalado na caixa de fumaça que recebe o vapor vindo do regulador numa câmara **A**. Desta, partem as serpentinas que obrigam o vapor a fazer, no seu interior, um percurso quádruplo. A chegada do vapor superaquecido faz-se na câmara **D** do coletor. O coletor e as extremidades das serpentinas, na caixa de fumaça, são protegidos por uma chapa defletora, conhecida, também, pelo nome de «abafador» ou «aventail», que cobre aquêles elementos quando o regulador está fechado, não permitindo o contato dos gases quentes com o superaquecedor, desde que neste não circule o vapor. Este movimento de descida e ascensão do abafador é obtido pelo «servo-motor», que é um cilindro com êmbolo, instalado externamente na caldeira e alimentado pelo vapor do regulador.

15. Caixa de fumaça — A caixa de fumaça é constituída de uma virola de aço ligada ao primeiro anel do corpo cilíndrico. Recebe na parte superior a chaminé, que expelle para a atmosfera os gases da fornalha e o vapor dos cilindros; na parte inferior

a caixa de fumaça tem uma abertura, onde se localiza o bocal de escapamento, por onde sai o vapor que já produziu trabalho nos cilindros. Este vapor, que ainda está sob pressão, ao entrar na caixa de fumaça, provoca uma depressão que arrasta os gases da fornalha através do feixe tubular, constituindo a chamada *tiragem* forçada da locomotiva.

A caixa de fumaça é fechada na parte anterior por uma porta de uma única peça, que a veda completamente, tornando-a estanque. Isto é importante, porque qualquer quantidade de ar que penetre no seu interior altera a *tiragem*.

Encontram-se ainda na caixa de fumaça uma chapa defletora para regular o percurso dos gases, um fagulheiro para impedir a saída, pela chaminé, de partículas incandescentes, e um ejetor de cinzas, para a descarga da caixa de fumaça. Cortes da caixa de fumaça podem ser vistos nas figs. 39 e 40. O bocal

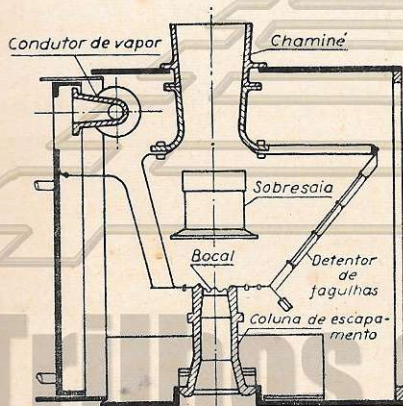


Fig. 39

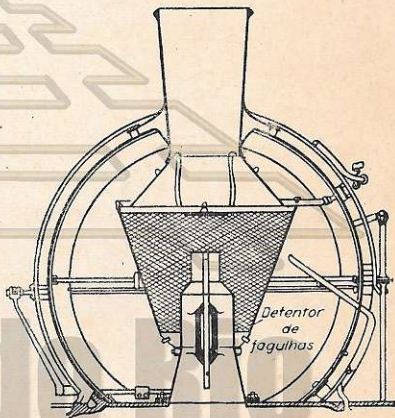


Fig. 40

de escapamento tem grande importância no fenômeno da *tiragem*. Ele deve provocar o máximo de *tiragem* com o mínimo de contrapressão nos cilindros da locomotiva. Para atingir este objetivo estudam-se continuamente o diâmetro e a forma dos bocais que se apresentam em inúmeros tipos, tantos fixos como variáveis. Alguns bocais atualmente em uso podem ser vistos

na fig. 41. Em tôrno do bocal de escapamento há um anel perforado, chamado «ventilador» (fig. 42), por onde sai o vapor vivo, quando o regulador está fechado. Este vapor provocará a tiragem quando, por exemplo, a locomotiva estiver parada.

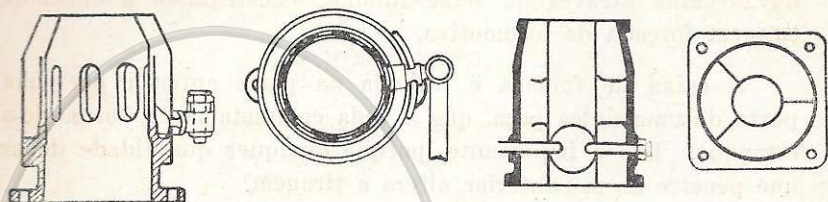


Fig. 41

A chaminé da locomotiva apresenta formas cilíndricas e cônicas: estas, assim como a altura da chaminé, dependem das condições de tiragem.

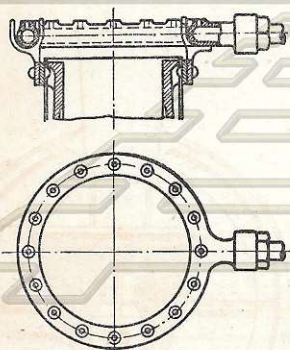


Fig. 42

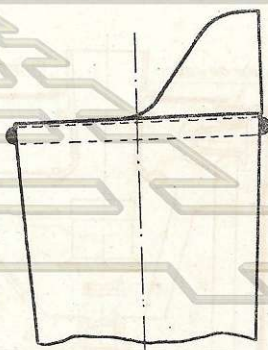


Fig. 43

Acrescenta-se, às vezes, no alto da chaminé, uma viseira (fig. 43) que atenua a laminagem dos gases pelo ar atmosférico.

CAPÍTULO IV

APARELHAMENTO DA CALDEIRA

16. **Aparelhos de alimentação.** Alimentação de combustível — Atualmente são muito generalizados, nas locomotivas dotadas de grandes superfícies de grelha, os **alimentadores mecânicos** para o carvão. Eles não só diminuem o trabalho do pessoal, como asseguram a alimentação contínua e uniforme do combustível.

O tipo mais conhecido destes alimentadores mecânicos da fornalha é o denominado «Stoker», constituído de um parafuso

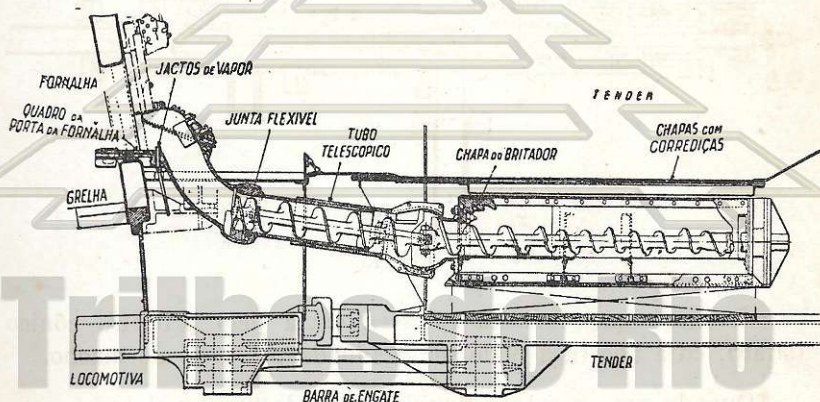


Fig. 44

sem-fim acionado por motor a vapor e que transporta o carvão, bitolado por um triturador anexo, desde o tender até a fornalha, onde sua chegada pode ser abaixo ou acima das grelhas, a fim de ser encaminhado para a mesa de distribuição, colocada num plano superior ao das grelhas e no interior da fornalha contra a sua porta (fig. 44). Jatos de vapor, orientados em várias di-

reções, lançam o carvão sôbre as grelhas, distribuindo-o uniformemente.

17. **Alimentação de água** — A locomotiva reboca imediatamente atrás de si o tênder, que é o veículo destinado ao transporte de combustível e de água. Para levar a água do tênder para a caldeira utilizam-se aparelhos acionados por vapor: injetores ou bombas.

18. **Injetor** — A caldeira das locomotivas é alimentada por dois injetores colocados dos lados da máquina. Nos injetores usuais, tipo GIFFARD, é utilizado o vapor vivo da caldeira para aspirar e arrastar a água do tênder.

O injetor funciona do modo seguinte (fig. 45):

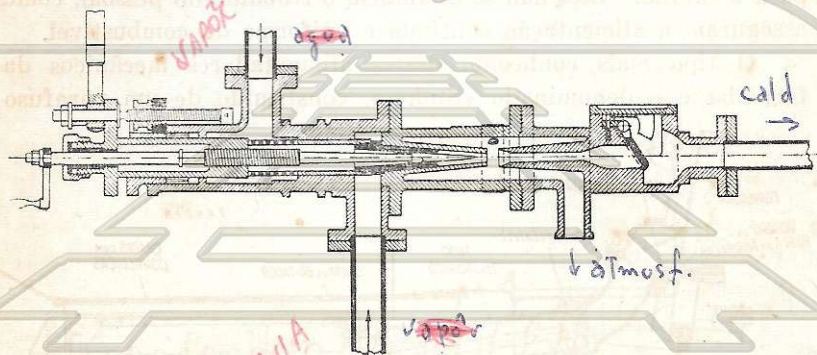


Fig. 45

O vapor que vem da caldeira entra pelo primeiro cônico (sifão), cuja abertura pode ser graduada por meio do macho.

Quando uma corrente líquida passa de um canal largo para um estreito, sua velocidade aumenta e a pressão diminui; quando passa de um canal estreito para outro mais largo, dá-se o contrário, perde velocidade; mas o que perde em velocidade ganha em pressão.

Atravessando o sifão, a corrente de vapor toma velocidade suficiente para aspirar certa quantidade de água pelo tubo que está em ligação com o tênder.

Misturando-se com a água, o vapor se condensa e forma um jato de água quente. O efeito de aspiração é tanto maior quanto mais completa fôr a condensação do vapor.

A água aspirada passa do cônico de mistura para o cônico seguinte, que é divergente, e aí a corrente vai perdendo velocidade e ganhando pressão cada vez maior, até que vence a válvula de retenção e entra na caldeira.

Este tipo de injetor é aspirante; funciona em nível mais alto do que a água do tênder.

Põe-se em marcha com um jato de vapor fraco, suficiente para aspirar a água. Esta, não tendo fôrça viva bastante para passar ao cônico divergente, sai pela **prova**, que está em comunicação com a atmosfera.

Só depois de reforçado o vapor é que o jato de água atravessa o aparelho.

O injetor aspirante requer água a baixa temperatura para não dificultar a condensação do vapor vivo.

Há injetores **não aspirantes** que podem trabalhar com água mais quente, mas ficam em nível inferior à água.

Os injetores têm diversas capacidades e são classificados de acôrdo com o diâmetro **d** da passagem mínima em **milímetros**, havendo, por exemplo, os de n.º 4, 5, 6 ½, 7 ½, 8 e 9.

Canalizações do injetor: tubo de admissão do vapor, de aspiração da água, de purgação ou prova e de recalque.

19. Válvula de retenção — As canalizações dos injetores correm ao longo do corpo cilíndrico e à entrada da caldeira há uma válvula de retenção ou de entrada da água.

A válvula só se abre de fora para dentro pela pressão da água proveniente do injetor.

A válvula pode ser fechada a mão, em caso de acidente.

20. Aparelhos de contrôle e segurança — A caldeira da locomotiva possui vários aparelhos que controlam seu funcionamento e valem pela sua segurança. Entre eles podemos citar:

- a) Manômetro;
- b) Válvula de segurança;
- c) Indicador de nível de água;
- d) Torneiras de prova;
- e) Bujões fusíveis.

21. **Manômetro** — O manômetro, instalado na cabina da locomotiva, indica a pressão existente no interior da caldeira.

E' constituído por tubo metálico aberto e fixo numa das extremidades, comunicando com a caldeira; a outra extremidade, livre, impulsiona um ponteiro que indica, sôbre o mostrador, a pressão de regime na caldeira (fig. 46).

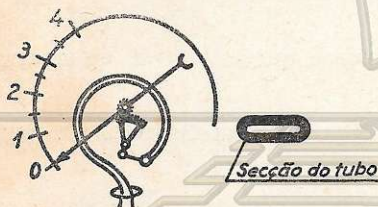


Fig. 46

Na graduação do mostrador do manômetro está marcada em vermelho a pressão máxima admissível, conhecida pelo nome de «timbre» da caldeira.

A graduação do manômetro é feita em quilogramas/centímetro quadrado ou libras/polegada quadrada.

Equivalência das unidades de pressão:

1 libra/polegada quadrada = 0,07 quilograma/centímetro quadrado;

1 quilograma/centímetro quadrado = 14,0 libras/polegada quadrada.

22. **Válvula de segurança** — A pressão da caldeira não deve ultrapassar a do «timbre». Quando atinge êsse limite, o vapor da caldeira escapa para a atmosfera através das válvulas de segurança. Estas, geralmente em número de duas, são colocadas sôbre a caixa de fogo ou sôbre o domo. Constam essencialmente de um obturador vedando uma abertura e mantido sôbre ela pela carga, prèviamente calculada, de uma mola em espiral (fig. 47). Quando o «timbre» da caldeira é atingido, a

pressão do vapor é suficiente para vencer a resistência oferecida pela mola e levantar o obturador, provocando a saída de vapor da caldeira e reduzindo sua pressão, o que obriga o regresso do obturador à sua sede. Para graduar a pressão da mola há um parafuso colocado na parte superior da válvula.

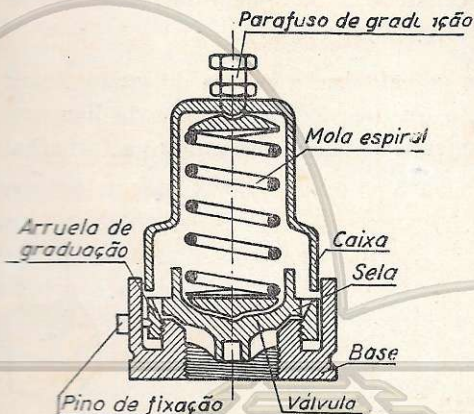


Fig. 47

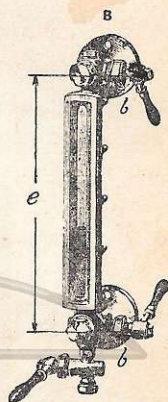


Fig. 48

23. Indicador do nível de água — O indicador do nível de água da caldeira é constituído por um tubo de vidro vertical colocado na face anterior da caixa de fogo, tendo suas extremidades em comunicação com o interior da caldeira. É munido de torneiras que permitem isolar o tubo a qualquer momento (fig. 48).

Na extremidade inferior, o indicador possui uma torneira de purgação que permite esgotá-lo, quando isto fôr desejado. O vidro do indicador fica embutido num estôjo metálico. Os tipos modernos possuem vidro estriado, melhorando assim a visibilidade.

24. Torneiras de provas — Para controlar o nível da água na caldeira, o maquinista dispõe, além do indicador, de três torneiras fixadas na parede anterior da caixa de fogo, no interior da cabina, comunicando-se com a caldeira em alturas diferentes.

A abertura de cada torneira permite ao maquinista verificar em que nível se encontra a água no interior da caldeira (fig. 49).

25. **Bujões fusíveis** — Ainda como medida de contrôlo do nível da água no interior da caldeira, existem, colocados no céu da fornalha (fig. 11), dois bujões cujas cabeças, atravessando a chapa do céu, mergulham na água existente entre a fornalha e a caixa de fogo. Eles são aparafusados, vazados interiormente e cheios de uma liga fusível (chumbo). Por meio de rôsca, êles se fixam no céu da fornalha (fig. 50).

Se a água baixar muito na caldeira, a cabeça do bujão ficará fora do contato do líquido, o que ocasionará a fusão da liga que o enche, provocando o vazamento que será observado na fornalha.

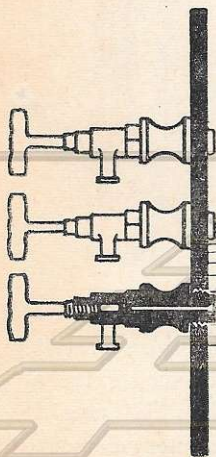


Fig. 49

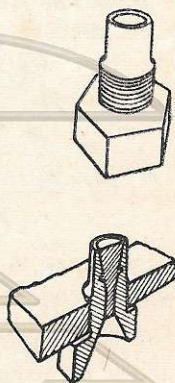


Fig. 50

26. **Aparelhos acessórios** — Sob esta denominação estudaremos os aparelhos mais generalizados que, instalados sobre a caldeira ou na cabina, servem para sua conservação, funcionando com o próprio vapor.

27. **Limpadores dos tubos de fumaça** — Os tubos de fumaça devem estar sempre limpos para melhor transmitirem o calor dos gases que os percorrem. Existem vários dispositivos que permitem a limpeza dos tubos, mesmo com a locomotiva em marcha. Um tipo moderno e generalizado é o limpador «Dalmar», que lança um jato de vapor contra o espelho da for-

nalha. Colocado entre as paredes da fornalha e da caixa de fogo, êle é acionado por um volante que com uma quinzena de voltas faz o jato de vapor descrever uma espiral envolvendo todos os tubos de fumaça (fig.

51). Geralmente se corta a parte inferior da espiral, para que o jato não passe sôbre o guarda-fogo.

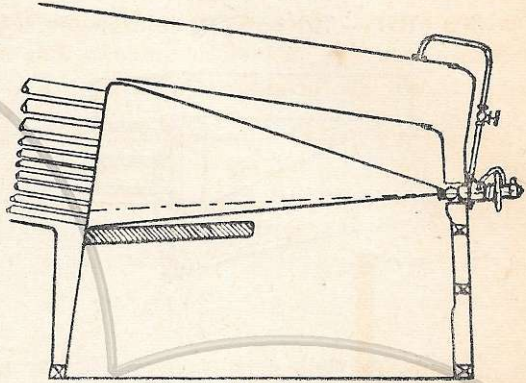


Fig. 51

28. **Bujões de descarga e de lavagem da caldeira** —

Para descarregar a caldeira e proceder à sua lavagem, dispõe-se, em vários pontos

do seu corpo, aberturas que normalmente estão fechadas. As menores são obturadas por simples bujões rosqueados (fig. 52).

As maiores aberturas são fechadas por autoclaves que são tampões com sede no interior da caldeira e a ela se aplicam pela pressão ali reinante (fig. 53).

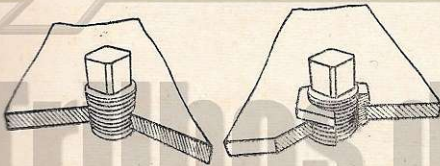


Fig. 52

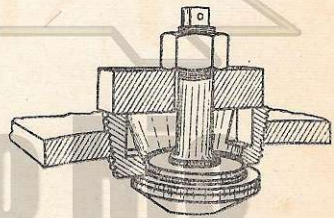


Fig. 53

29. **Sifão Nicolson** — As locomotivas modernas, americanas, são providas de superfície adicional de aquecimento, constituída por um sifão onde circula a água, que, partindo da parte inferior do espelho da fornalha, se eleva para o céu da mesma, expandindo-se numa grande superfície (fig. 54).

30. **Preaquecedor da água de alimentação** — Introduzindo-se na caldeira água já aquecida, obtém-se economia apreciável de combustível. Assim, se introduzirmos 300 litros de água a 100° em lugar de 75°, economizaremos:

$$300 (100 - 75) = 7.500 \text{ calorías, ou seja, um quilo de carvão.}$$

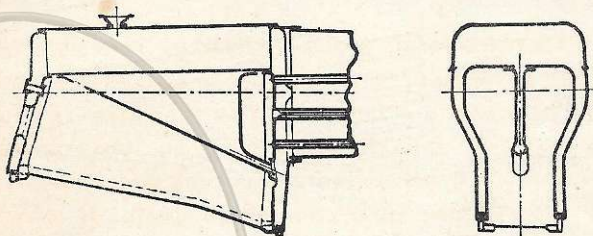


Fig. 54

Tendo em vista essa economia, é que se dotaram as locomotivas dos aparelhos preaquecedores da água de alimentação.

Esses preaquecedores são em geral de dois tipos:

- 1.º — preaquecedores por contato;
- 2.º — preaquecedores por mistura.

1.º — O preaquecedor por contato utiliza o vapor de escapeamento ou os gases quentes para aquecer a água vinda do tênder. Aquêles que utilizam os gases quentes são colocados na caixa de

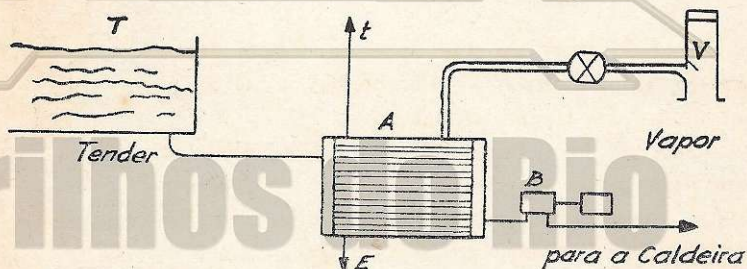


Fig. 55

fumaga, entre a placa tubular e o bocal de escapeamento. O preaquecedor por contato consta essencialmente de um feixe tubular múltiplo **A** (fig. 55) por onde passa o vapor coletado em **V**. A água procedente do tênder **T** passa pelo feixe tubular, aquece-se, e é injetada pela bomba **B** na caldeira.

2.º — O preaquecedor por mistura utiliza o vapor de escapamento que se mistura com a água procedente do tender e recalçada pela «bomba de água quente». Baseados neste princípio geral, existem atualmente em uso vários tipos de preaquecedores por mistura.

31. **Preaquecedor de ar** — Obtém-se economia apreciável de combustível preaquecendo-se o ar destinado à combustão. O aparelho geralmente empregado consta de uma caixa contendo uma série de tubos, onde circula o vapor de escapamento. O ar exterior, antes de penetrar sob as grelhas, passa pelos tubos e aquece-se. Consegue-se obter um aquecimento de cerca de 90º mesmo que a atmosfera esteja bastante fria.

32. **Apito** — A locomotiva possui no alto da caldeira um aparelho denominado apito, por meio do qual o maquinista dá os sinais de partida do trem, assim como anuncia sua passagem pelos cruzamentos de níveis, etc.

O apito consta de uma campânula de bronze (fig. 56), onde se quebra um jato anular de vapor que a faz vibrar. Quanto maior o número de vibrações, mais agudo será o som do apito.



Fig. 56

33. **Condições de que depende o bom funcionamento da caldeira:** a) **Combustão** — O melhor rendimento da locomotiva depende, na sua quase totalidade, do bom funcionamento da caldeira, isto é, da parte onde se produz o vapor. A caldeira é o local que deverá sempre possuir uma pressão preestabelecida para que possa realizar o trabalho requerido.

A locomotiva a vapor é acompanhada pelo tender — depósito de água e carvão, elementos destinados a produzir o vapor. Este provém da vaporização da água que enche a caldeira.

Para passar do estado líquido ao estado de vapor, a água recebe determinada quantidade de calor, que é obtida pela queima do combustível na fornalha.

A combustão (processada na fornalha) consiste na combinação química do carbônio contido no combustível com o oxigênio do ar que penetra na fornalha. Para haver uma boa combustão, deve-se regular a entrada do ar na fornalha e dispor o combustível da melhor maneira para que o contato entre aquêles dois elementos seja o mais íntimo possível.

As grelhas, que recobrem o fundo da fornalha, têm a função de receber o combustível e permitir a entrada do ar através dos seus interstícios. Quanto mais possante fôr a locomotiva, tanto maior será a superfície das grelhas, pois haverá necessidade de maior quantidade de combustível (queimado por hora) para produzir também maior quantidade de vapor.

O combustível lançado sôbre as grelhas deve estar perfeitamente distribuído para que não se processe uma queima incompleta. A boa combustão exige que o ar atravessasse tôda a camada de combustível; portanto, não deve haver montículos sôbre as grelhas. Os interstícios destas últimas devem ser tais que não permitam a queda de combustível para o cinzeiro e ao mesmo tempo deixem passar a quantidade de ar que cada qualidade de combustível necessita para uma queima completa.

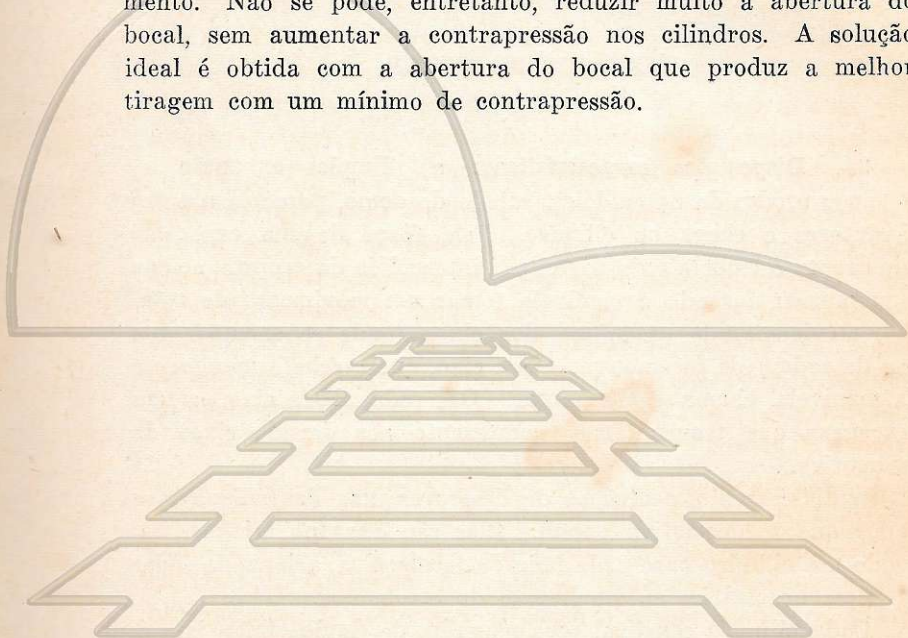
A água da caldeira recebe o calor proveniente da combustão através das paredes da fornalha e dos tubos de fumaça. A água, ocupando o espaço existente entre a fornalha e a caixa de fogo, recebe diretamente o calor. A superfície da fornalha exposta às chamas recebe o nome de «superfície de aquecimento direto». Os gases quentes provenientes da combustão atravessam os tubos da caldeira, desde a fornalha até a caixa de fumaça, e neste percurso êles transmitem calor à água da caldeira que enche os intervalos entre os tubos. A superfície total dos tubos recebe o nome de «superfície de aquecimento indireto».

A superfície total de aquecimento de uma caldeira é, pois, a soma das superfícies de aquecimento direto e indireto.

b) **Tiragem** — Na locomotiva deve haver perfeito equilíbrio entre a produção e o consumo de vapor.

O vapor morto, isto é, aquêles que já produziu trabalho nos cilindros, é lançado na caixa de fumaça pelo bocal de escapa-

mento. A seção reduzida dêste último aumenta a velocidade de escapamento do vapor que, com a pressão em que se encontra, arrasta, no seu caminho para a chaminé, os gases quentes da fornalha, obrigando-os a percorrer o feixe tubular. Processa-se assim o fenômeno da **tiragem forçada**, que pode ser regulada à vontade pela modificação da seção do bocal de escapamento. Não se pode, entretanto, reduzir muito a abertura do bocal, sem aumentar a contrapressão nos cilindros. A solução ideal é obtida com a abertura do bocal que produz a melhor tiragem com um mínimo de contrapressão.



Trilhos do Rio

CAPÍTULO V

MECANISMO MOTOR

34. **Disposições características:** a) **Simplex expansão** — O vapor produzido na caldeira, saindo do domo, percorre um dos condutores e chega ao cilindro. Pela força de sua expansão, movimenta o êmbolo cuja haste, por intermédio da cruzeta, aciona o puxavante fazendo a manivela tomar um movimento de rotação, movimentando assim um dos eixos (onde se encontra um par de rodas) da locomotiva. Este eixo, que recebe o movimento da manivela, chama-se **eixo-motor**. Das rodas dêste eixo partem braçagens que transmitem o movimento aos demais eixos da locomotiva.

Sinteticamente, acabamos de descrever uma das máquinas a vapor que a locomotiva possui. Elas são duas no mínimo, havendo um cilindro para cada lado da locomotiva, acionando tôdas as peças necessárias ao movimento do eixo-motor.

Cada cilindro constitui uma máquina de **duplo efeito**, isto é, o êmbolo recebe a ação do vapor nas suas duas faces.

Para que os trabalhos executados pelo vapor nas duas faces do êmbolo sejam iguais, é necessário que o vapor seja igualmente distribuído nos dois lados do cilindro: à frente e atrás do êmbolo. O cilindro recebe, pois, um órgão distribuidor do vapor: a **gaveta**, que tanto pode ser **plana** como **cilíndrica**, ou ainda um conjunto de **válvulas** (fig. 57).

A locomotiva possui, no mínimo, dois cilindros, um de cada lado da caldeira, pois se possuisse apenas um, poderia acontecer que, ao estacionar a máquina, a gaveta estivesse justamente fechando a entrada de vapor vivo no cilindro, não sendo por êsse motivo possível movimentar a locomotiva.

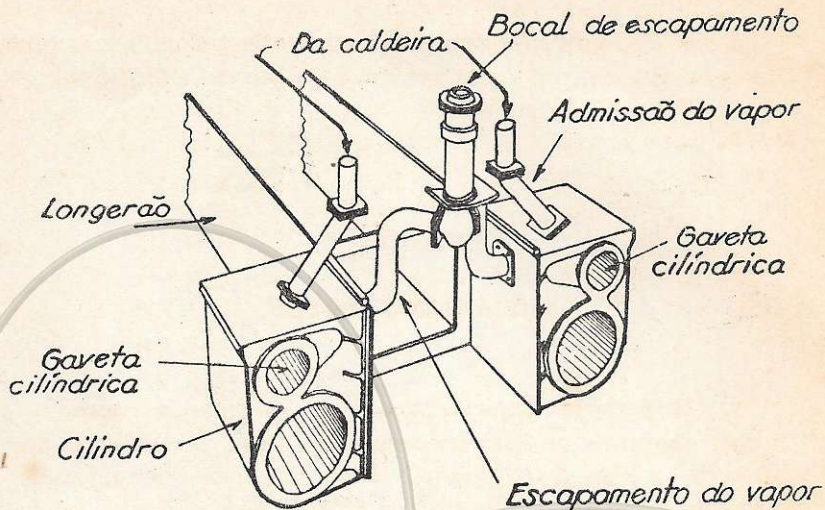


Fig. 57

No caso de dois cilindros, as suas manivelas são «decaladas» por um ângulo de 90° , permitindo que, na hipótese mais desfavorável, um cilindro possa receber vapor vivo.

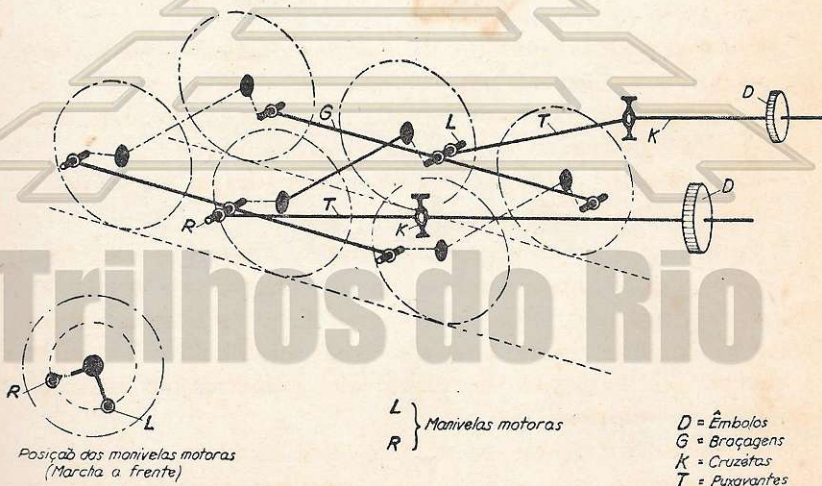


Fig. 58

Na fig. 58 vemos o mecanismo motor de uma locomotiva de dois cilindros.

A fig. 59 representa uma locomotiva com três cilindros: dois laterais e um central, todos acionando o mesmo eixo.

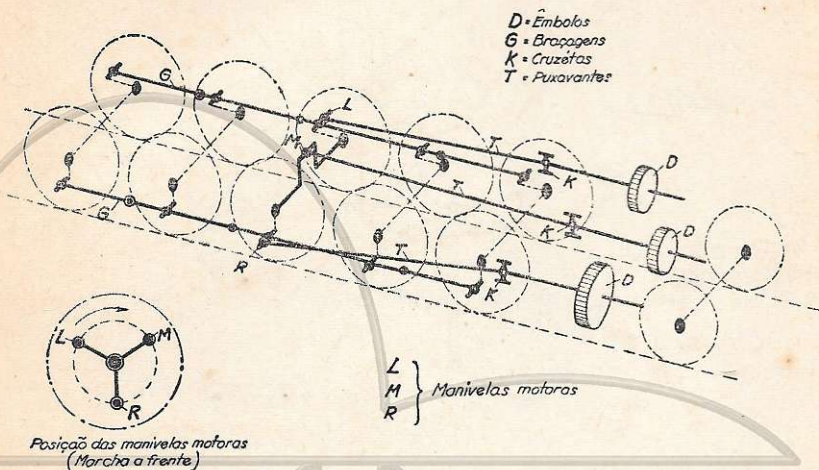


Fig. 59

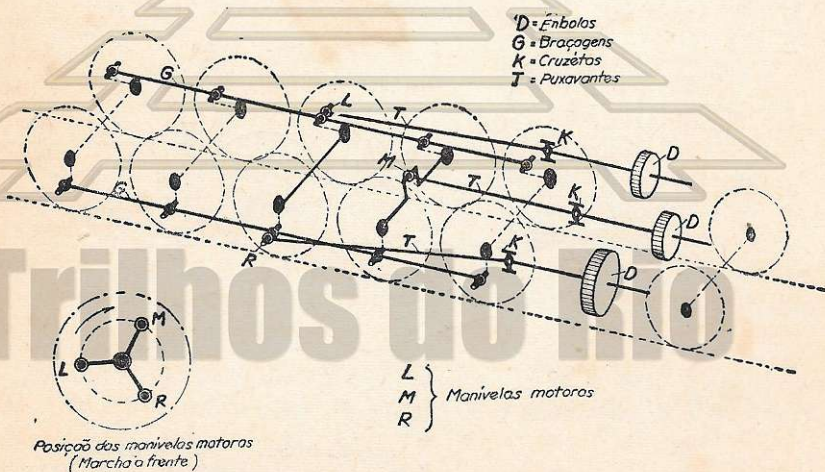


Fig. 60

Na fig. 60 vemos ainda os mecanismos de 3 cilindros: dois laterais acionando o mesmo eixo e o central movimentando um segundo eixo.

A locomotiva pode ainda ser acionada por quatro cilindros; cada grupo de dois movimenta um eixo diferente (fig. 61).

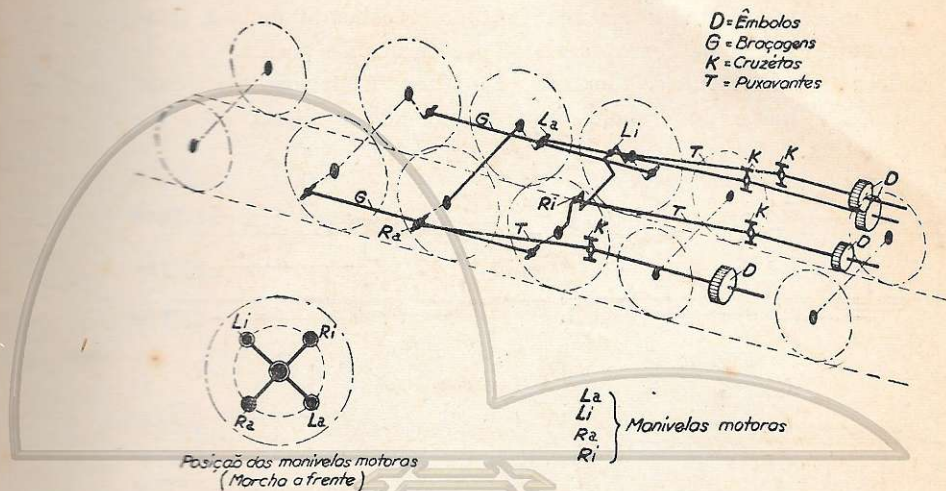


Fig. 61

b) **Múltipla expansão** — Nas locomotivas denominadas «compound», o vapor, depois de acionar o êmbolo de um cilindro, ainda é aproveitado, antes de ser lançado na chaminé, em um segundo cilindro cujo volume é maior do que o primeiro. O cilindro menor chama-se de «alta pressão» e o maior de «baixa pressão».

Cada cilindro aciona um conjunto de peças para transmitir movimento às rodas. O número de cilindros varia conforme o tipo da locomotiva. A fig. 62 mostra o mecanismo motor de uma locomotiva «compound» com um cilindro de alta e outro de baixa pressão, ambos acionando o mesmo eixo motor.

Na fig. 63 vemos um mesmo eixo motor acionado por um grupo externo de cilindros de baixa pressão e por um cilindro interno de alta pressão.

Um sistema bastante generalizado em locomotivas «compound» é aquele em que os cilindros de baixa e alta pressão estão agrupados dois a dois, acionando eixos idênticos ou diferentes (figs. 64, 65, 66 e 67).

35. **Cilindros** — Os cilindros são os órgãos que recebem o vapor, cuja expansão acionará os êmbolos.

São confeccionados em aço fundido, recebendo no seu interior uma camisa de ferro fundido, perfeitamente polida. Os cilindros são horizontais tomando, às vêzes, a posição inclinada quando a haste do êmbolo deve passar sôbre algum eixo da locomotiva.

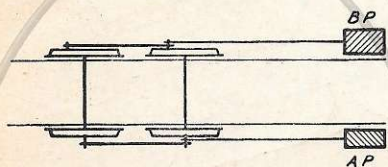


Fig. 62

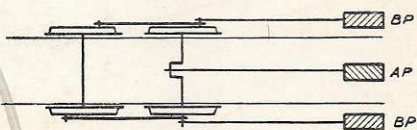


Fig. 63

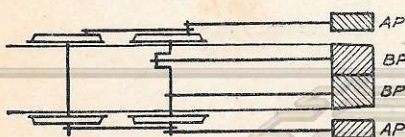


Fig. 64

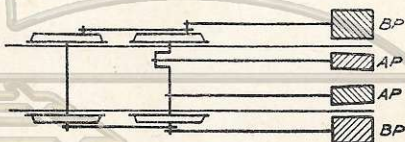


Fig. 65

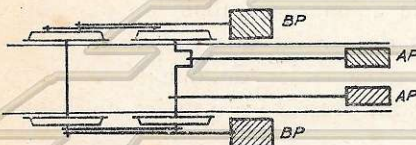


Fig. 66

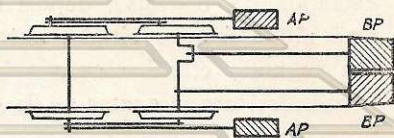


Fig. 67

As dimensões do cilindro dependem do timbre da caldeira. Teòricamente, o seu comprimento deve ser igual ao dôbro do raio da manivela. Na realidade, êle é ligeiramente superior — o êmbolo nunca atinge os fundos do cilindro, há sempre um «espaço morto» de cada lado.

Os cilindros são sólidamente fixados aos longerões; quando interiores, êles podem ser fundidos em conjunto, acrescidos de um berço para apoio da caldeira. As bases da gaveta de distribuição ou os invólucros dos distribuidores cilíndricos são fundidos juntamente com os respectivos cilindros.

Nas extremidades de cada cilindro há, geralmente, válvulas de segurança que mantêm a pressão de admissão do vapor sempre constante.

Na parte inferior dos cilindros estão colocadas as **torneiras de purgação** que, manobradas da cabina da locomotiva, esgotam toda a água que nêles se acumulam após paradas prolongadas.

Na fig. 57 vê-se um grupo de 2 cilindros com os respectivos distribuidores de vapor e na fig. 68 um cilindro com válvulas e torneiras.

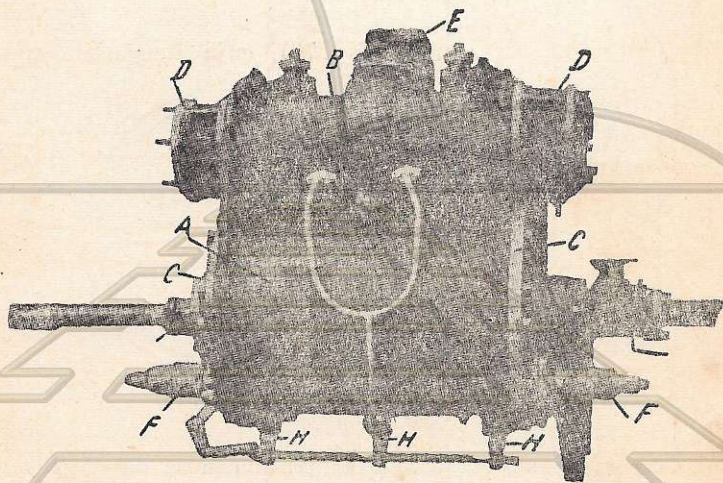


Fig. 68 — A) Cilindro; B) Gaveta cilíndrica; C) Tampa do cilindro; D) Tampo da gaveta; E) Admissão do vapor; F) Válvula; G) Canalização de descarga; H) Válvula de purga.

36. **Êmbolo** — E' a peça que, colocada no interior do cilindro, recebe em suas faces a ação do vapor. Por intermédio da haste do êmbolo, a ação do vapor é transmitida às rodas da locomotiva através das peças do mecanismo.

O êmbolo tem a forma de um disco e pode ser confeccionado em aço ou ferro fundido, devendo satisfazer às seguintes condições:

1.º — ser robusto, para suportar a ação do vapor, sem deformar-se;

2.º — ser leve, para que as perturbações ocasionadas pelo seu movimento alternativo sejam as menores possíveis;

3.º — ser estanque, isto é, não permitir que o vapor passe de um lado para outro do cilindro.

Para satisfazer às condições mencionadas, o disco é geralmente ôco, como se pode ver no corte da fig. 69.

Vemos pela fig. 69, que o êmbolo tem na periferia ranhuras onde se alojam anéis de ferro fundido, chamados molas de segmento (fig. 70), cuja função é tornar o

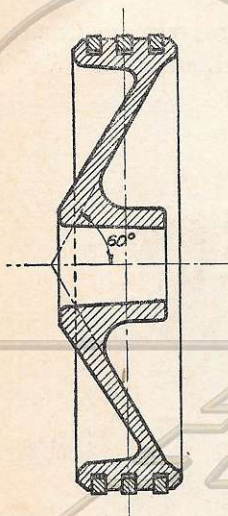


Fig. 69

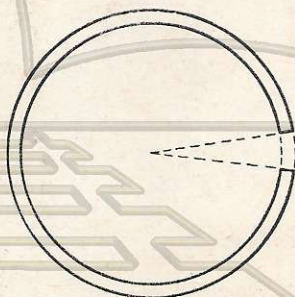


Fig. 70

êmbolo perfeitamente ajustado contra a camisa do cilindro, evitando, assim, a passagem do vapor de um para outro lado do cilindro.

37. **Haste** — Ao êmbolo é fixada sob pressão ou por parafuso, uma haste redonda de aço.

38. **Contra-haste** — Quando o cilindro é de grande diâmetro, suportando, pois, um êmbolo pesado, a haste se prolonga para a frente do cilindro por meio de uma **contra-haste**. Esta, guiando o êmbolo no seu movimento, diminui a ovalização do cilindro.

39. **Gaxetas** — Na parte posterior do cilindro há o orifício de passagem da haste do êmbolo. Para evitar fugas de vapor

por êsses orifícios, existe, em tôrno da haste, uma guarnição metálica denominada **gaxeta**, que impede qualquer saída de vapor. O metal escolhido para a **gacheta** é geralmente uma liga de chumbo, antimônio, estanho ou cobre.

40. **Cruzeta** — E' a peça que faz a ligação entre a haste do êmbolo e o puxavante. E' de aço moldado e corre entre duas vigas de aço cementado e temperado que são os paralelos. Êstes paralelos fixam-se de um lado no cilindro e de outro em consolos presos nos longerões da locomotiva.

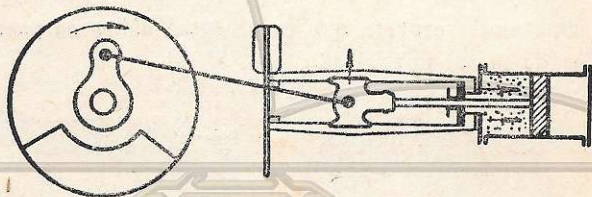


Fig. 71

Quando a locomotiva está em marcha à frente, o vapor agindo sôbre o êmbolo aciona-o para a frente (fig. 71); o ângulo formado entre o puxavante e a cruzeta tende a anular-se, fazendo com que a cruzeta exerça pressão sôbre o paralelo superior. Para o mesmo sentido de marcha da locomotiva, mas com o vapor empurrando o êmbolo para trás, o ângulo formado entre o puxavante e a cruzeta aumenta, acentuando a linha quebrada; é ainda o paralelo superior que recebe pressão da cruzeta (fig. 72).

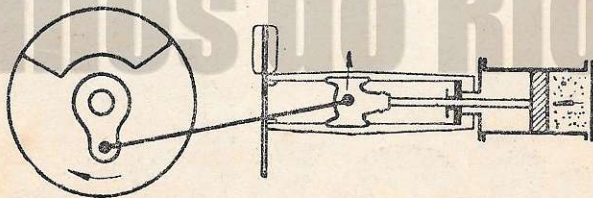


Fig. 72

Quando a locomotiva está em marcha à ré, o paralelo inferior é que recebe a pressão da cruzeta.

A cruzeta pode correr num único paralelo (fig. 73).

A haste do êmbolo penetra na cruzeta por uma cavidade cô-
nica e a ela se fixa por meio de uma chaveta.

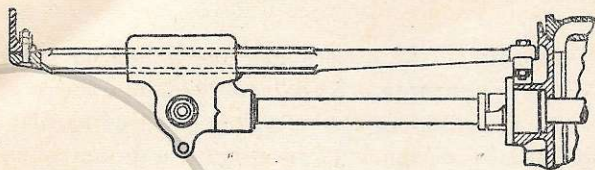


Fig. 73

As sapatas da cruzeta que escorregam sôbre os paralelos são
revestidas de metal antifricção.

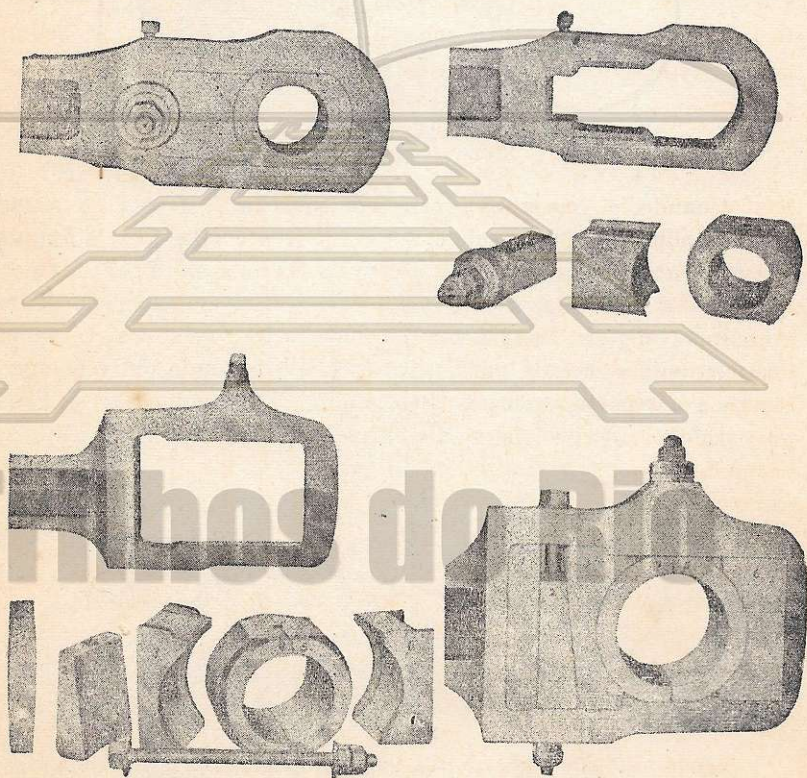


Fig. 74

41. **Puxavante** — É uma barra de aço maciça ou em forma de duplo T, que faz a ligação entre a cruzeta e a manivela motora e com esta última transforma o movimento retilíneo alternativo dos êmbolos em circular contínuo dos eixos das rodas. Deve ser uma barra tão longa quanto possível; devido ao seu comprimento, está sujeita a grandes esforços, especialmente do lado da manivela. O corpo da barra termina em duas cabeças que se articulam: a menor na cruzeta e a maior na manivela motora ou no cotovêlo do eixo motor, em se tratando de locomotiva com cilindros interiores.

As cabeças do puxavante são munidas de bronzes serrados e apertados com calços (estropos) que envolvem o pino de articulação, tanto na cruzeta como na manivela. Na fig. 74 podemos ver cortes de um puxavante e uma fotografia das peças que constituem os estropos.

42. **Manivela e contramanivela** — O movimento transmitido pelo puxavante chega ao eixo motor através da manivela, uma peça que vem fundida sobre o cubo da roda e que recebe, sob pressão, um pino de dimensões robustas chamado «pino motor». Geralmente este pino prolonga-se numa **contramanivela** convenientemente descentrada (fig. 75) que recebe a grande cabeça do puxavante e a barra ou polias do excêntrico.

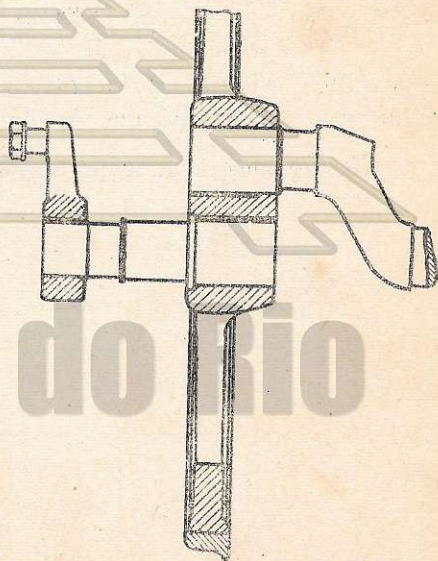


Fig. 75

Quando os cilindros são interiores, o eixo motor é acotovelado servindo o próprio cotovêlo de manivela motora.

43. **Braçagens** — A transmissão do movimento do eixo motor aos demais eixos da locomotiva faz-se por meio de barras de conexão (braçagens), que possuem, como o puxavante, um

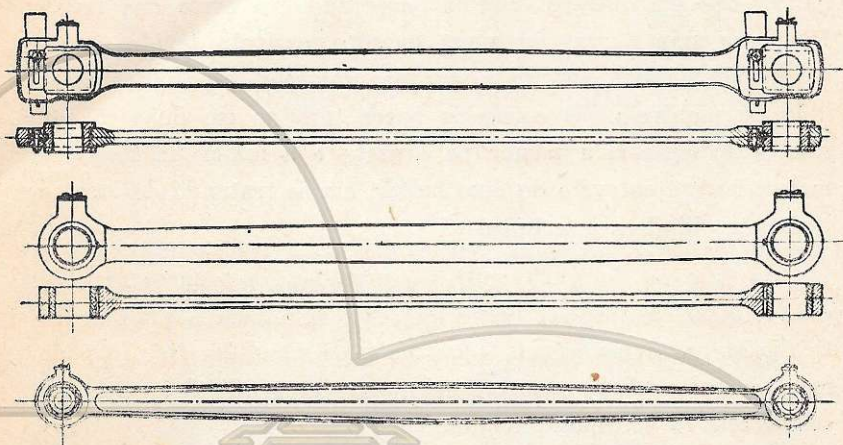


Fig. 76

corpo e duas cabeças, porém iguais. Os orifícios circulares destas últimas são guarnecidos de bronze colocado sob pressão.

A fig. 76 mostra algumas braçagens.

Trilhos do Rio

CAPÍTULO VI

DISTRIBUIÇÃO DO VAPOR

44. **Máquina a vapor** — A locomotiva a vapor possui, no mínimo, dois cilindros, colocados um de cada lado da máquina. Cada um destes cilindros, com todo o seu mecanismo motor, constitui uma máquina a vapor; esta máquina é de **duplo efeito**, isto é, o vapor trabalha nas duas faces do êmbolo do cilindro.

Pelo que foi dito, conclui-se haver necessidade de um órgão que distribua uniformemente o vapor nos dois lados do cilindro para que sejam realizados trabalhos idênticos nas duas faces do êmbolo. Além de regular a admissão do vapor no cilindro, esse órgão deve assegurar perfeitamente o escapamento do vapor que já realizou o seu trabalho útil.

A fig. 77 representa uma das máquinas a vapor da locomotiva.

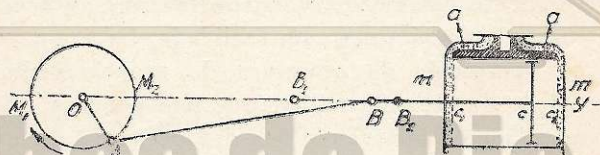


Fig. 77

Na figura está representado esquematicamente o que seria visto por um observador colocado à direita da locomotiva, olhando-a de frente, numa posição situada entre o eixo motor e o cilindro.

O ponto O representa o eixo motor e o ponto A, o pino motor. Assim, OA será o raio da manivela. O ponto B representa a cruzeta, sendo AB, portanto, o puxavante. Bc representa a haste do êmbolo, sendo este último designado pela letra c.

O vapor, agindo de um lado e de outro do êmbolo **c**, provoca-lhe um movimento de vaivém, ao longo da linha **xy**, que nada mais é do que o prolongamento do eixo do cilindro passando pelo eixo motor.

O puxavante **AB**, recebendo movimento da haste do êmbolo, transmite-o à manivela **OA**, obrigando-a a executar um movimento de rotação em torno do ponto **A**. Este ponto, no seu movimento, descreve uma trajetória circular de raio igual a **OA**. Quando o ponto **A** atinge a posição **M₁**, sobre a linha **xy**, a haste do êmbolo, o puxavante e a manivela estão numa linha reta que se confunde com **xy**. Nesta posição de **A** (**M₁**), o esforço do êmbolo é insuficiente para movimentá-lo, e aquêle ponto só continua o seu movimento circular em virtude da velocidade adquirida. Esta posição **M₁** da manivela é conhecida como **ponto morto atrás**, ao qual correspondem as posições **B₁** e **c₁** do êmbolo.

Com um raciocínio idêntico, verifica-se existir uma segunda posição **M₂** da manivela, conhecida como **ponto morto à frente**, atrás, ao qual correspondem as posições **B₂** do puxavante e **c₂** do êmbolo.

Conclui-se que o curso do êmbolo **c₁c₂** é igual ao passeio da cruzeta **B₁B₂** e é também igual ao dôbro do raio da manivela **OA**.

O comprimento interno do cilindro deve ser um pouco maior do que o curso do êmbolo **c₁c₂**; na realidade, êle é um pouco superior a **c₁c₂** acrescido da espessura do próprio êmbolo; êste acréscimo, cêrca de 15 a 20 milímetros, tem por fim evitar que, devido a certo jôgo das articulações das peças do mecanismo, o êmbolo bata contra os fundos do cilindro; os espaços **m** são chamados **espaços mortos** e, na marcha com regulador aberto, ficam cheios de vapor, formando almofadas nos fundos do cilindro. Quando se fala em espaço morto, em geral, além de **m**, estão incluídos os volumes **a** dos condutos de admissão (fig. 77).

Como foi dito, o vapor, vindo da caldeira, deve ser distribuído de maneira uniforme de um e de outro lado do êmbolo, através dos condutos de admissão; sobre êstes condutos, move-se um órgão chamado **gaveta**, com um movimento retilíneo alternativo, semelhante ao do cilindro, fechando e abrindo os

condutos, isto é, provocando, em cada lado do êmbolo, a admissão do vapor vivo e o escapamento do vapor que já realizou trabalho.

Para se obter o movimento da gaveta, adota-se um dispositivo análogo àquele do cilindro; mas, como o curso daquela é menor do que o dêste, o raio da manivela que comandar a gaveta deve ser também menor.

O processo mais simples consiste numa polia **C** (fig. 78) chamada **excêntrico**, porque ela é descentrada em relação ao eixo

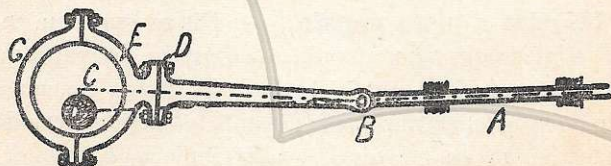


Fig. 78

motor **O**. O puxavante da gaveta, chamado **barro do excêntrico**, **BD**, está ligado em **B**, com a **haste da gaveta**, e em **D**, com os **colares do excêntrico** (**E** e **G**).

O curso da gaveta não é influenciado pelo tamanho da polia do excêntrico; êle só depende da **excentricidade** **OC**, distância entre o centro **C** da polia e o centro **O** do eixo motor.

Pela fig. 79 verificamos uma analogia entre os movimentos da gaveta com os do cilindro, já descritos.



Fig. 79

A posição **T₁** do excêntrico corresponde ao curso extremo posterior da gaveta **A₁**. Ao ponto morto à frente **T₂** corresponde a posição máxima anterior **A₂** da gaveta.

Para se obter a posição **T** do centro do excêntrico, correspondente a uma posição **A** qualquer da extremidade da haste da gaveta, basta descrever, com o centro em **A** e um comprimento igual à barra do excêntrico, um arco de círculo cortando em **T** a circunferência descrita pelo centro do excêntrico; **T** é o ponto

procurado. Como o comprimento da barra do excêntrico é muito grande em relação ao raio de excentricidade, aquêlê arco confunde-se com a reta **TT'**, perpendicular a **T₁T₂**, que ela corta em **t**, que nada mais é do que a projeção de **T** sobre **T₁T₂**. Para se estudar, portanto, os deslocamentos da gaveta, basta seguir as projeções do centro do excêntrico sobre **T₁T₂**.

Quando a gaveta está na metade do seu curso, ponto **Am**, a posição do centro do excêntrico sobre a perpendicular a **T₁T₂** é **Tm**.

45. **Máquina a plena pressão** — Diz-se que uma máquina a vapor é a **plena pressão** quando a admissão do vapor vivo se processa durante todo o curso do êmbolo, numa de suas faces, e há escapamento, na outra face, durante o mesmo período.

Vejamos como se processa a distribuição do vapor nessa máquina.

Na fig. 80 vemos o êmbolo no fundo posterior do cilindro, e a manivela motora em ponto morto atrás; nesta posição a gaveta está na sua posição média, cobrindo as duas luzes **l** e **l'**. Para admitir o vapor na face esquerda do êmbolo, pela luz **l**, a gaveta deve deslizar para a direita até que aquela luz esteja completamente aberta (fig. 80-b) e retroceder imediatamente para a esquerda a fim de fechar a luz quando o êmbolo atingir a frente do cilindro (fig. 80-c); neste momento a manivela motora está no ponto morto à frente. Ultrapassado êste ponto, a luz **l** deverá deixar escapar o vapor contido no cilindro, para o que deve a gaveta continuar deslizando-se para a esquerda até atingir a posição mostrada na fig. 80-d.

Quando há admissão de vapor numa face do êmbolo, há escapamento no outro lado do cilindro e, sendo assim, os movimentos da gaveta para a direita e para a esquerda devem ser absolutamente iguais.

Quando o êmbolo termina o seu curso, a gaveta executou apenas a metade do seu caminho; por êste motivo o excêntrico que comanda a gaveta deve estar «calado» a 90° em relação à manivela motora e deverá ter um raio **r** igual à luz **l** de admissão.

A flecha na fig. 80-a indica o sentido de marcha do excêntrico que obriga a gaveta a deslizar para a direita, admitindo o

vapor na face esquerda do êmbolo. Se o excêntrico, em lugar de estar «calado» na posição ON_1 estivesse na posição ON'_1 , a manivela movimentando-se ainda no sentido da flecha, a gaveta se deslocaria, não mais para a direita e sim para a esquerda, e isto provocaria admissão do vapor na face direita do êmbolo, o que faria retroceder a manivela. Na fig. 80-a vê-se, de um modo evidente, que a marcha, no sentido da flecha, está assegurada com o excêntrico «calado» na posição ON_1 .

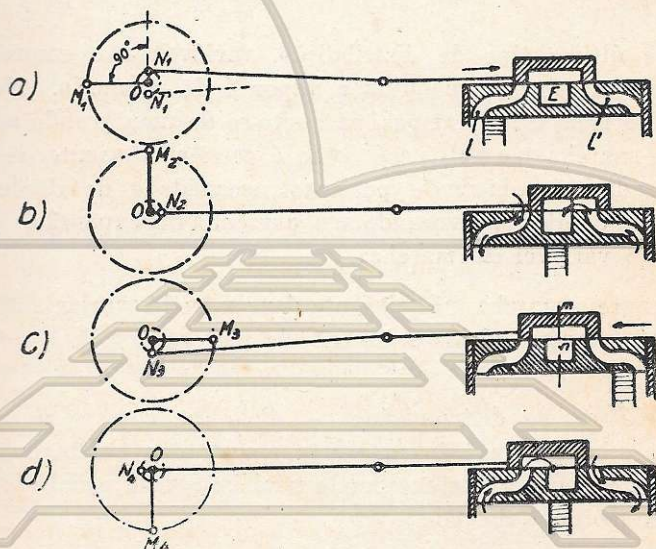


Fig. 80

Conclui-se, pois, «para que a máquina avance, é necessário que o raio do excêntrico faça ângulo reto com a manivela e que esta avance atrás do excêntrico».

46. Máquina com expansão — Na máquina a plena pressão, descrita, o vapor é admitido durante todo o curso do êmbolo e a sua pressão se mantém constante, de modo que ao escapar para a atmosfera ele ainda está em condições de realizar trabalho; uma tal máquina é pois antieconômica.

Na **máquina com expansão**, o vapor só é admitido no cilindro durante uma fração do curso do êmbolo e este só finaliza o

seu movimento graças ao poder expansivo do vapor que ficou prêso no cilindro. Esta máquina, em relação à de plena pressão, tem um menor consumo de vapor para desenvolver uma mesma potência.

Esta expansão, que se obtém do vapor, pode ser **fixa** ou **variável**. Será fixa se a admissão do vapor cessar sempre num mesmo ponto do curso do êmbolo; será variável se se puder sustar a admissão, à vontade, em qualquer ponto do curso do êmbolo.

Este último tipo de distribuição, **variável**, é o empregado nas locomotivas, cuja máquina a vapor é de expansão. No arranque do trem e nas rampas, necessita-se de uma grande admissão; em marcha normal, porém não é econômico manter-se essa grande admissão, havendo portanto necessidade de diminuí-la quando se desejar, provocando um aumento da expansão. É a «expansão variável em marcha».

Durante a marcha, não sômente deve-se poder variar a admissão como também mudar o sentido de marcha.

47. **Fases da distribuição** — Pela fig. 80-a, vê-se que a luz l de admissão mantém-se aberta enquanto o excêntrico executa meia volta, o que corresponde também a uma meia volta da manivela motora (fig. 80-c).

Se em lugar de «calarmos» o excêntrico a 90° em relação à manivela o fizermos com um ângulo maior ($90^\circ + A$) e se acrescentarmos à gaveta um suplemento e , (fig. 81), de modo que a luz de admissão, l, fique coberta, vemos que a **admissão** se dará sômente enquanto o excêntrico percorrer o ângulo k , menor do que uma meia volta. De fato, estando a manivela no ponto morto M_1 , a admissão começará com o excêntrico na posição ON_1' , com o novo ângulo de «calagem»; a admissão será máxima quando o excêntrico atingir a posição ON_2 e cessará em OD , estando o ponto D na mesma vertical de N_1' . Neste momento estará cortada tôda a comunicação entre a caldeira e o cilindro; não entrará mais vapor e aquêle que está no interior do cilindro começará a expandir-se, em virtude da pressão que possui.

Portanto, quando se «cala» o excêntrico com um ângulo superior a 90° , $90^\circ + A$, e se acrescenta uma espessura e à gaveta, haverá **expansão** do vapor no interior do cilindro. Pela fig. 81, verifica-se que a expansão será tanto mais prolongada

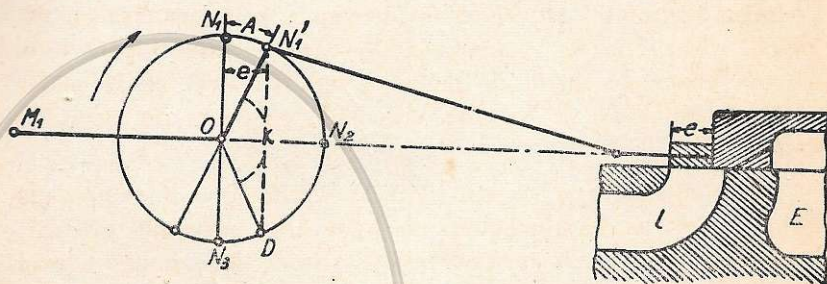


Fig. 81

quanto maiores forem os ângulos A e a espessura e . Esta espessura suplementar e da gaveta é conhecida como **recobrimento externo**. Ele representa a quantidade de que o bordo externo da gaveta ultrapassa a luz de admissão, quando a gaveta está na sua posição média (fig. 82).

O ângulo A chama-se **avanco angular** do excêntrico.

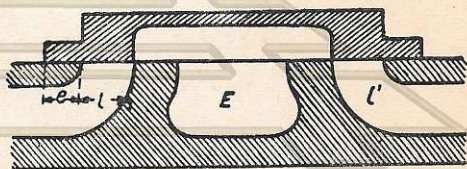


Fig. 82

As condições mencionadas são suficientes para transformar uma máquina a plena pressão em uma máquina a expansão; entretanto, para que a luz l de admissão possa ficar completamente aberta, será necessário prolongar o curso da gaveta, tanto para a direita como para a esquerda; para isto o raio do excêntrico deverá ser igual à largura l da luz mais o recobrimento externo e :

$$r = l + e$$

O curso da gaveta será portanto igual a $2r$ ou $2(1 + e)$.

E' necessário que o vapor atue com tôda pressão desde o início do curso do êmbolo; para isto a luz de admissão deve

já estar aberta quando o êmbolo chega ao final do curso, o que significa dar **avanço de admissão** à distribuição, o que se consegue diminuindo-se o recobrimento externo e .

A quantidade n que a gaveta deixa aberta na luz de admissão, quando a manivela está em ponto morto, é conhecida como **avanço linear de admissão** (fig. 83).

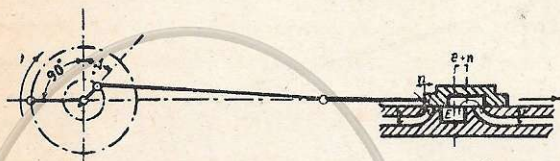


Fig. 83

Na distribuição da máquina de plena pressão fizemos três modificações: avanço angu-

lar, recobrimento externo e aumento do raio do excêntrico. Com estas modificações a transformamos numa máquina de expansão.

Pela fig. 84 vemos que a posição OM_1 da manivela motora corresponde à posição ON'_1 do excêntrico. Iniciando-se o movimento da manivela no sentido da flecha, a gaveta abrirá por

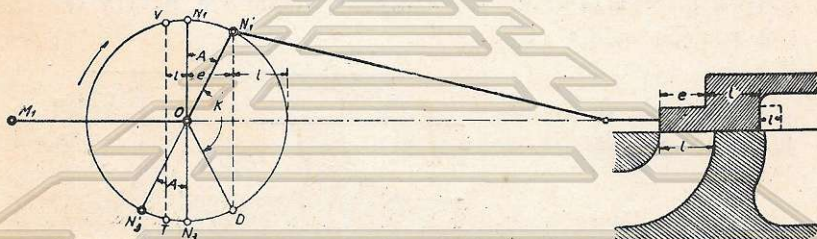


Fig. 84

completo a luz, cerrando-a em seguida quando o excêntrico atinge a posição OD . Durante este tempo houve a **admissão** do vapor. Enquanto o excêntrico avança de OD para ON_3 há o período de **expansão** do vapor que ficou preso no cilindro. Atingindo ON_3 o excêntrico descreveu um ângulo N'_1ON_3 inferior a 180° ; o mesmo acontece com a manivela motora que ainda não descreveu meia volta; o suplemento angular $N_3ON'_3$ é exatamente igual ao ângulo A . Conclui-se que se as arestas internas da gaveta se ajustam exatamente com as da luz, como se vê na fig. 82, o escapamento se inicia quando falta ainda à manivela descrever

um ângulo **A** para atingir o seu ponto morto à frente; há, portanto, um escapamento antecipado ou **pré-escapamento**.

Quando o excêntrico atinge a posição **N'₃**, o êmbolo está no fim do seu curso para a direita; o vapor continua escapando enquanto o êmbolo retorna para a esquerda; é a fase de **escapamento** propriamente dito, que continuará até que o excêntrico atinja a posição **ON₁**; entretanto, neste momento, a manivela ainda não atingiu o seu ponto morto atrás; falta-lhe percorrer um ângulo **A**. Neste instante começa a fase de **compressão**, pois o êmbolo, continuando a deslocar-se para a esquerda, comprime o vapor contra o fundo do cilindro, diminuindo o volume e aumentando a pressão daquele vapor. Esta fase dura enquanto a luz permanece fechada, isto é, até que a gaveta, avançando para a direita, coloca em contato a sua aresta externa com aquela externa da luz.

Neste momento a face direita do êmbolo fica novamente em contato com a caldeira, havendo uma **pré-admissão** até que a manivela motora atinja completamente o ponto morto atrás. Neste momento a gaveta descobre uma parte da luz de admissão, que é o avanço linear de admissão.

As três modificações introduzidas na distribuição do vapor para se conseguir a sua expansão acarretam ao mesmo tempo o pré-escapamento e a compressão; estas duas últimas fases aumentam, quando também crescem o recobrimento externo e o ângulo de calagem. Se se verifica que o pré-escapamento está se produzindo muito rapidamente, pode-se dar uma espessura adicional interna à gaveta, **i**, chamada **recobrimento interno** (fig. 85).

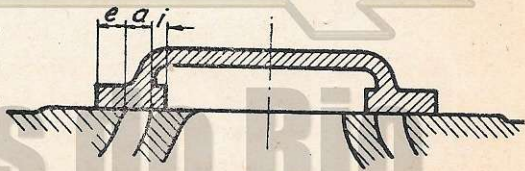


Fig. 85

Isto acarreta entretanto uma compressão mais enérgica, o que poderá ser um inconveniente. Conclui-se que o pré-escapamento está completamente ligado com o grau de compressão; se se diminui o pré-escapamento aumenta-se a compressão e vice-versa.

Admissão externa (gaveta plana)

Admissão interna (cilíndrica)

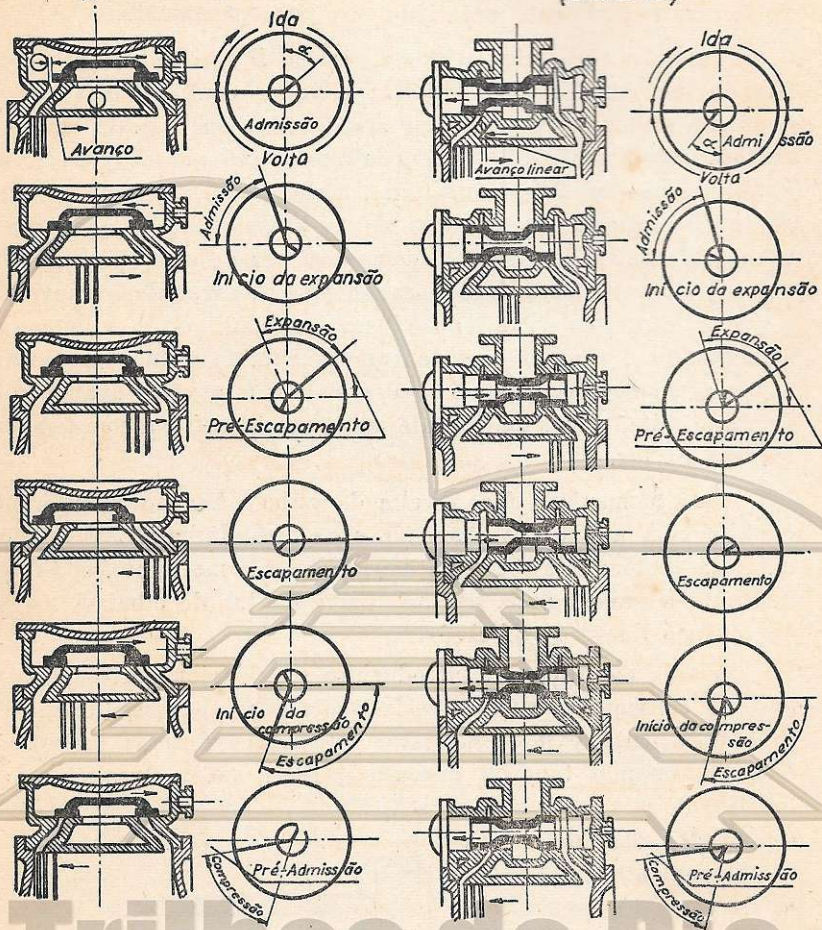


Fig. 86

48. Quadro geral das fases de distribuição — Resumindo o que foi dito, a distribuição do vapor se processa com as seguintes fases:

- 1 — Admissão;
- 2 — Expansão;
- 3 — Pré-escapamento;
- 4 — Escapamento;

- 5 — Compressão;
- 6 — Pré-admissão.

As posições do êmbolo, da gaveta, do excêntrico e da manivela, para cada uma das fases da distribuição, podem ser vistas na fig. 86.

49. **Distribuidores. Gavetas planas e cilíndricas** — A distribuição do vapor entre a caldeira e o cilindro é obtida por «distribuidores» que são órgãos colocados junto aos cilindros, cuja função é admitir o vapor vivo e esgotar o vapor morto; devem eles ainda assegurar, a par de uma distribuição perfeita do vapor, a realização de trabalhos iguais nas duas faces do êmbolo.

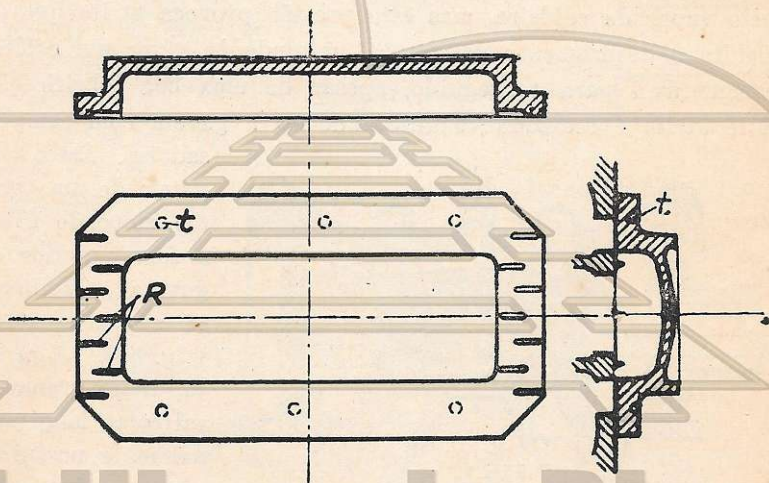


Fig. 87

As locomotivas são munidas quase sempre de distribuidores conhecidos como gavetas. Entretanto há muito se conhecem os distribuidores de **válvula**, que são autênticas válvulas comandadas por «cames», formando um sistema análogo ao dos motores de explosão. Modernamente muito se tem falado no emprêgo racional dêste sistema de válvulas, que apresenta vantagens reais sobre o clássico distribuidor de gavetas, quando se conserva o quadrante regulador dos graus de admissão. A descrição e

estudo dos distribuidores com válvulas escapa ao objetivo dêste livro e, assim sendo, só focalizaremos com detalhes os distribuidores adaptados nas nossas locomotivas.

A gaveta comumente usada consiste numa caixa de ferro fundido fechada em três lados e deslizando sôbre o espelho que faz parte do corpo do cilindro; nesta face de contato existem ranhuras R para lubrificação; algumas vêzes esta face é provida de metal branco. O contato, e conseqüentemente o desgaste entre o espelho e a gaveta, deve ser resolvido de tal modo que seja a gaveta a peça a substituir, pois um desgaste do espelho obrigaria à troca do cilindro.

A gaveta é mantida contra o espelho sob a pressão exercida pelo vapor da caldeira, mas esta pressão provoca atrito que dificulta o deslizamento da gaveta, exigindo às vêzes um esforço considerável para consegui-lo, apesar de uma boa lubrificação. Este atrito é reduzido «equilibrando-se» a gaveta com compen-

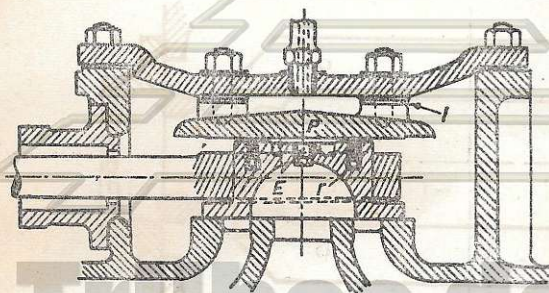


Fig. 88

sadores. Estes consistem de um «prato» colocado sôbre a face superior da gaveta e facilmente a ela ajustado (fig. 88). A gaveta, tanto transversal como longitudinalmente, possui ranhuras formando

um retângulo e nas quais se introduzem pequenas barras de ferro fundido, cada uma delas descansando sôbre uma mola de chapa que as mantém aplicadas contra o «prato». Com compensador a gaveta desliza com facilidade sôbre o espelho do cilindro, o que foi conseguido subtraindo-se uma parte da gaveta à ação do vapor proveniente da caldeira. Muitas vêzes o compensador encontrado sôbre a gaveta é de um tipo diferente; as quatro barrinhas foram substituídas por um único anel de ferro fundido que isola parte da gaveta, da ação do vapor. Qualquer que seja

o tipo de compensador, a sua ação só será eficiente quando houver perfeita ajustagem de tôdas as suas peças.

A gaveta liga-se à sua haste por meio de um quadro de ferro forjado que abraça o seu corpo (fig. 89).

A fig. 90 representa um corte mostrando o cilindro com sua gaveta desviada para a esquerda da sua posição central.

A gaveta plana comum apresenta-se às vèzes com um canal interior.

Vê-se pela fig. 91 que a seção total da admissão, quando a gaveta se deslocar para a direita, por exemplo, será dupla da conseguida por uma gaveta comum, e aquela

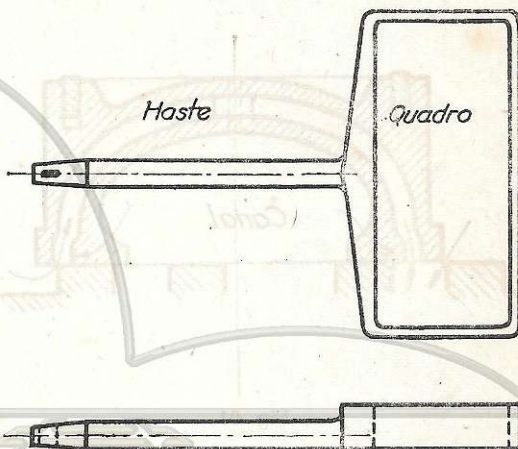


Fig. 89

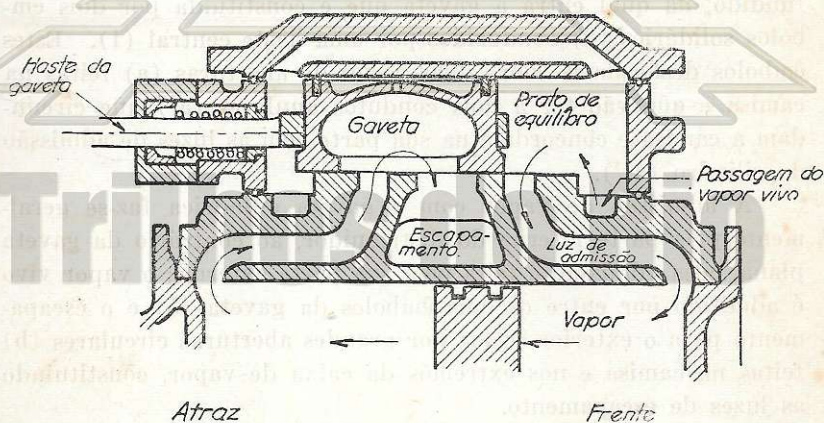


Fig. 90

seção se mantém dupla durante tôda a admissão, o que é muito útil, pois em geral a gaveta comum abre a luz muito lentamente,

o que é um inconveniente principalmente nas máquinas de expansão acentuada.

A **gaveta cilíndrica** é de emprêgo muito generalizado na distribuição do vapor nas locomotivas. Ela nada mais é do que

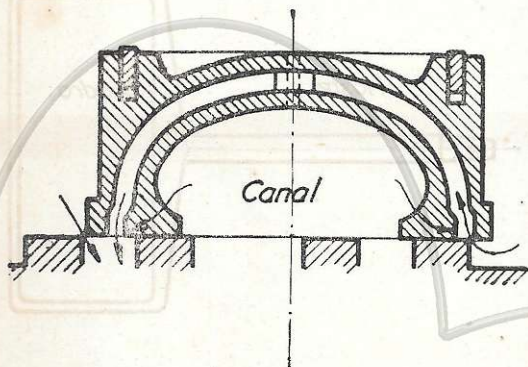


Fig. 91

uma gaveta plana enrolada sobre si mesma, de modo que a sua superfície de deslizamento toma a forma de um cilindro. Sendo perfeitamente **equilibrada**, a gaveta cilíndrica é francamente aconselhada para as locomotivas modernas que empregam vapor com alta pressão e

fortemente superaquecido, o que exige uma boa lubrificação, permitida por êste tipo de gaveta. Para receber uma gaveta cilíndrica, a caixa de vapor toma a forma de um cilindro oco, revestido internamente por uma **camisa** (fig. 92 (4), de ferro fundido, na qual entra a gaveta que é constituída por dois êmbolos solidários (2) conduzidos por uma haste central (1). Estes êmbolos deslocam-se sobre duas séries de aberturas (a) feitas na camisa e que vão ter a dois condutos anulares (a') que circundam a camisa e concordam na sua parte com as luzes de admissão do cilindro (a'').

A admissão do vapor com a gaveta cilíndrica faz-se geralmente pela parte interna do distribuidor, ao contrário da gaveta plana, cuja admissão é feita pela sua parte externa; o vapor vivo é admitido por entre os dois êmbolos da gaveta (5) e o escapamento para o exterior se faz por grandes aberturas circulares (b) feitas na camisa e nos extremos da caixa de vapor, constituindo as luzes de escapamento.

A admissão pelo corpo central do distribuidor oferece a vantagem de preservar o vapor contra o resfriamento, ao mesmo tempo que os escapamentos laterais permitem à haste movimentar-se em meio de vapor com baixa pressão, facilitando portanto

o seu movimento, sendo ainda mais fácil fazer a estanqueidade na parte onde a haste penetra na caixa de vapor.

Em torno dos êmbolos da gaveta vão anéis de ferro fundido, conhecidos como **segmentos** (3), que asseguram a estanqueidade do distribuidor não permitindo que o vapor vivo, admitido pela parte central, passe para os extremos da caixa de vapor.

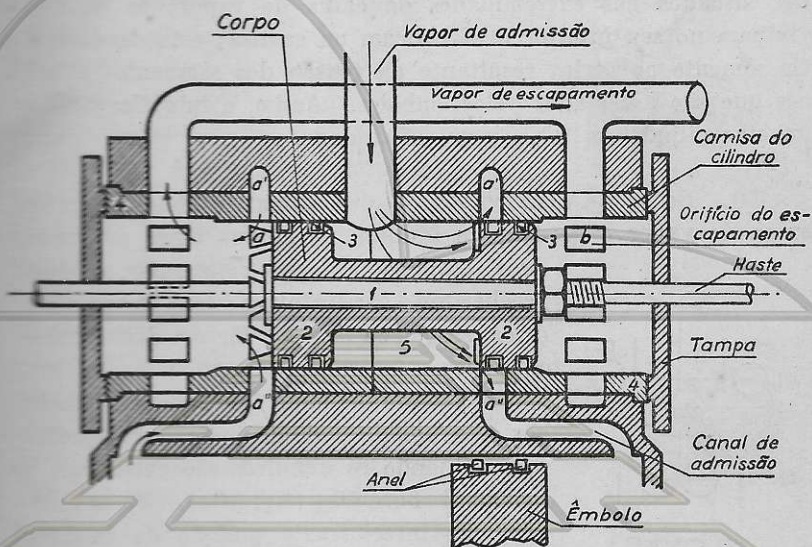


Fig. 92

As aberturas separadas que constituem as luzes de admissão (a) são interrompidas por espaços cheios (p), a fim de evitar que os segmentos se prendam nelas quando deslizarem e além disso se apresentam obliquamente e inclinadas de modo alternado



Fig. 93

para evitar o agarramento dos segmentos e para que estes não girem sobre a camisa; uma das partes cheias, que corresponde à junção dos anéis (fig. 93), entretanto, apresenta-se paralela ao distribuidor.

Quanto às aberturas do escapamento, as partes cheias são dispostas longitudinalmente, uma vez que os êmbolos da gaveta não cobrem as aberturas.

A montagem de uma gaveta cilíndrica deve ser cuidadosa para evitar o atrito do corpo dos êmbolos contra a camisa. O distribuidor está montado sobre uma haste apoiada em dois pontos, situados nas extremidades da caixa de vapor; os êmbolos flutuam no seu interior e não tocam na camisa; esta deve resistir somente ao atrito resultante da tensão dos segmentos elásticos que são arrastados pelos êmbolos. Assim, a lubrificação das gavetas cilíndricas faz-se sem dificuldade.

50. Caixa de distribuição — A caixa de distribuição ou caixa de vapor é geralmente fundida no mesmo bloco dos cilindros. Apresenta forma retangular, se deve receber uma gaveta plana; terá forma cilíndrica, se no seu interior fôr um distribuidor cilíndrico.

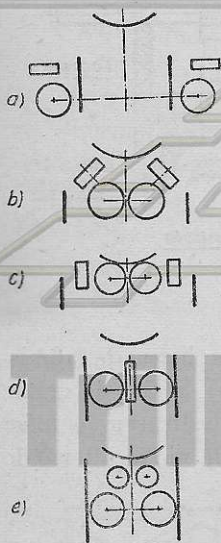


Fig. 94

A posição da caixa de vapor em relação aos cilindros depende da posição destes últimos. Quando os cilindros são exteriores, a caixa vai sobre eles (fig. 94-a). Se os cilindros são interiores, a posição da caldeira às vezes obriga que as caixas fiquem ao lado dos cilindros em posição oblíqua ou vertical (fig. 94-b e c). Entretanto, se o diâmetro dos cilindros o permitir, pode haver uma caixa de distribuição comum colocada entre eles; isto, porém, sacrifica o acesso ao espelho do distribuidor (fig. 94-d). Se o eixo da caldeira fôr elevado, as caixas podem ficar sobre os cilindros, mesmo quando estes forem interiores (fig. 94-e).

51. Diagrama do trabalho do vapor — A ajustagem dos órgãos da distribuição do vapor é geralmente feita com a locomotiva fria, tendo-se ao lado os desenhos referentes ao tipo, assim como todas as medidas que o caracterizam.

Quando a locomotiva já está em marcha, é conveniente conhecer como o vapor se distribue nos cilindros, isto é, qual a duração das suas diversas fases de trabalho; em outras palavras, qual é a sua pressão a cada instante, em relação à posição do êmbolo do cilindro.

O **manômetro registrador** permite levantar um diagrama completo do trabalho realizado pelo vapor no cilindro. Este aparelho consiste essencialmente de um pequeno cilindro vertical, com 20 mm de diâmetro (fig. 95), cuja parte inferior pode ser atarraxada no cilindro da locomotiva, no lado em que se vai fazer o estudo do trabalho do vapor; êste penetra no cilindro do **indicador** (manômetro registrador) e empurra um êmbolo que está no seu interior, que, por sua vez, comprime ou distende uma mola, conforme êle desce ou suba no cilindro sob a ação do vapor. A pressão do vapor, a cada instante, pode ser conhecida através do comprimento da mola; mas, como esta observação direta é difícil, a mola é ligada a um estilete que traça linhas sobre um papel enrolado num tambor

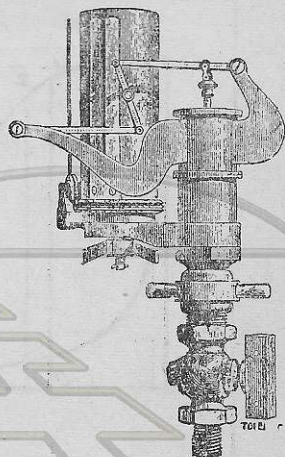


Fig. 95

vertical colocado à sua frente; se o tambor fôsse fixo, o estilete traçaria uma simples linha vertical; para se ter um diagrama completo, liga-se o tambor ao êmbolo da locomotiva, de modo que êle passa a ter um movimento de rotação igual ao de translação do êmbolo; faz-se naturalmente uma redução do movimento do tambor, pois, do contrário, seria necessário um papel com comprimento igual ao do curso do êmbolo, cêrca de 600 a 650 mm. O deslocamento do papel permite sempre conhecer a posição do êmbolo da locomotiva. Por exemplo, se o ponto **A** do diagrama da fig. 96 representa $\frac{1}{4}$ do comprimento total do diagrama, quando êle foi assinalado no papel do êmbolo da locomotiva estava igualmente a $\frac{1}{4}$ do seu próprio curso, e a pressão do vapor, nesta posição, acima da atmosférica, está representada pela linha **AB**, que também representa a flexão da mola do aparelho registrador.

A linha **MN** é traçada quando o indicador não está em comunicação com o cilindro da locomotiva, isto é, quando o seu pequeno êmbolo está em comunicação com a atmosfera.

No diagrama da fig. 96, a linha 1 — 2 foi traçada durante o período de **admissão**; 2 — 3 durante a **expansão**; 3 — 4 durante o **pré-escapamento**; 4 — 5 durante o **escapamento**; 5 — 6 durante a **compressão** e 6 — 1 durante a **pré-admissão**.

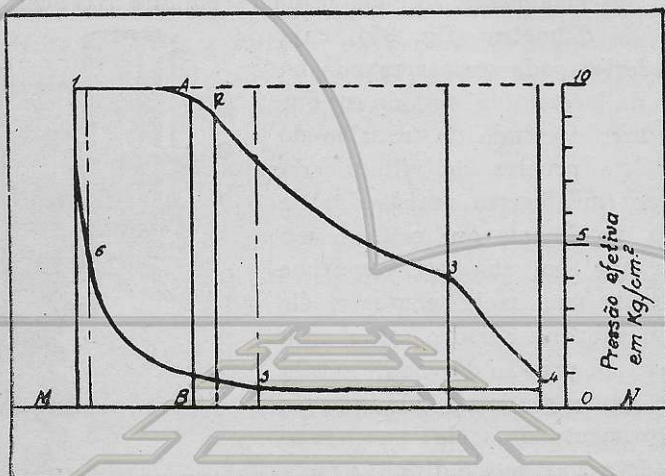


Fig. 96

Os diagramas levantados pelo indicador são lidos com facilidade, desde que o observador adquira prática na sua leitura; o ponto 6 é geralmente o menos visível.

Conhecendo-se, a cada instante, a pressão do vapor sobre o êmbolo da locomotiva e o caminho percorrido por este ultimo, pode-se deduzir a **pressão média** do vapor ou **ordenada média** do diagrama. Para isto, calcula-se a área do diagrama levantado pelo indicador, o que pode ser feito com um planímetro; esta área dividida pelo comprimento do diagrama dá a ordenada média. Se o vapor tivesse esta pressão média durante todo o curso do êmbolo e supondo nula a resistência durante o seu retorno, o trabalho produzido pelo vapor seria o mesmo que na marcha real.

Em geral as ordenadas médias, correspondentes aos diagramas das duas faces do êmbolo, não são idênticas.

Conhecendo-se a ordenada média, as dimensões do cilindro e a velocidade de rotação, pode-se calcular a **potência indicada**. Sejam, por exemplo, 3 quilogramas e 3,1 quilogramas as ordenadas médias atrás e à frente do êmbolo de um cilindro com 500 milímetros de diâmetro e haste de 80 milímetros. A superfície

da frente sujeita à ação do vapor é: $\frac{\pi d^2}{4} = 1.963$ centímetros

quadrados; a superfície da face oposta do êmbolo, deduzida a área da haste, é: $\frac{3.14 \times 50^2}{4} - \frac{3.14 \times 8^2}{4} = 1913$ centíme-

tros quadrados. As forças que agem sobre as duas faces do êmbolo são pois: $3 \times 1.963 = 6.080$ quilogramas e $3,1 \times 1.913 = 5.740$ quilogramas. Se o êmbolo tem um curso de 650 milímetros, o trabalho por curso é: $0,65 (6.080 + 5.740) = 7.700$ quilogrâmetros. A velocidade do êmbolo sendo de 3 cursos por segundo, a potência desenvolvida pelo vapor será: $7.700 \times 3 = 23100$

quilogrâmetros/segundo ou $\frac{23100}{75} = 308$ H. P.

A **potência indicada** da locomotiva será o dôbro desta, caso ela possua dois cilindros.

52. **Inversão da marcha** — A locomotiva a vapor deve marchar nos dois sentidos: para frente e para trás. Os diversos sistemas utilizados para a inversão da marcha podem se classificar em:

a) sistema com dois excêntricos; b) sistema com um excêntrico; c) sistema sem excêntrico.

Sistema com dois excêntricos — Um excêntrico calado na posição **OA**, estando a manivela em **OM** (fig. 97-a), regulará a marcha no sentido da flecha 1, isto é, para a frente. Se o excêntrico fôsse calado em **OB** (fig. 97-b), para a mesma posição **OM** da manivela, a marcha estaria regulada para o sentido da flecha 2, ou seja, para trás. Tendo-se dois excêntricos **OA** e **OB** (fig. 97-c) calados simêtricamente em relação à manivela **OM** e podendo cada um dêles ligar-se à vontade, em **C**, com a haste do distribuidor, pode-se facilmente avançar a locomotiva para a frente ou para trás. Isto foi conseguido unindo-se as extremida-

des **C** e **D** das barras do excêntrico por uma barra **CD**, chamada **corrediga** ou **setor de Stephenson**, idealizada em 1843 por Howe, operário das oficinas daquele inventor. A **corrediga** pode deslizar de uma extremidade à outra sôbre o dado **k**, prêso à haste da gaveta.

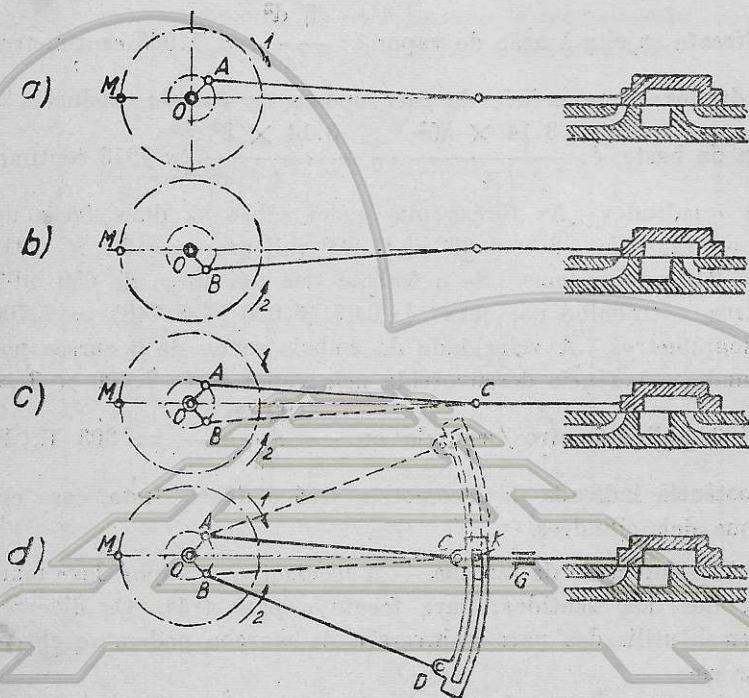


Fig. 97

A) Corredeira de Stephenson — Quando a corredeira desce até que o dado **k** ocupe a sua extremidade superior, onde se articula a barra **AC** (fig. 97-d), a gaveta fica comandada sômente pelo excêntrico **OA**, não exercendo **OB** nenhuma influência; a locomotiva ficará disposta para marcha à frente, sentido da flecha 1. Se, ao contrário, levantar-se a corredeira, de modo que a sua extremidade inferior se ligue ao dado **k**, como se vê no pontilhado da fig. 97-d, a gaveta será acionada pelo excêntrico **OB**, não exercendo **OA** nenhuma influência; a locomotiva estará disposta para recuar, no sentido da flecha 2.

A distribuição do vapor sempre se fará segundo as seis fases de trabalho já vistas, quer a locomotiva avance para a frente ou para trás; isto é devido a que os excêntricos têm o mesmo raio e o mesmo ângulo de «calagem», o que assegura a mesma duração para cada fase, qualquer que seja o sentido da marcha.

Examinemos o caso da fig. 98.

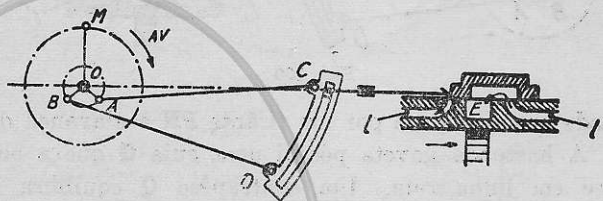


Fig. 98

A manivela está vertical e por conseguinte o êmbolo do cilindro atingiu a metade do seu curso; a marcha da locomotiva está sendo feita para a frente, visto a gaveta ser comandada pelo excêntrico **OA**; a luz de admissão está aberta, assim como a do escapamento.

Na fig. 99 a manivela está ainda na posição vertical, mas a gaveta é comandada pelo excêntrico **OB** e a locomotiva marchará para trás; o êmbolo do cilindro está a meio curso, a luz da esquerda está provocando o escapamento do vapor e a luz da direita está em admissão.

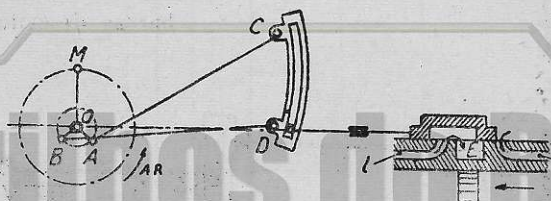


Fig. 99

Para a mesma posição vertical **OM** da manivela, mas com o dado na posição média da correia, fig. 100, a gaveta está na sua posição média e portanto as duas luzes estão fechadas.

Conclui-se que, estando a manivela imóvel na sua posição vertical, pode-se conseguir deslocamentos importantes da gaveta com uma simples manobra da correia.

A corredeira tem a sua concavidade voltada para o eixo motor (fig. 101) e o seu raio é igual a **AC** e a **BD**; está suspensa por uma barra **TH** que se prende a uma alavanca **PRT** cuja

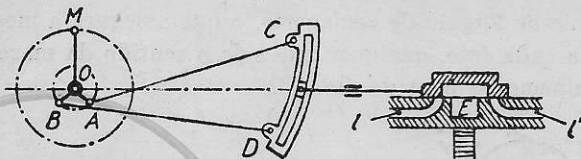


Fig. 100

extremidade oposta liga-se por um tirante **PN** à alavanca de marcha, **LI**. A haste da gaveta possui uma guia **G** que a obriga a deslocar-se em linha reta. Um contrapêso **Q** equilibra o conjunto da corredeira e barras.

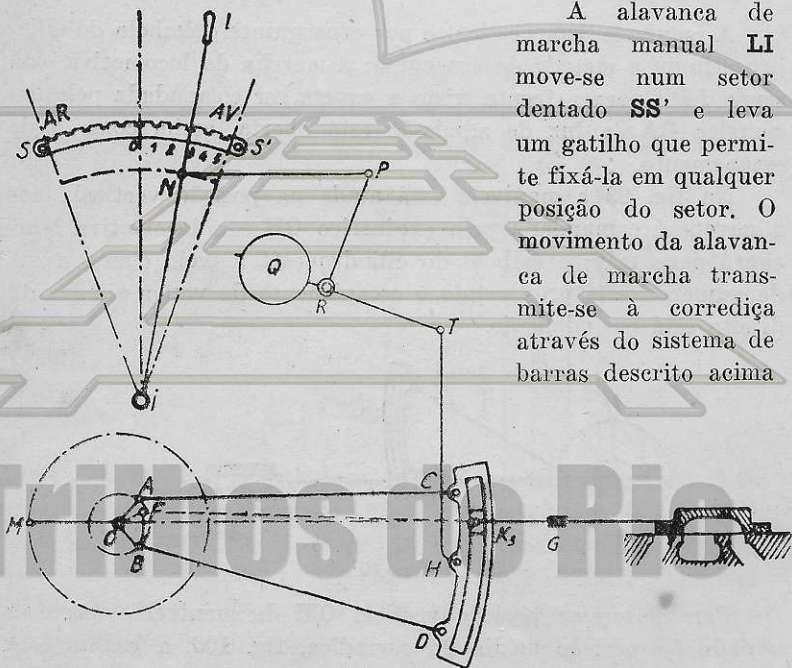


Fig. 101

e ela pode ocupar as duas posições extremas **AV** e **AR** correspondentes às marchas para frente e para trás.

Além de inverter a marcha, a alavanca **LI** permite variar a expansão do vapor no cilindro. Vimos que se a locomotiva movimentar-se, estando a alavanca de marcha nas posições ex-

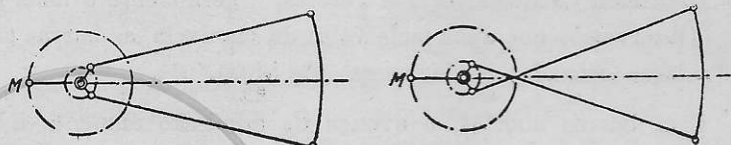


Fig. 102

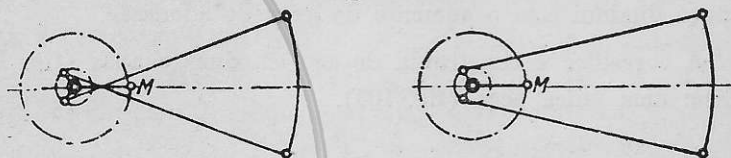


Fig. 103

tremas **AR** ou **AV**, a gaveta só será comandada por um único excêntrico, **OB** ou **OA**. Fixando-se, porém, a alavanca no 3.º dente, de modo que o dado esteja com **k₃**, na corredeira, e movimentando-se a locomotiva, a gaveta receberá a ação dos dois

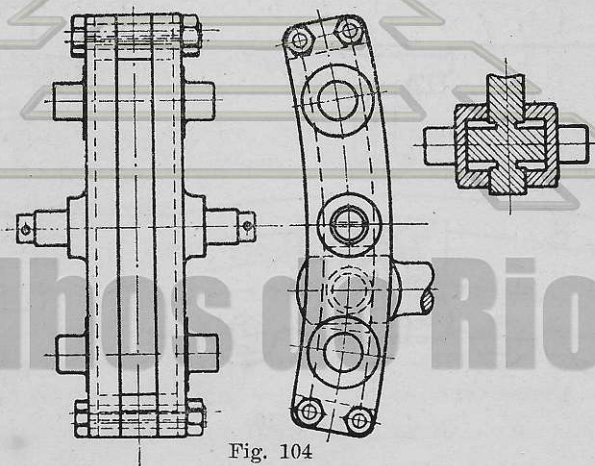


Fig. 104

excêntricos ao mesmo tempo; é como se ela recebesse a ação de um único excêntrico «fictício» **OF**, com raio e ângulo de avanço diferentes daqueles dos excêntricos reais **OA** e **OB**. A cada posição da alavanca de marcha no setor dentado, corresponde um excêntrico fictício.

As barras dos excêntricos podem ser abertas ou cruzadas, sempre se referindo à manivela em ponto morto anterior (fig. 102).

O primeiro sistema, barras abertas, é geralmente o mais usado. Observemos que após meia volta da manivela, as barras abertas estarão cruzadas e vice-versa (fig. 103).

Com barras abertas, o avanço da admissão aumenta à medida que o grau de admissão diminui; com barras cruzadas, o avanço diminui com o aumento do grau de admissão.

A corrediça é construída de aço em duas chapas (fig. 104) ou em uma única peça (fig. 105).

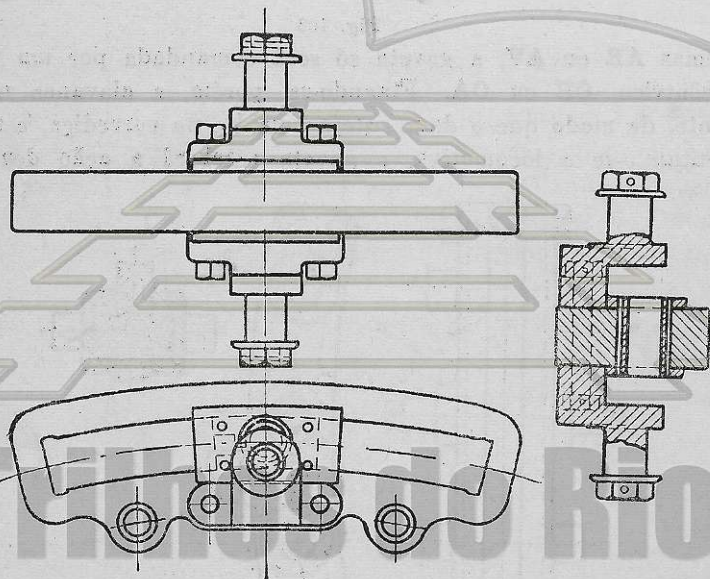


Fig. 105

Os construtores preferem em geral a primeira disposição de duas peças paralelas, tendo nas extremidades de cada face as mangas onde se articulam as barras dos excêntricos e no centro a manga de articulação da barra de suspensão da corrediça.

A corrediça de Stephenson, além de modificar o período de admissão, altera também o avanço da gaveta.

B) **Corrediça de Gooch** — Possuindo dois excêntricos, difere entretanto da de Stephenson por ter a concavidade voltada para a gaveta cuja haste está ligada a uma barra de comprimento igual ao raio da corrediça. A corrediça está presa por barras de suspensão a um eixo fixo e não diretamente ao sistema da alavanca de marcha; esta atua sobre a barra que liga a haste da gaveta à corrediça (fig. 106).

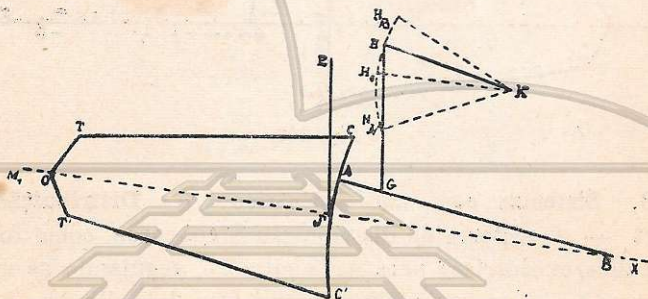


Fig. 106

Sendo o raio da corrediça igual à barra que comanda a haste da gaveta, o avanço linear desta última é constante para qualquer grau de admissão.

A corrediça de Gooch exige um espaço maior do que a de Stephenson, em virtude da necessidade de se colocar a barra que comanda a haste da gaveta.

C) **Corrediça de Allan** — O seu característico é ser reta, sem concavidade como as de Stephenson ou de Gooch; entretanto apresenta analogias com aqueles dois tipos já vistos. Como a de Stephenson, ela se prende ao sistema de alavanca de marcha e como a de Gooch a haste da gaveta liga-se à corrediça através de uma barra. Tanto a corrediça como a barra que comanda a haste da gaveta estão ligadas ao sistema da alavanca de marcha,

mas os seus movimentos se processam em sentidos contrários: quando uma sobe a outra desce (fig. 107).

De modo semelhante ao sistema Stephenson, com a correção de Allan, os avanços lineares não são iguais para todas as posições da alavanca de marcha.

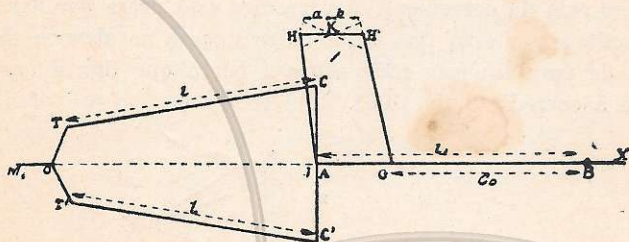


Fig. 107

53. **Sistemas com um excêntrico:** A) **Distribuição Walschaert** — O sistema de distribuição Stephenson, como foi visto, possui dois excêntricos para cada cilindro, regulando as marchas à frente e à ré e assim uma locomotiva com dois cilindros possuirá quatro excêntricos no seu mecanismo motor.

Egide Walschaert, mecânico belga, em 1844, patenteava o seu sistema de distribuição com um único excêntrico para cada cilindro. Nesta mesma época, Heusinger von Waldegg apresentava na Alemanha um sistema idêntico, reconhecendo entretanto a primazia da idéia de Walschaert. Por esse motivo muitas vezes o sistema referido é conhecido pelo nome de Walschaert-Heusinger.

O único excêntrico de Walschaert, **ON**, é calado a 90° em relação à manivela motora **OM**, isto é, sem avanço angular (fig. 108).

Este excêntrico aciona, por meio da «barra do excêntrico» **ND**, a extremidade **D** de um quadrante **CD**, fixo e oscilante em torno do ponto **F**. O dado ou cepo **E** move-se ao longo do quadrante sempre ligado à «barra radial» **EK** que é comandada pelo sistema de alavancas **PHX** ligado à alavanca de marcha.

Sendo fio o ponto **F**, a rotação do excêntrico **ON** no sentido de marcha à frente faz com que a extremidade inferior **D** do quadrante oscile para a direita e a extremidade superior **C** para a esquerda. Compreende-se facilmente que para inverter a marcha basta colocar o cepo **E** na metade superior **FC** do quadrante. Neste caso, tudo se passa como se a gaveta fôsse comandada por um excêntrico **ON'**, oposto a **ON**, e sabemos que êsse excêntrico assegura um sentido de marcha oposto a **ON**. Percebe-se agora porque deve o excêntrico **ON** estar calado em ângulo reto com

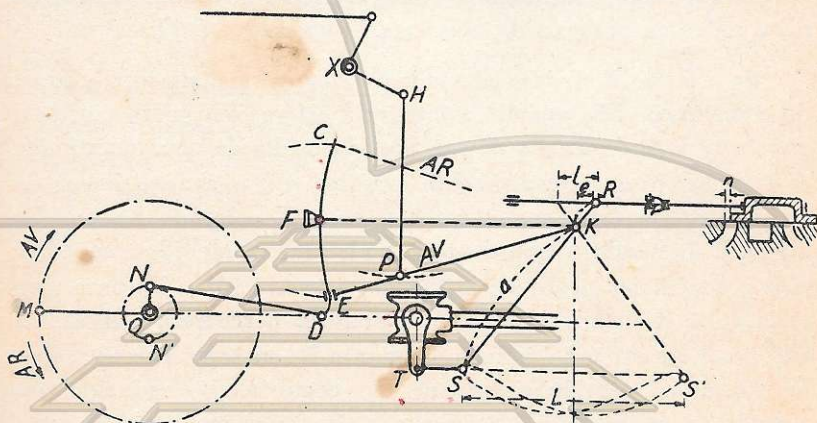


Fig. 108

relação à manivela, pois se êle tivesse avanço angular, o excêntrico oposto **ON'** teria um atraso angular e assim a distribuição neste último sentido de marcha daria maus resultados mesmo que fôsse boa no sentido comandado por **ON**.

Vejamos como foi obtido por Walschaert o movimento destinado a dar recobrimento exterior e interior à gaveta.

A extremidade **S** de uma alavanca **RS** (fig. 108), chamada **alavanca de combinação**, recebe da cruzeta um movimento de vaivém através da **barra de oscilação** (bracinho) **ST**; o ponto **K** move-se com o cepo **E** por estar a êle ligado pela **barra radial EK**.

Em virtude desta disposição das peças do mecanismo, a haste da gaveta recebe movimento do excêntrico através do quadrante e ainda é influenciada pelo movimento da manivela motora, pois,

pelas alavancas de combinação e barra de oscilação, está ligada ao deslocamento da cruzeta que por meio do puxante transmite o seu movimento à manivela motora. Esta última desempenha o papel de um segundo excêntrico.

O quadrante tem forma circular e raio igual à barra **EK** e, estando a manivela em ponto morto, pode-se fazer o cepo deslizar ao longo do quadrante, sem que a gaveta sofra qualquer deslocamento, e para esta posição da manivela motora a gaveta deixa descoberta uma quantidade de luz igual ao avanço que é constante para tôdas as posições da alavanca de marcha.

Se o ponto **K** dividir conveniente e proporcionalmente a barra de combinação **SR**, quando a manivela estiver em ponto morto, a gaveta terá se deslocado da sua posição média de uma quantidade $e + n$, sendo e o recobrimento exterior e n o avanço linear de admissão. De fato, suponhamos o cepo **E** colocado na posição média **F** do quadrante; o ponto **K** pode ser considerado como fixo, pois o excêntrico nenhuma influência exercerá sobre **E**; para uma meia volta de manivela motora, o ponto **S** percorrerá a distância **SS'** igual ao curso do êmbolo, enquanto **R**, ou seja, a gaveta, deslocar-se-á em sentido oposto de um comprimento reduzido, em virtude da relação dos braços a e b da alavanca de combinação.

Se l fôr o curso da gaveta, quando o cepo estiver no centro do quadrante e L fôr o curso do êmbolo do cilindro, ter-se-á:

$$\frac{L}{l} = \frac{a}{b}$$

Passando a manivela do ponto morto atrás para o ponto morto à frente, a gaveta que provocava a admissão à esquerda passa a dá-la à direita; em resumo, a gaveta deve deslocar-se, da sua posição média, para a direita em uma distância $e + n$ e desta mesma distância para a esquerda e assim o seu curso total deverá ser $l = 2(e + n)$. Estando o cepo no centro do quadrante, a gaveta se movimenta apenas sob a ação da alavanca de combinação, visto o excêntrico não exercer influência sobre ela, de modo que o ponto **K** deve estar numa posição tal que permita à alavan-

ca de combinação dar um curso à gaveta igual a $2(e + n)$ ou, em outras palavras, aquêlê ponto deve satisfazer à relação

$$\frac{a}{b} = \frac{L}{2(e + n)},$$

e quando isto acontece a distribuição do vapor nos cilindros se processa segundo as seis fases já conhecidas.

Tudo se passa como se o excêntrico **ON** fôsse substituído por outra **OA** que acionasse diretamente a gaveta sem intervenção da alavanca de combinação. O excêntrico **OA** é o excêntrico fictício correspondente à posição extrema da alavanca de marcha à frente. Para marcha à ré, ter-se-á igualmente um excêntrico fictício **OB**.

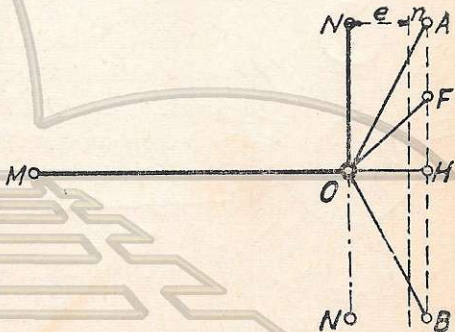


Fig. 109

No sistema Stephenson, quando a alavanca de marcha está numa posição intermediária, a distribuição

se faz como se fôsse comandada por um excêntrico cujo centro **F** (fig. 109) estivesse no arco que passa pelos pontos **A** e **B**. No caso presente o centro **F** dêsse excêntrico fictício encontra-se sobre a reta **AB**. Vemos pois que no sistema de Walschaert o avanço linear de admissão é constante para tôdas as posições da alavanca de marcha, ao passo que no de Stephenson êle é variável. No sistema de Walschaert a expansão, o pré-escapamento e a compressão aumentam à medida que a alavanca de marcha se aproxima do centro.

Quando os cilindros da locomotiva são externos, o excêntrico do sistema de Walschaert é geralmente substituído por uma contramanivela **MN** (fig. 110) que desempenha as mesmas funções de um excêntrico de raio **ON**.

Geralmente a marcha à frente da locomotiva processa-se com o cepo na metade inferior do quadrante; se entretanto se desejar

que aquela marcha se processe com o cepo na parte superior do quadrante, basta calar o excêntrico de modo que êle avance atrás da manivela e não à sua frente.

Ocupando a manivela motora a posição vertical, para cima ou para baixo, o êmbolo do cilindro estará na metade do seu curso e o ponto **S** estará na metade de **SS'** (fig. 108); e se a alavanca de marcha estiver no centro, o ponto **K** estará fixo e a extremidade **R** estará na metade de **l**, isto é, a gaveta estará centrada e as luzes de admissão estarão fechadas.

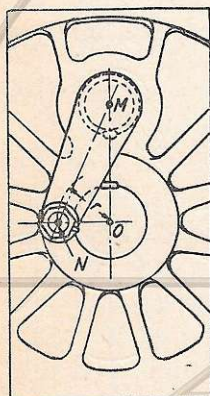


Fig. 110

Se a manivela movimentar-se para cima e a alavanca de marcha fôr colocada tôda à frente, haverá admissão do vapor pelo lado esquerdo da gaveta; se a alavanca de marcha estiver tôda atrás a admissão do vapor se fará pelo lado direito da gaveta.

B) Sistema Southern — O sistema de distribuição «Southern» é um sistema de movimento externo, isto é, as peças ficam situadas na parte externa dos longerões. Existe um único tipo de «distribuição Southern» que pode ser aplicado em qualquer classe de locomotiva independente de ser interna ou externa a admissão do vapor pelas gavetas. O inventor dêste sistema conseguiu uma boa distribuição do vapor com poucas pegas no movimento. O movimento do excêntrico é transmitido até as gavetas em movimento direto e através de linhas retas, o que elimina esforços anormais e distorções encontradas em outros sistemas de distribuição. É interessante notar que no caso da distribuição «Walschaert», o pequeno curso da gaveta que vence a cobertura e provoca o avanço é obtido pelo movimento da cruzeta, e está conjugado, por meio da alavanca de combinação, com o longo curso da gaveta, movimento êste que provém do pino do excêntrico. No caso da distribuição «Southern», o excêntrico é a fonte de movimento para o longo curso da gaveta e ainda em virtude da sua posição quando a «máquina» está em ponto morto, a cobertura da gaveta é vencida e o avanço

obtido. A fig. 111 mostra o croqui da distribuição «Southern» aplicada numa locomotiva com gaveta de admissão externa. Com a barra de alcance pode-se conjugar uma alavanca, um parafuso ou uma reversão mecânica para se inverter a marcha. O quadrante é usado com o respectivo cepo, mas como mostra a fig. 111 êle é mantido horizontalmente estacionário e rigidamente aparafusado num suporte que, por sua vez, está fixado de um lado num apoio em cruzeta e de outro numa peça em cantoneira. Estas duas últimas peças são fixadas rigidamente nos longerões. O cepo do quadrante está conjugado, por uma barra de alcance auxiliar, ao braço de uma haste de reversão, e os desgastes do

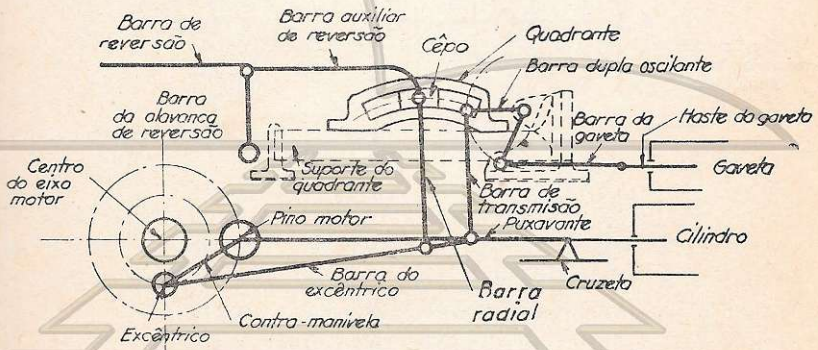


Fig. 111

cepo e do quadrante são quase nulos, porque o cepo se move no quadrante apenas para modificar a admissão ou inverter a marcha. A «Southern» é quase uma distribuição sem quadrante. Visto radialmente, o centro do pino do excêntrico situa-se numa linha que passa pelo centro do eixo motor formando um ângulo de 90 graus ou, em linguagem de oficina, êle está em esquadro, com a linha que passa pelo centro da manivela.

Êste ângulo de 90 graus subsiste quer o excêntrico preceda ou anteceda o pino da manivela, no sentido de avanço da máquina. A barra do excêntrico, na sua parte dianteira, está ligada ao pino do cepo do quadrante por meio de uma **barra radial**. A mesma barra do excêntrico, como mostra a fig. 111, avança além da sua ligação com a barra radial até o ponto em que se conjuga com a **barra de transmissão**. Esta barra transmite para

a parte superior o movimento do pino do excêntrico até um dos braços de uma **barra dupla oscilante** que pelo seu segundo braço está conjugada com a **haste da gaveta** que controla o movimento desta última. Para explicarmos claramente o movimento da gaveta devemos considerar, por um momento, a maneira pela qual, na distribuição Walschaert, são obtidos a «cobertura e o avanço». A fig. 112 mostra uma **alavanca de combinação** usada no caso

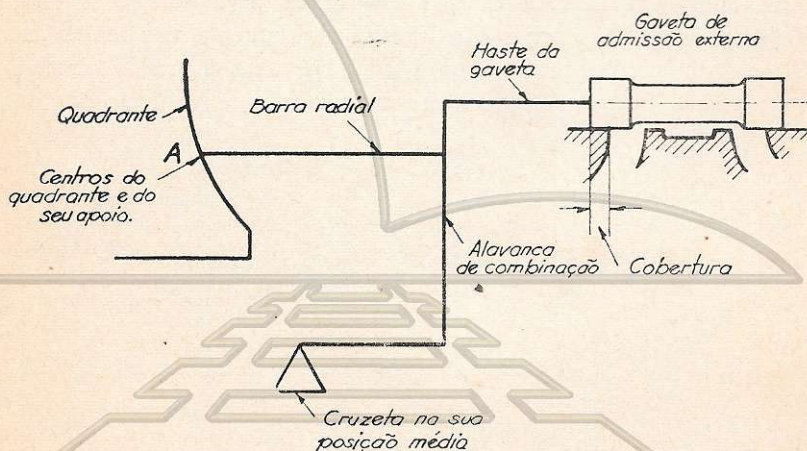


Fig. 112

de admissão externa. A barra radial apresenta-se presa no cepo e no centro do quadrante, isto é, o centro do cepo coincide com o fulcro do quadrante (ver **A**, fig. 112). A cruzeta apresenta-se no meio de seu curso trazendo a alavanca de combinação na vertical e colocando a gaveta centrada. Se se mover a cruzeta para o extremo posterior do seu curso, mantendo-se a posição da barra radial e a proporcionalidade da alavanca de combinação, a gaveta deslocar-se-á para frente da quantidade **A** (fig. 113) superando a cobertura e provocando o avanço **C**. Se se mover a cruzeta para o extremo anterior do seu curso, mantendo-se imóvel a posição da barra radial, a gaveta recuará da quantidade **B** (fig. 113). A distância **A + B** é igual a duas vezes o avanço mais duas vezes a cobertura. Como se mostrou na distribuição Walschaert o avanço permanece invariável ou, em outras palavras, ela tem **avanço constante**. Este mesmo princípio rege a distri-

buição Southern. Para melhor compreensão, com a alavanca de marcha na sua posição média, imaginemos a posição normal da **alavanca de combinação** da distribuição Walschaert desenhada

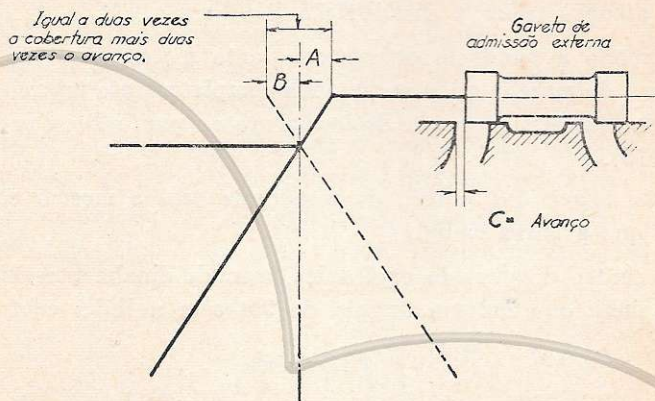


Fig. 113

horizontalmente, como se vê em **A** (fig. 114). O tipo de gaveta e respectiva posição estão representados em **B** da mesma figura. Suponhamos também uma **barra de transmissão C** (fig. 114) conjugando a alavanca de combinação com a **barra dupla oscilante D** (fig. 114); um dos braços desta última está conjugado com a barra da gaveta **E** (fig. 114). Se as peças forem conveniente-

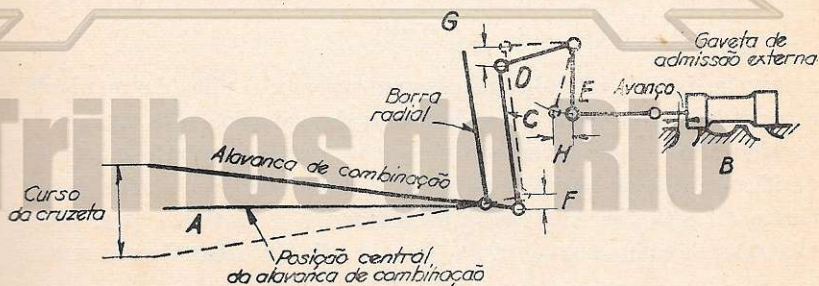


Fig. 114

mente proporcionadas, a barra de transmissão comunicará o seu deslocamento **F** a um dos braços da barra dupla oscilante **G** provocando conseqüentemente no outro braço o deslocamento **H**, como mostra a fig. 114. O tamanho dêste deslocamento é obtido

pelo conhecimento do curso da cruzeta que é controlada pelo pino da manivela.

Tendo em mente o que acabamos de dizer, concentremos a nossa atenção sôbre a distribuição Southern.

Quando a manivela estiver em ponto morto (fig. 115-A), a alavanca de marcha pode ser movida completamente para a frente ou para trás sem provocar deslocamento ao ponto **B** ou à gaveta (fig. 115).

Isto prova que o raio do quadrante tem o mesmo comprimento que a barra radial.

O centro do pino do excêntrico, estando finalmente colocado numa linha que faz um ângulo de 90° com a linha central da

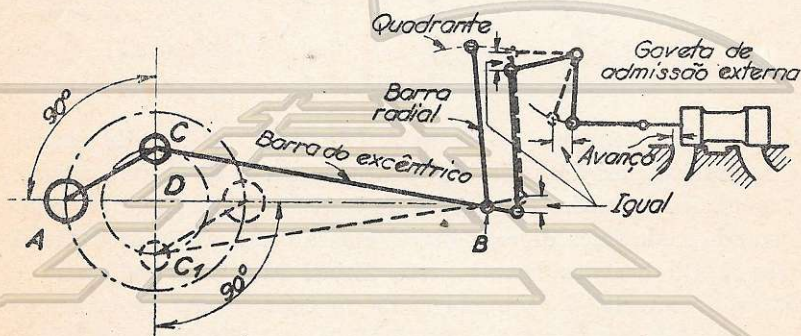


Fig. 115

manivela, isto é, estando em «esquadro» com o pino da manivela e mantendo com esta uma determinada relação — o avanço é considerado apenas quando o pino motor está em ponto morto — verifica-se que as posições do pino do excêntrico, para cada ponto morto (**C** e **C₁** fig. 115) serão atingidas na linha **CDC₁** (fig. 115), exatamente como a cruzeta da fig. 114 atingiu o fim do seu curso.

Podemos portanto considerar o excêntrico e suas posições **C** e **C₁** (fig. 115) sob o mesmo aspecto e produzindo o mesmo efeito que a cruzeta no seu curso, mostrado na fig. 114; a barra do excêntrico produz o mesmo efeito que a alavanca de combinação da fig. 114; daí a razão porque se obtém o «avanço» constante.

Os tamanhos proporcionais **A** e **B** da barra do excêntrico, mostrados na fig. 116, estão representados de maneira idêntica àquela usada para a alavanca de combinação da Walschaert e a automaticidade das funções é tal que não há necessidade de alavanca de combinação ou qualquer outra peça.

A barra de transmissão conjuga-se com a extremidade da barra do excêntrico e esta liga-se à barra radial no ponto **B**.

Esta disposição mantém-se em todos os casos, não importando que sejam as gavetas de admissão interna ou externa.

Se a locomotiva possuir gavetas de admissão interna, o pino do excêntrico segue a manivela no seu curso para a frente (ver **C**, fig. 116).

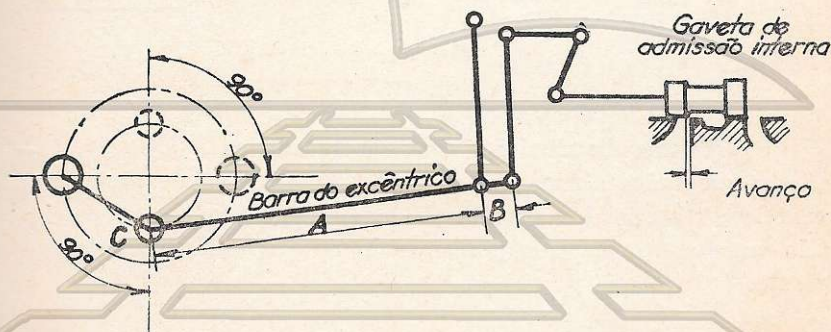


Fig. 116

Se a admissão fôr externa o pino do excêntrico avança na frente da manivela (**C**, fig. 115).

A barra dupla oscilante desta distribuição é colocada do mesmo modo em qualquer locomotiva, isto é, o seu brago superior avança do fulcro numa direção oposta aos cilindros.

Esta distribuição dispensa o emprêgo de molas elípticas ou espirais para contrabalançar o pêso das peças do movimento.

O grande curso da gaveta é obtido quando se dá uma revolução completa ao eixo motor, com a alavanca de marcha a fundo de curso (atrás ou à frente).

O pequeno curso da gaveta é obtido quando se dá uma revolução completa no eixo motor com a alavanca de marcha na sua posição média.

Os cursos variáveis da gaveta são obtidos quando se dão revoluções completas ao eixo motor com a alavanca de marcha em diferentes posições compreendidas entre a média e a máxima, à frente.

O movimento da gaveta é **direto** quando ela se move na mesma direção que a barra do excêntrico, e **indireto** quando o seu movimento se faz em direção oposta, permitindo enunciar para este sistema de distribuição o seguinte: em marcha à frente, o movimento é direto, e em marcha atrás, ele é indireto, independente de se usar gaveta com admissão interna ou externa.

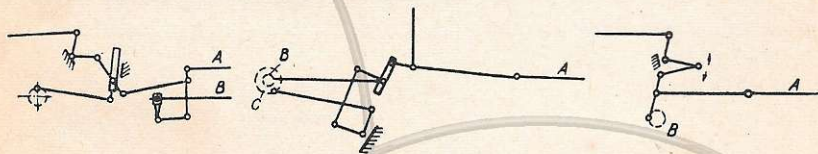


Fig. 117

C) **Outras distribuições com um excêntrico** — Na fig. 117 são apresentados alguns tipos de distribuição com um único excêntrico; trata-se dos sistemas Helmholtz, Marshall e Orenstein. São entretanto menos empregados do que os descritos anteriormente.

54. **Sistemas sem excêntrico. Distribuição Joy e Klose** — Os sistemas que dispensam o uso dos excêntricos em geral utilizam o puxavante como fonte de movimento da gaveta. Na fig. 118 pode-se ver um esquema dos sistemas Joy e Klose muito difundidos em locomotivas de procedência inglesa.

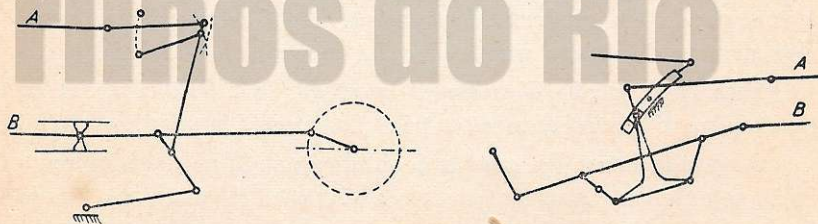


Fig. 118

55. **Aparelhamento de inversão da marcha** — Qualquer que seja o sistema utilizado para se obter uma boa distribuição do

vapor nos cilindros, exige-se um aparelhamento destinado a modificar a posição das corredeiras ou dos cepos dos quadrantes e, portanto, o grau de admissão do vapor; deve ainda o aparelhamento ser capaz de inverter a marcha das máquinas a vapor da locomotiva.

A) **Alavanca manual** — E' o aparelho mais antigo e mais difundido nos diversos tipos de locomotivas. Consta de uma alavanca movendo-se num setor dentado e capaz de fixar-se em qualquer dente por meio de um gatilho (fig. 119) acionado por uma mola que fica sôlta com o esfôrço muscular da mão.

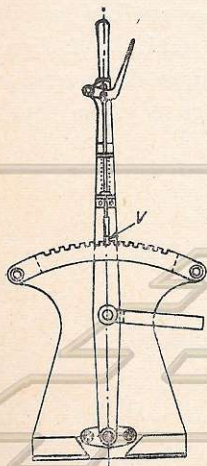


Fig. 119

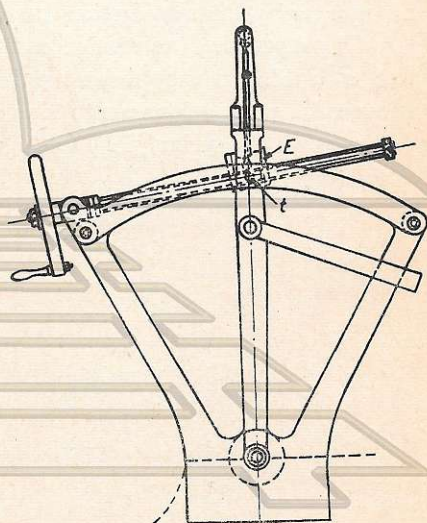


Fig. 120

Este sistema para a inversão da marcha e para variabilidade da admissão do vapor, contrariando a sua simplicidade, apresenta graves inconvenientes. A variabilidade da marcha pode ser diferente da desejada em virtude dos passos do setor dentado. Em segundo lugar há forte oscilação da alavanca quando está desengatilhada para mudar de posição, podendo muitas vezes essas oscilações causarem sério perigo ao maquinista.

B) **Aparelho de parafuso** — Consiste num volante que pode ser manobrado pelo maquinista e que aciona um parafuso de rôsea sem-fim horizontal ou ligeiramente inclinado. No para-

fuso está fixo o tirante de suspensão, cujo avanço ou recuo depende do sentido de rotação do parafuso. O inconveniente dêste sistema é a lentidão com que se movimenta o parafuso, o que é um grave inconveniente quando se deseja inverter rapidamente a marcha.

Belpaire, engenheiro belga, estudou e realizou um dispositivo mecânico aliando o parafuso sem-fim com a alavanca manual comum, como pode ser visto na fig. 120.

Com o aparelho de Belpaire, só se aciona o parafuso quando se deseja regular a expansão; a alavanca é empregada quando se quer agir com rapidez ou inverter a marcha.

C) **Aparelhos acionados a vapor** — Estes aparelhos facilitam a tarefa do maquinista, pois diminuem de muito a fadiga provocada pelo acionamento dos aparelhos comuns de inversão de marcha. O princípio básico dêstes aparelhos consiste num

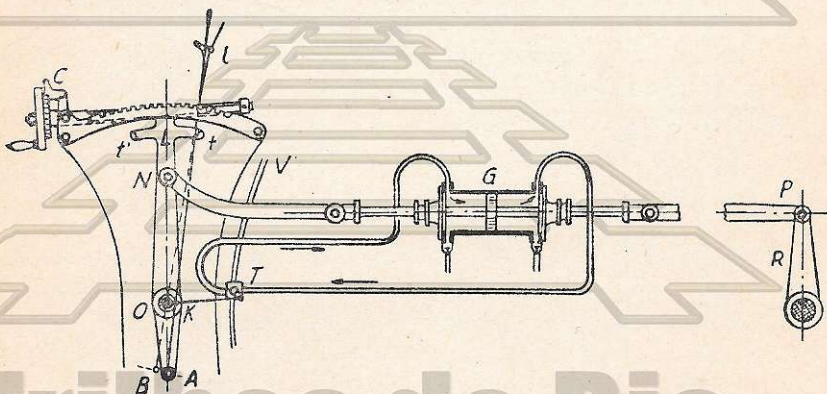


Fig. 121

cilindro, acionado pelo vapor, cuja haste está ligada à alavanca de inversão da marcha; o maquinista aciona esta última, admitindo à vontade o vapor nas duas faces do êmbolo do cilindro. Atualmente o dispositivo mais conhecido é o idealizado por Rongy e que pode ser visto na fig. 121.

A alavanca manual do sistema de Rongy é apenas um aparelho indicador; a verdadeira alavanca de marcha, ligada diretamente ao mecanismo do setor, acompanha a primeira em todas as posições. A ação do vapor cessa automaticamente quando a

verdadeira alavanca de marcha atingiu a posição desejada. O aparelho de Rongy leva ainda um parafuso com volante, permitindo acionar manualmente a alavanca de marcha.

Um conjunto idealizado por Flamme-Rongy resolve o caso da inversão da marcha nas locomotivas compound, onde dois aparelhos de inversão podem ser acionados juntos ou separadamente (fig. 122).

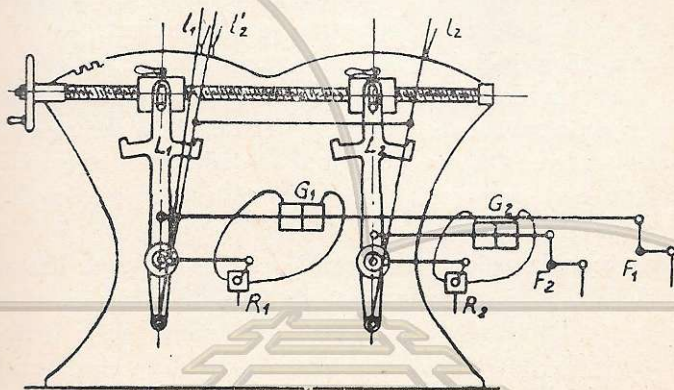


Fig. 122

56. Ajustamento da distribuição — A distribuição de uma locomotiva está bem ajustada, quando o vapor é admitido, em quantidades iguais, nas partes anterior e posterior de cada cilindro, produzindo trabalhos equivalentes sobre cada uma das faces do êmbolo.

Ajustar uma distribuição é fixar e determinar as dimensões das diversas peças do mecanismo distribuidor do vapor, para realizar aquelas condições.

Um bom ajustamento da distribuição conduz a uma boa utilização do vapor, que, em última análise, se concretiza na consecução da potência máxima que a locomotiva pode desenvolver.

O ajustamento da distribuição será perfeito se se conseguir realizar a tríplice condição:

- a) igualdade dos avanços de admissão;
- b) igualdade das aberturas máximas das luzes;
- c) igualdade dos graus de admissão.

Avanço de admissão é a quantidade de luz que a gaveta descobre, quando o êmbolo está no extremo do curso, do lado da luz considerada — manivela motora em ponto morto.

Grau de admissão é o comprimento do curso do êmbolo, durante o qual se processa a admissão do vapor.

A tríplice condição mencionada, não é conseguida rigorosamente por nenhum dos sistemas de distribuição usualmente empregados. Nos sistemas Stephenson e Walschaert, os avanços de admissão são sensivelmente iguais para tôdas as posições (dentes) da alavanca de marcha, mas as aberturas máximas, que são iguais no ponto morto da alavanca, deixam de o ser nas admissões prolongadas. Quanto aos graus de admissão, apenas o sistema Walschaert os possui iguais para tôdas as posições da alavanca de marcha.

Essas considerações conduzem à escolha de uma única das três condições, para o ajustamento de uma distribuição. Podem-se escolher a igualdade das aberturas máximas ou a igualdade dos avanços de admissão, visto ser a igualdade dos graus de admissão mais difícil de se conseguir.

a) **Operações preliminares** — Antes de se proceder ao ajustamento da distribuição, deve-se colocar a locomotiva numa linha exatamente horizontal, tomando-se o cuidado de colocá-la em ordem de marcha, isto é, que a água na caldeira atinja o nível normal, que haja combustível na fornalha e areia no areeiro e, em se tratando de locomotiva-tênder, que os depósitos estejam cheios de água.

Quando a locomotiva está em ordem de marcha, o eixo geométrico do eixo motor encontra-se com o prolongamento do eixo do cilindro, a menos que se trate de uma locomotiva especial.

Se não acontecer o que foi dito, é que a máquina não está devidamente equilibrada pelas molas e deve-se então fazer desaparecer a irregularidade.

Todos os desgastes das peças do mecanismo devem ser corrigidos.

Deve-se verificar se o cepo (dado) encontra-se no centro do quadrante (setor), quando a alavanca de marcha estiver em ponto morto e se êle se desloca de quantidades iguais em tórno

do centro, quando a alavanca se deslocar para as posições extremas de marcha à frente e marcha à ré. Os tirantes (barras) de manobras devem ser diminuídos ou aumentados para que se verifiquem exatamente as condições expostas.

Verifica-se, em seguida, se as gavetas (válvulas) estão com as dimensões próprias do tipo da locomotiva, isto é, se elas estão com as coberturas externas e internas exatas.

b) Método geral de ajustamento de uma distribuição — Admite-se que há um ajustamento perfeito da distribuição quando os quatro avanços de admissão (frente e atrás, para a marcha à frente e marcha à ré) são iguais.

Mede-se o avanço de admissão, para a marcha à frente, colocando-se a alavanca de marcha no extremo à frente do seu curso e acertando-se a manivela nos dois pontos mortos (frente e atrás, e tomando-se a medida das aberturas. Procede-se, para a marcha à ré, da mesma forma; apenas a alavanca de marcha deve estar na extremidade anterior do seu curso.

Na determinação dos avanços de admissão, deve-se fazer andar a locomotiva no sentido da alavanca de marcha, isto é, para a frente, se a alavanca estiver toda à frente. Se, por uma falsa manobra, o ponto morto da manivela fôr ultrapassado, deve-se retroceder com a locomotiva e manobrá-la novamente. Com esta precaução, as folgas e o jôgo das diversas peças do mecanismo se repartem igualmente durante a marcha.

c) Quadro dos avanços — Os avanços de admissão observados devem ser dispostos assim:



Os números 7 e 2 mm representam os avanços observados quando a locomotiva está com a alavanca de marcha à frente:

Reparte-se esta diferença de $4 \frac{1}{2}$ milímetros entre as duas barras, diminuindo-se a barra de marcha à frente de $2 \frac{1}{4}$ milímetros e aumentando-se a de marcha à ré de $2 \frac{1}{4}$ milímetros.

Supondo-se feitas estas correções, tem-se para cada lado da gaveta avanços iguais à média dos avanços verificados anteriormente:

		<i>Marcha à frente</i>	
<i>Lado esquerdo da gaveta</i>	$6 \frac{1}{2}$		3
	$4 \frac{1}{4}$	—	$5 \frac{1}{4}$
	2		$7 \frac{1}{2}$
		<i>Marcha à ré</i>	

Os avanços obtidos à direita e à esquerda da gaveta são ainda desiguais, apesar de se terem dado comprimentos iguais às barras dos excêntricos. Pode-se pois acreditar que a haste da gaveta não está com o comprimento conveniente. A correção a fazer na haste será igual à metade da diferença entre os dois últimos

avanços observados, isto é: $\frac{5 \frac{1}{4} - 4 \frac{1}{4}}{2} = \frac{1}{2}$ milímetro.

Deve-se pois aumentar o comprimento da haste da válvula cerca de $\frac{1}{2}$ milímetro. O avanço obtido será a média dos últimos avanços observados:

$\frac{4 \frac{1}{4} + 5 \frac{1}{4}}{2} = 4 \frac{3}{4}$ milímetros.

Veja-se o quadro final:

		<i>Marcha à frente</i>	
<i>Lado esquerdo</i>	$6 \frac{1}{2}$		3
	$4 \frac{1}{4}$	— $4 \frac{3}{4}$ —	$5 \frac{1}{4}$
	2		$7 \frac{1}{2}$
		<i>Marcha à ré</i>	

Este quadro resume as correções a serem feitas:

- a) cortar $2 \frac{1}{4}$ milímetros na barra do excêntrico de marcha à frente;
- b) aumentar $2 \frac{1}{4}$ milímetros na barra do excêntrico de marcha à ré;
- c) aumentar $\frac{1}{2}$ milímetro na haste da gaveta.

Se, devido à construção do mecanismo, a haste não se presta a um ajustamento, a correção poderá ser feita em cada uma das barras. Assim, no caso apresentado, cada uma das barras deve ser aumentada de $\frac{1}{2}$ milímetro, mas como a barra de marcha à frente deve ser encurtada de $2 \frac{1}{4}$ milímetros, este encurtamento se reduz a: $2 \frac{1}{4} - \frac{1}{2} = 1 \frac{3}{4}$ milímetros. A barra de marcha à ré deve ser aumentada de: $2 \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = 2 \frac{3}{4}$ milímetros.

Aumentam-se ou diminuem-se, na forja, as barras dos excêntricos; havendo peças intermediárias entre as barras propriamente ditas e os colares dos excêntricos, basta trocá-las por outras com as espessuras necessárias às correções a serem feitas.

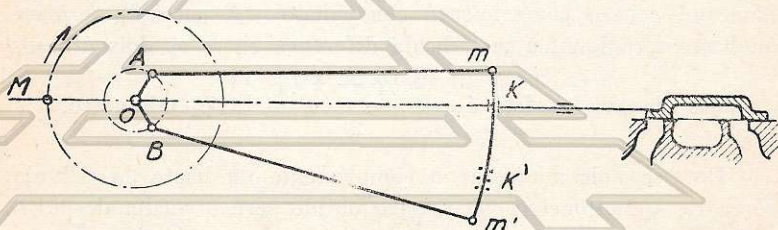


Fig. 123

Estabeleceu-se até aqui que o dado ocupa, nas suas posições extremas no quadrante, a extremidade das barras de excêntricos. Nem sempre isto acontece.

Suponha-se que ao elevar-se o quadrante, na passagem para marcha à ré, o dado deslizou de k para k', enquanto o comprimento do quadrante propriamente dito tem um comprimento igual a mm' (fig. 123).

Voltando ao quadro de avanços vê-se que o erro devido à haste da válvula será sempre de: $4 \frac{3}{4} - 4 \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ milímetro, ao passo que as diferenças de um mesmo lado, por exemplo,

$6 \frac{1}{2} - 2 = 4 \frac{1}{2}$ milímetros, provém de uma diferença, no comprimento das barras, maior do que $4 \frac{1}{2}$ milímetros; esta diferença será $\frac{\text{mm}'}{\text{kk}'}$ vezes maior.

Assim, se mm' fôr o dôbro de kk' conclui-se que:

a) a barra de marcha à frente deverá ser encurtada de:

$$2 \frac{1}{4} \times \frac{\text{mm}'}{\text{kk}'} = 2 \frac{1}{4} \times 2 = 4 \frac{1}{2} \text{ milímetros};$$

b) a barra de marcha à ré deverá ser aumentada da mesma quantidade;

c) a haste da gaveta deverá ser aumentada de $\frac{1}{2}$ milímetro.

Se não puder fazer a correção na haste da gaveta, ela deve ser referida às barras e assim:

a) a barra de marcha à frente será encurtada de:

$$4 \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 4 \text{ milímetros};$$

b) a barra de marcha à ré deverá ser aumentada de:

$$4 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 5 \text{ milímetros}.$$

Se o sistema de distribuição fôr de admissão interna, o sentido da correção das barras e da haste será em sentido inverso.

e) **Ajustamento de uma distribuição Walschaert** — O ajustamento é feito por um processo mais rápido e perfeito, decorrente das particularidades do sistema.

Num sistema Walschaert, quando o dado está no ponto morto do quadrante, e seu eixo coincide com o eixo de oscilação do quadrante, que é fixo. Nestas condições, o movimento da válvula depende unicamente da barra de combinação (pêndulo); independe, pois, do movimento do quadrante e não é influenciado pelo comprimento da barra do excêntrico.

Coloca-se, então, o dado exatamente no centro do quadrante, regula-se o comprimento da haste da gaveta, igualando-se os avanços de admissão, movimentando-se a locomotiva nos dois sentidos de marcha.

No sistema Walschaert quando a manivela motora está em ponto morto e o comprimento da barra do excêntrico está correto, a gaveta permanece imóvel, quando, manobrando-se a alavanca

de marcha, faz-se deslocar o dado de um extremo a outro do quadrante.

A gaveta descobre assim uma quantidade de luz (avânço de admissão), que é «constante para todos os dentes da alavanca de marcha».

Se, nas condições descritas, a gaveta fizer algum movimento, é que a barra do excêntrico não está com o comprimento desejado, e da amplitude e do sentido do movimento constatado, conclui-se a quantidade que deve ser acrescentada ou diminuída ao comprimento daquela barra.

Pode-se também aplicar ao sistema Walschaert, o mesmo processo descrito para o Stephenson.

Para se obter a igualdade dos avanços de admissão, corrigem-se os comprimentos da barra do excêntrico e da haste da gaveta.

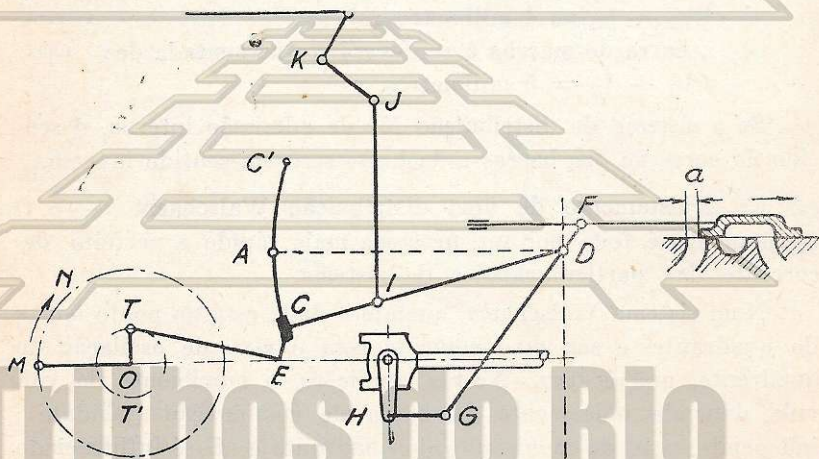


Fig. 124

Deve-se lembrar que no sistema Walschaert a correção da haste da gaveta atua diretamente sobre os avanços, ao passo que a correção da barra do excêntrico opera indiretamente sobre os avanços através:

- a) do quadrante, que reduz a sua ação da relação $\frac{CA}{EA}$ (fig. 124).

b) da barra de combinação, que amplifica a sua ação na relação $\frac{FG}{DG}$

Se, por exemplo, a barra do excêntrico necessitar de um aumento de 2 milímetros, êsse aumento na realidade deve ser de:

$$2 \times \frac{DG}{FG} \times \frac{EA}{CA}$$

Quando não se puder agir diretamente na haste da gaveta, pode-se alterar o comprimento da barra radial; devendo-se, por exemplo, cortar $\frac{1}{2}$ milímetro do comprimento da haste da gaveta, diminui-se o comprimento da barra radial de uma quantidade igual a:

$$\frac{1}{2} \times \frac{GD}{GF} \text{ milímetros}$$

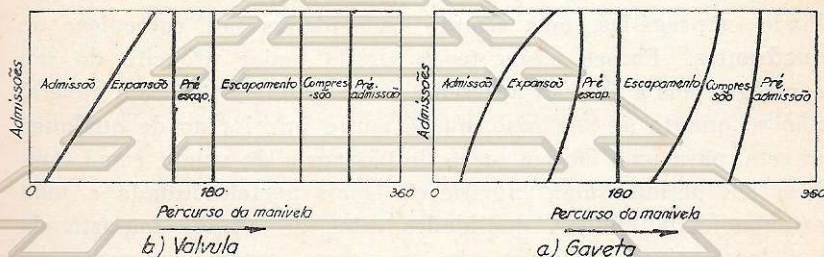


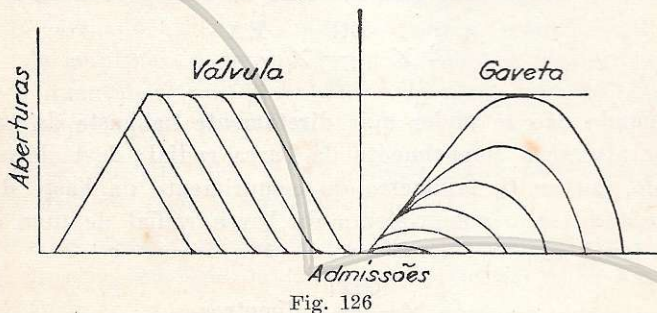
Fig. 125

57. **Distribuição com válvulas** — Em lugar do emprêgo de gavetas para admissão e escapamento do vapor dos cilindros, podem-se empregar **válvulas** idênticas às dos motores de explosão. Existem diversos sistemas de válvulas aconselhados para emprêgo em locomotivas. Não os descreveremos; apenas faremos ligeiras comparações entre as válvulas e as gavetas.

O emprêgo da válvula permite realizar a independência das fases da distribuição do vapor, como pode ser vista na fig. 125.

Vê-se pelos gráficos que, com a gaveta, a pequenos graus de admissão, correspondem aumentos sensíveis na compressão e no pré-escapeamento, o que não acontece com o emprêgo da válvula.

A válvula permite ainda uma abertura mais rápida e completa das luzes, o que reduz de muito a perda irreversível por laminagem do vapor; isto pode ser visto no gráfico da fig. 126, onde estão comparadas as aberturas da gaveta e da válvula para diferentes graus de admissão.



Estudos recentes sobre o emprego de válvulas têm aconselhado empregá-las, mas sempre comandadas por corredeiras ou quadrantes. Parece assim ter-se tirado maior proveito do seu emprego, pois a válvula apresenta reais vantagens sobre a gaveta, não só quanto ao seu peso, que é muito inferior ao de qualquer gaveta, para uma mesma seção de passagem do vapor, como também ela permite uma lubrificação mais perfeita aliada a uma estanqueidade melhor, qualidades estas de grande importância nas locomotivas modernas que empregam vapor fortemente superaquecido.

Trilhos do Rio

CAPÍTULO VII

VEÍCULO

58. **Generalidades** — A locomotiva, como já foi dito, consta da **caldeira**, local onde se produz o vapor, do **mecanismo motor**, que é o conjunto de órgãos que utiliza o vapor, e do **veículo**. Este último compõe-se do **chassi**, dos **aparelhos de suspensão**, dos **eixos**, das **rodas** e **caixas de graxa**.

59. **Chassi** — O chassi constitui uma espécie de quadro rígido destinado a suportar a caldeira e os cilindros. Ele se apóia, através da suspensão, sobre os eixos da locomotiva. Montam-se, sobre o chassi, os aparelhos de engate e de amortecimento que solidarizam a locomotiva com os veículos rebocados e amortecem os choques provocados sobre a máquina; o chassi recebe ainda outras peças acessórias, como sejam, a cabina do pessoal, os freios, etc.

O chassi deve ser suficientemente rígido para:

- a) suportar sem deformação o peso da caldeira, dos cilindros e das peças acessórias;
- b) manter invariavelmente os eixos da locomotiva nas posições necessárias;
- c) suportar o esforço de tração necessário para rebocar o trem;
- d) resistir aos esforços determinados pela expansão do vapor e às pressões produzidas pelos eixos quando se inscrevem nas curvas.

Para ter esta resistência e rigidez necessárias, o quadro do chassi é formado por duas peças longitudinais paralelas, conhe-

cidas pelo nome de **longerões** e cujo paralelismo é mantido por peças transversais que os amarram solidamente.

Os **longerões** podem ser **interiores** ou **exteriores**. São interiores quando eles ficam entre as rodas e exteriores quando as rodas ficam entre eles. Geralmente as locomotivas apresentam-se com longerões interiores, apesar de os exteriores permitirem a colocação de uma fornalha maior. Isto, porém, dificulta a sua amarração, principalmente se as rodas forem de grandes diâmetros.

A construção clássica dos longerões era obtida com chapas de aço reunidas por peças transversais. Atualmente os longerões são formados por barras de seção retangular, forjadas e soldadas, e graças aos progressos atingidos na técnica de fundição do aço, os longerões são constituídos em uma única peça de aço moldado; este último tipo de longerões é muito empregado, por apresentar reais vantagens não só quanto à facilidade de montagem e inspeção, como também pelo fato de se prestar a combinações desejadas para determinados tipos de locomotivas.

Os longerões são portanto verdadeiras chapas providas de aberturas que recebem as caixas de graxa dos eixos das rodas e por onde se podem fazer inspeções na máquina (fig. 127).

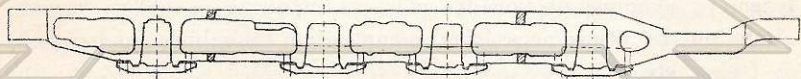


Fig. 127

Uma das funções do chassi da locomotiva é suportar a caldeira que sobre ele deve fixar-se não só pelas extremidades anterior e posterior como ainda por vários pontos intermediários, dependendo o número destes do comprimento e do volume da caldeira.

A caldeira sofre dilatações a que não está sujeito o chassi. Portanto a sua fixação deve ser feita num único ponto cuidadosamente escolhido.

Este ponto deve ser a parte anterior da caldeira, isto é, a caixa de fumaça, pois além de ser uma parte da caldeira onde não há água, ela contém os condutores de vapor que se comu-

nicam com os cilindros, cujas posições devem permanecer inalteradas, quaisquer que sejam as dilatações sofridas pela caldeira. A caixa de fumaça prende-se pois sólidamente nos longerões, seja num suporte especial ou seja diretamente sôbre os cilindros, se êstes forem apropriados a tal fim.

A livre dilatação da caldeira é obtida pelos seus pontos de fixação intermediários e posterior; esta fixação é obtida por peças em forma de patins que se fixam ao corpo cilíndrico da caldeira e que podem deslizar sôbre travessas que amarram os longerões, não permitindo movimentos transversais.

Uma fixação da parte posterior da caldeira pode ser vista na fig. 128 onde o apoio principal **A** é um patim que desliza sôbre uma travessa robusta dos longerões; o corpo cilíndrico está sustentado por duas peças **B** e **C** que prendem verticalmente a caldeira ao chassi e permitem, pela sua flexibilidade, o deslocamento longitudinal devido à dilatação, opondo-se a qualquer deslocamento transversal da caldeira em relação aos longerões.

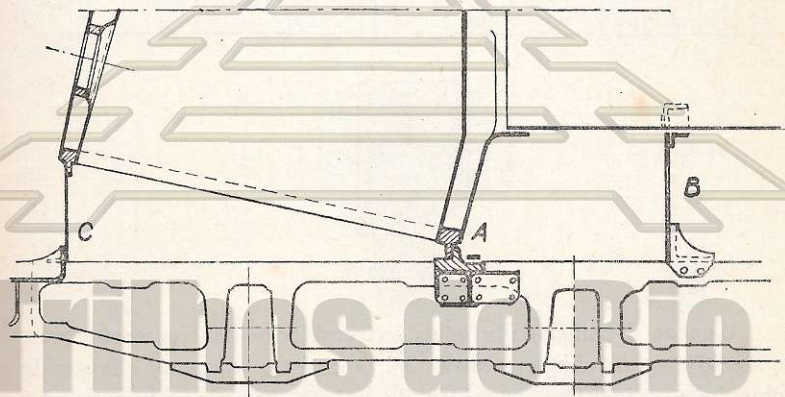


Fig. 128

60. **Aparelhos de suspensão** — O pêso da caldeira e do chassi transmite-se aos eixos das rodas da locomotiva através dos aparelhos de suspensão que são constituídos principalmente pelas **molas**. Sem estas, a locomotiva e os trilhos receberiam choques violentos e, devido às irregularidades da via, certas rodas não tocariam os trilhos sobrecarregando assim as outras.

Devemos lembrar que nem todo o pêso da locomotiva está suspenso pelas molas; a parte não suspensa é compreendida pelas rodas, braçagens, caixas de graxa, barras dos excêntricos, etc.

As molas de suspensão, geralmente empregadas nas locomotivas, são constituídas de chapas de aço superpostas e amarradas com uma braçadeira central (fig. 129).

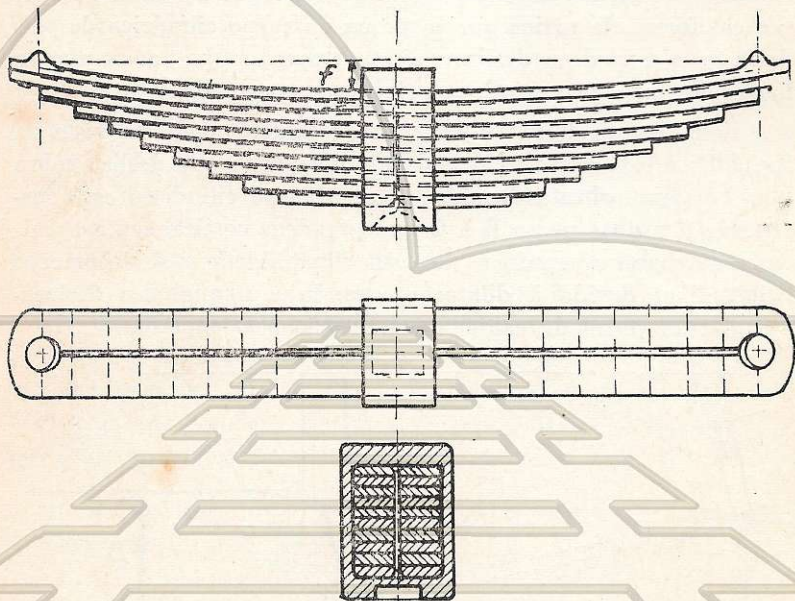


Fig. 129

A carga é transmitida pelas extremidades da chapa superior, conhecida como **chapa mestra**; há, sob esta, algumas chapas de comprimento idêntico, seguidas de outras com comprimentos decrescentes. As chapas têm seção retangular e possuem numa face uma ranhura e na outra uma saliência, o que permite um encaixe de chapa sobre chapa, evitando assim um deslocamento transversal.

As **hastes de suspensão** sobrecarregam as molas através de um parafuso colocado sobre a parte superior das hastes que atravessam um orifício ovalado nas chapas superiores (fig. 130).

A mola pode ser colocada sôbre a caixa de graxa, onde pode oscilar livremente (fig. 130), ou sob a caixa, na qual fica prêsa por uma peça articulada (fig. 131).

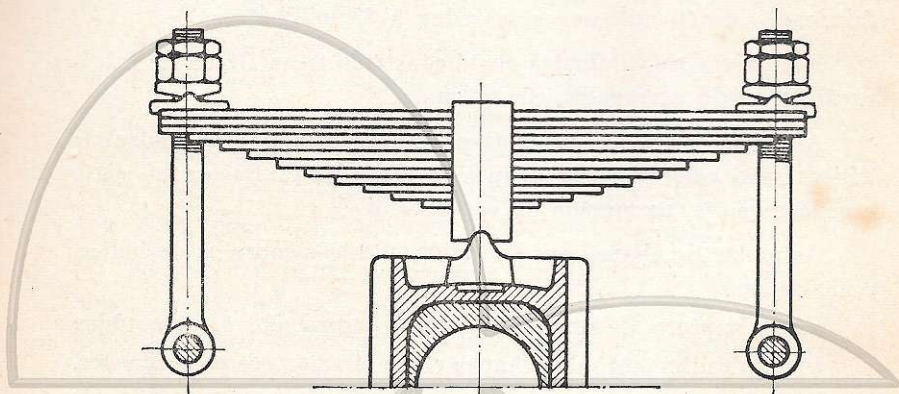


Fig. 130

A primeira disposição apresenta melhores condições de equilíbrio.

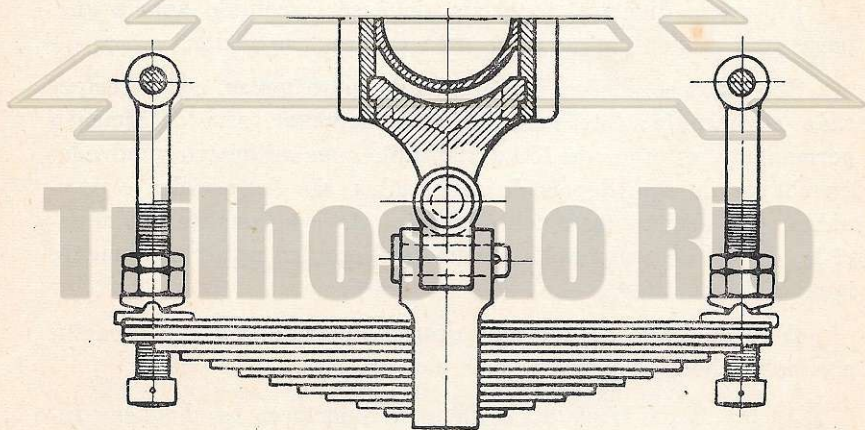


Fig. 131

A mola antes de ser montada apresenta uma certa **flecha** de fabricação; quando ela recebe o pêso, a flecha diminui e a mola pode ficar completamente horizontal. Com o aumento do pêso,

chega a apresentar uma pequena flecha de curvatura em sentido contrário. A diminuição da flecha é proporcional à carga que a mola recebe, sendo geralmente de 5 milímetros a flexibilidade por tonelada; assim, com 1.000 quilogramas de carga, uma flecha de fabricação de 40 milímetros se reduz a 35 milímetros.

Há a mola tipo Belpaire que é construída sem flecha de fabricação; quando carregada, ela se curva.

Algumas vezes as locomotivas apresentam-se com molas de hélices; são colocadas em grupos de duas, lateralmente ao eixo, e cada uma recebe metade da carga total.

As molas de chapas apresentam vantagens sôbre as de hélice, como sejam:

- a) a ruptura de uma chapa não compromete a mola toda;
- b) o deslizamento das chapas entre si amortece as oscilações.

O material destinado à confecção das molas deve satisfazer às seguintes condições:

- a) suportar, sem deformação permanente, uma carga bastante acentuada;
- b) entre diversos materiais, deve ser escolhido aquêle que, para uma mesma carga, sofre uma deformação maior.

Sob estas condições, é aconselhado, para molas, o aço temperado e revenido; êste material pode suportar, sem deformação permanente, esforços de 150 a 160 quilos por milímetro quadrado. As chapas de aço, depois de recurvadas, são temperadas e revenidas; êste último tratamento térmico do aço consiste em aquecê-lo, depois de temperado, a uma temperatura aproximadamente igual a 300°.

O revenido dá ao aço uma grande tenacidade que o capacita a resistir choques inesperados e violentos.

As molas da locomotiva, além de amortecer os choques produzidos pelo rolamento das rodas sôbre os trilhos, asseguram uma certa constância da carga sôbre os eixos. O papel das molas vai ainda mais longe, pois elas permitem modificar a repartição das cargas sôbre os eixos. Êste fato é muito importante, pois deve-se ter em vista na locomotiva:

a) a carga sôbre cada eixo não deve exceder de um certo limite previsto pelo tipo da via permanente;

b) os eixos conjugados devem suportar uma determinada carga para evitar que as rodas patinem e assim não desenvolvam o esfôrço de tração desejado;

c) os eixos simplesmente suportes de cargas devem estar convenientemente carregados para que fiquem estabilizados sôbre a via e não descarrilhem nas curvas de pequeno raio.

O pêso da locomotiva é avaliado antes da sua construção e o seu centro de gravidade é calculado, fixando-se assim a posição dos eixos segundo a repartição imposta das cargas.

Na montagem da locomotiva apertam-se os parafusos das molas, repartindo-se assim as cargas por aproximação. Pode acontecer que, na pesagem da locomotiva, em balanças especiais, constate-se uma repartição diferente da prevista ou que aquela repartição sofreu variações com a máquina em serviço.

As molas, constituindo verdadeiros apoios elásticos da máquina, que se deformam à vontade do mecânico, permitem modificações das cargas sôbre os eixos.

Na fig. 132 está representada uma máquina de três eixos equidistantes, igualmente carregados e colocados num mesmo nível sôbre a via. O centro de gravidade estará sôbre a vertical que passa pelo centro da roda do meio.

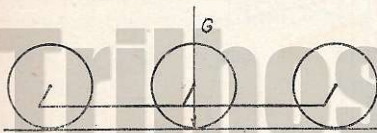


Fig. 132



Fig. 133

Apertando-se as molas do eixo central, aumentar-se-á a carga sôbre êle; o conjunto da máquina elevar-se-á e as molas extremas descarregar-se-ão, cada uma, de uma quantidade igual à metade da que foi aumentada sôbre a mola do centro.

Em tôdas as operações análogas, apêto ou afrouxamento das molas, a repartição das cargas sôbre os diversos eixos sofrerá

variação, mas a resultante passará sempre através do centro de gravidade, cuja posição é invariável. Não se pode descarregar no caso apontado, o eixo anterior sem provocar uma descarga no correspondente posterior; se o centro de gravidade da máquina encontra-se exatamente sobre o eixo da via, a carga total sobre as rodas da esquerda deve ser igual àquela sobre as rodas da direita.

Do que foi dito, conclui-se que a maior ou menor tensão dadas às molas permite uma variação da carga sobre os eixos dentro de limites bastante extensos.

Já vimos que apesar de as molas assegurarem uma repartição de cargas bem precisa, esta repartição não é totalmente invariável e a variabilidade tem lugar dentro de certos limites.

Pode-se, entretanto, em certos casos, chegar-se a uma distribuição de cargas completamente invariável.

Examinemos o caso da máquina com um eixo motor colocado entre um truque de guia e um eixo livre (fig. 133).

Se, por uma circunstância qualquer, o eixo motor se descarrega, esta redução de carga acarretará um aumento naqueles dois outros eixos do truque de guia que não as utilizam para a aderência e a máquina patinará.

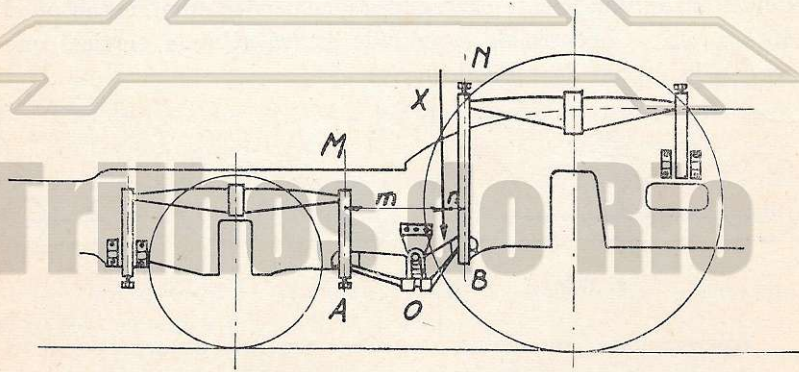


Fig. 134

No caso agora apontado, pode-se conseguir que o eixo motor conserve-se normalmente carregado, empregando-se «balancins» (fig. 134).

O «balancim» é uma alavanca de braços desiguais, fixos no longerão da locomotiva e em cujas extremidades **M** e **N** prendem-se às molas.

Desejando-se que o eixo motor suporte, por exemplo, 10 toneladas e o eixo livre 6 toneladas, dar-se-á aos braços **AO** e **OB** do balancim, comprimentos inversamente proporcionais àquelas cargas, isto é, comprimentos que estejam entre si na razão de 6 para 10. A carga total sobre as molas dos eixos motor e livre se repartem sempre na proporção de 10 para 6; a resultante das cargas sobre aquêles eixos estará sempre sobre a vertical **X**, situada a uma distância invariável do ponto **O**. Vê-se que a carga total da máquina está repartida segundo três verticais: o pino **P**, do truque de guia, e as verticais **X**, à direita e à esquerda da máquina. Com o emprêgo do balancim, obteve-se uma distribuição constante das cargas.

61. **Eixos** — A locomotiva transmite o seu pêso aos trilhos através dos eixos e das rodas. Êstes eixos são geralmente conhecidos pelos nomes de: motores e suportadores.

Motores são aquêles que recebem e transmitem movimento; que estão ligados entre si pelas bragagens ou recebem movimento dos cilindros através dos puxavantes.

Suportadores são os eixos que apenas servem de apoio à locomotiva e são arrastados pelos eixos motores; em geral êles ocupam as partes anterior e posterior da locomotiva, ao passo que os eixos motores situam-se na parte central do corpo da máquina.

O número de eixos de uma locomotiva depende geralmente da capacidade de resistência da via permanente e em particular da resistência dos trilhos. Esta resistência é estabelecida em tantas toneladas por eixo da locomotiva. Quanto maior o número de eixos tanto menor será a carga por eixo, suportada pelos trilhos.

Quando os cilindros da locomotiva são exteriores, o eixo motor é reto, recebendo nas suas extremidades as manivelas motoras que se calam a 90°, uma em relação à outra.

Se os cilindros forem interiores, com relação aos longerões, o eixo motor é duplamente acotovelado. No caso de a máquina possuir 3 cilindros, o eixo motor é simplesmente acotovelado, recebendo as manivelas com uma calagem de 120° .

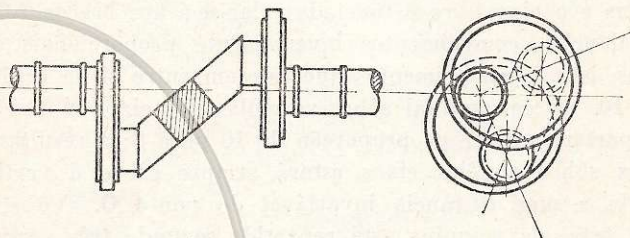


Fig. 135

Os eixos retos são geralmente confeccionados em aço semi-duro, resistindo a 50 quilos por milímetro quadrado e com alongamento de 20%. Tratando-se de eixos motores acotovelados, torna-se necessário confeccioná-los com aço especial bastante resistente e tenaz, geralmente contendo pequena porcentagem de níquel e cromo e resistindo a um mínimo de 60 quilos por milímetro quadrado e com um alongamento de 18%.

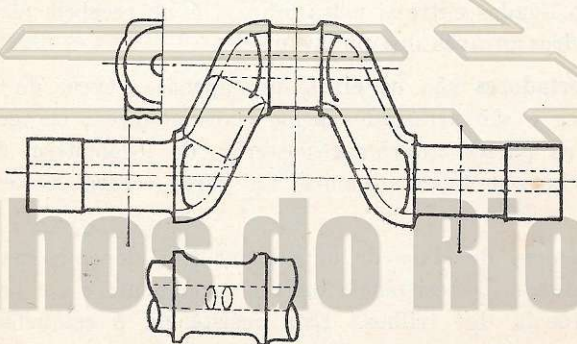


Fig. 136

Os eixos motores acotovelados tomam formas diversas, como se pode verificar pelas figs. 135, 136 e 137. A primeira mostra um eixo acotovelado em Z, a segunda um eixo acotovelado monobloco e a terceira um polibloco.

62. **Rodas** — As rodas da locomotiva são constituídas de duas partes essenciais: o corpo da roda e o aro.

O corpo ou núcleo da roda é constituído do cubo, dos raios e da coroa e é moldado em aço que geralmente apresenta uma resistência em tórno de 50 quilos por milímetro quadrado. Os raios, partindo do cubo, vão ter à coroa e apresentam, em geral, seções elípticas ou retangulares; o número de raios corresponde aproximadamente ao diâmetro expresso em decímetros; assim, uma roda com 1,50 metros de diâmetro deverá ter 15 raios.

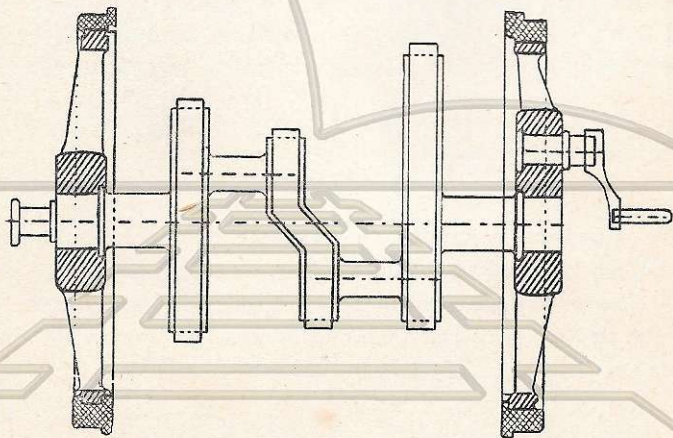


Fig. 137

As rodas motoras apresentam-se com contrapesos que geralmente são fundidos com elas e se destinam a equilibrar os movimentos parasitas da locomotiva; êsses contrapesos ocos na fundição são posteriormente cheios de chumbo.

A fixação das rodas nos eixos é efetuada em prensa hidráulica com carga crescente até atingir uma pressão de 700 quilogramas por milímetro de diâmetro da parte prensada. A fixação dos eixos sobre as rodas é ainda garantida com chaveta de aço.

Freqüentemente o plano médio da coroa não coincide com o plano médio do cubo da roda; isto é, êste último sobressai-se da coroa.

Um rodeiro completo (eixo com duas rodas) pode ser visto na fig. 138.

As rodas da locomotiva recebem sôbre a coroa um aro de aço que constitui assim a parte externa que rola sôbre os trilhos.

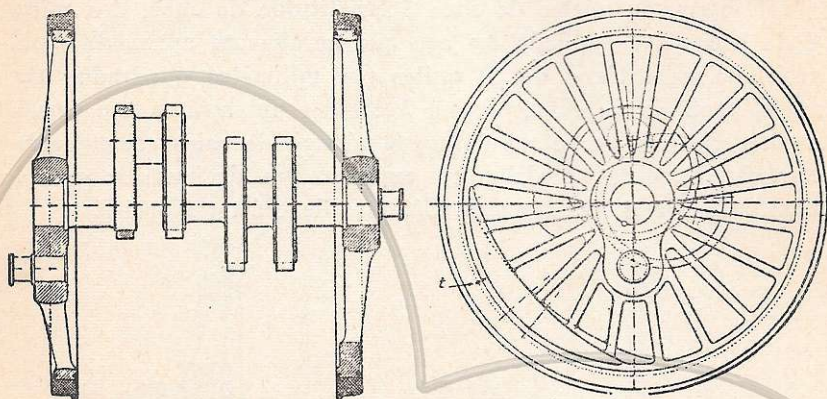


Fig. 138

O aro se destina a suportar o desgaste devido ao rolamento comum e às freagens eventuais. Ele constitui uma peça à parte que é fixada a quente sôbre a coroa da roda; ao resfriar-se produz um apêto de cêrca de 1 milímetro por metro de diâmetro do núcleo exterior. Está assim **calçada** a roda.



Fig. 139

Este apêto resultante do resfriamento é muito enérgico e em geral é suficiente para manter a roda calçada. Entretanto

deve-se ter em vista uma possível ruptura do aro devida a acidentes; assim acontecendo, o apêrto do aro contra a coroa desaparece. Para conjurar a eventualidade apontada, criaram-se dispositivos especiais para melhor fixarem-se os aros nas rodas e que consistem nas chamadas fixações contínuas, capazes de assegurar uma união uniforme em todo o contôrno do aro. Alguns dispositivos desta fixação podem ser vistos na fig. 139.

O perfil de um aro para bitola de 1,43 m pode ser visto na fig. 140. O friso, em geral, apresenta-se com uma inclinação de 60° em relação à vertical e o seu desgaste deve ser sempre verificado para que a sua espessura não ultrapasse um mínimo estabelecido, além do qual o descarrilamento da roda pode produzir-se.

Nas rodas intermediárias, a inclinação dos frisos diminui acentuadamente, chegando mesmo a desaparecer em alguns tipos de locomotivas.

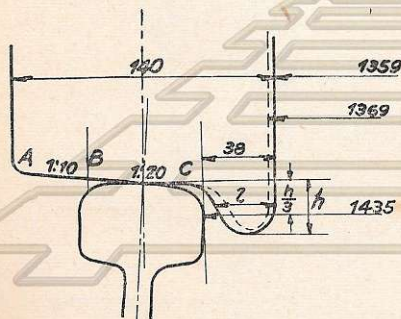


Fig. 140

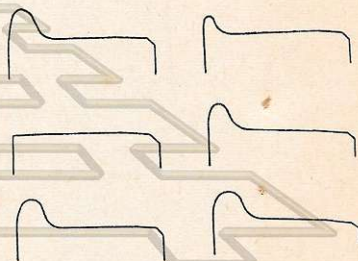


Fig. 141

A fig. 141 apresenta alguns tipos de perfis do aro, segundo a posição ocupada pelas rodas na seqüência dos eixos da máquina.

63. **Caixas de graxa** — Os longerões da locomotiva são abertos nos pontos onde passam os eixos. Nestas aberturas, que têm a forma de **U** invertido, são colocadas peças com forma idêntica, chamadas imprópriamente **caixas de graxa**. Estas caixas, confeccionadas em aço cementado, forjado ou fundido, distribuem sôbre os eixos as cargas que lhes transmitem as molas de suspensão. O deslocamento transversal do eixo é contido por

flanges da caixa que abraçam o longerão, permitindo-se um ligeiro jôgo para facilitar a inscrição da locomotiva nas curvas. O esforço longitudinal suportado pela caixa é quase sempre superior ao vertical, principalmente no arranque da locomotiva, e isto acarreta desgastes que devem ser continuamente corrigidos para se evitar um jôgo excessivo nas peças do movimento; esta correção é obtida por peças conhecidas pelos nomes de **cunha** (D) e **telha** (C) que ocupam os espaços laterais entre a caixa e o longerão; a cunha **D** pode ser, constantemente, apertada por um parafuso **V** que prende a **travessa** ao longerão, fechando o espaço por onde passa o eixo (fig. 142).

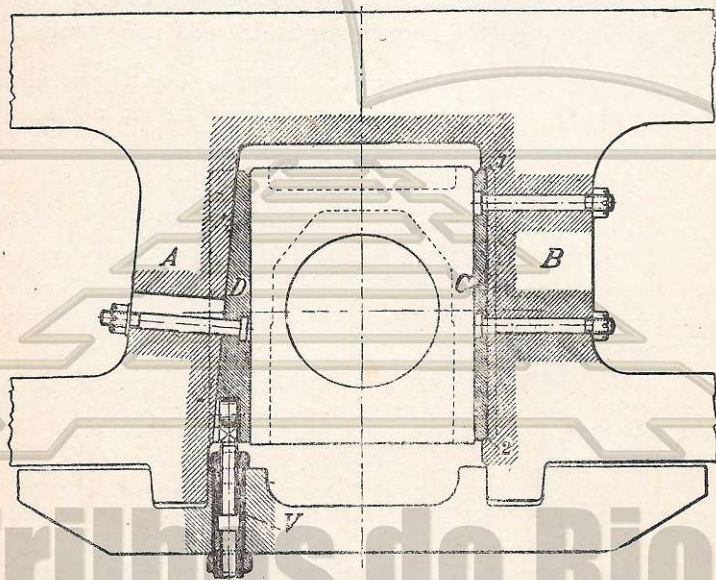


Fig. 142

A parte superior da caixa é em geral aberta, constituindo uma espécie de reservatório que recebe o óleo destinado a lubrificar as mangas do eixo por meio de condutos ou mechas apropriadas (fig. 143).

O interior da caixa de graxa é revestido ou recebe peças de bronze guarnecidas com metal antifricção, destinadas a diminuir o atrito de rolamento do eixo; são os **coxins** que podem-se constituir de duas ou três peças, conforme se vê na fig. 144.

A montagem dos coxins exige o maior cuidado para que as suas peças componentes fiquem rigorosamente paralelas entre si e perpendiculares ao eixo longitudinal da máquina.

A lubrificação dos coxins e das mangas do eixo tem grande importância, pois devido às cargas suportadas e aos esforços longitudinais desenvolvidos, pode aparecer um aquecimento excessivo da manga do eixo, com grave prejuízo para a sua constituição e conseqüente diminuição de resistência. A lubrificação da manga po-

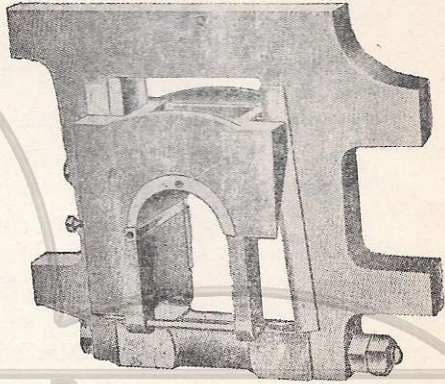


Fig. 143

de ser feita pela parte superior da caixa ou pela sua parte inferior, ou ainda por êsses dois pontos simultâneamente; de qualquer maneira deve-se dispensar o máximo cuidado quanto às mechas transportadoras do óleo, que podem ser de lã ou algodão.

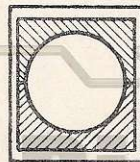
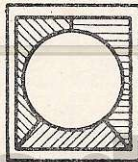
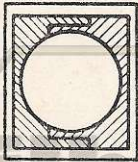


Fig. 144

Modernamente as caixas de graxa da locomotiva são constituídas de verdadeiro mancal de esferas, dos tipos Timken, S.K.F., etc. Há os de tipo rígido com dois pares de rolamento e os de rótula com um único par de rolamento.

64. Inscrição do veículo nas curvas — A montagem da locomotiva é realizada com o cuidado necessário para que os seus eixos se mantenham paralelos. Quando a locomotiva está sôbre a via, há sempre uma pequena folga de acomodação entre as rodas e os trilhos. Ao circular a máquina sôbre uma curva da via,

os eixos não podendo se deslocar em relação ao chassi, fazem com que a base rígida do veículo (conjunto formado pelos eixos motores) **inscrevam-se** na curva, isto é, o eixo longitudinal da base rígida toma uma posição oblíqua em relação ao eixo da curva. Esta inscrição realiza-se graças à folga de montagem estabelecida entre as rodas e os trilhos e ela será tanto mais fácil quanto menor fôr a distância entre os eixos motores extremos.

As grandes locomotivas modernas possuem geralmente uma grande base rígida e a sua inscrição nas curvas faz-se graças a cuidados especiais. Um dêles seria dar à curva uma sobrelargura, mas esta não pode ultrapassar um certo limite além do qual uma das rodas poderá cair dentro da curva; êste limite será tanto menor quanto mais reduzida fôr a base rígida da locomotiva. Nas máquinas de grande base rígida êste aumento de largura da via é insuficiente e assim lança-se mão de outros recursos para facilitar a sua inscrição nas curvas. Um dêles consiste no adelgaçamento dos frisos dos aros das rodas e mesmo algumas das rodas intermediárias são completamente destituídas de frisos.

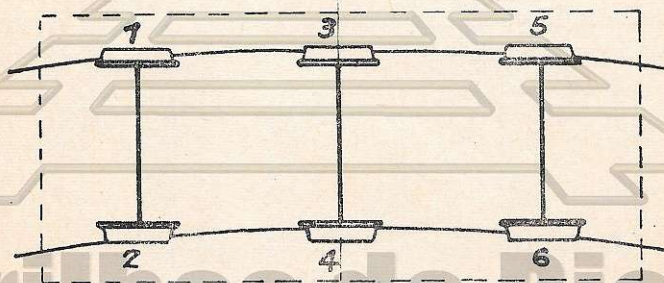


Fig. 145

Uma máquina de três eixos, ao inscrever-se numa curva de pequeno raio faz com que os eixos anterior e posterior se apoiem sobre o trilho exterior, ao passo que o eixo intermediário fica comprimido contra o interior (fig. 145).

Estas compressões das rodas contra os trilhos podem ser estudadas e medidas com aparelhos modernos baseados no seguinte princípio: um cristal de quartzo submetido a um esforço de compressão carrega-se de uma quantidade de eletricidade

proporcional a êsse esforço. Coloca-se assim um cristal de quartzo na extremidade do rodeiro e a carga de electricidade variável segundo o esforço exercido pelo rodeiro é transformada em corrente elétrica, que é amplificada por meio de uma lâmpada especial análoga às empregadas na telegrafia sem fio; as variações de intensidade da corrente são reproduzidas por um oscilógrafo produzindo um raio luminoso que impressiona um papel fotográfico.

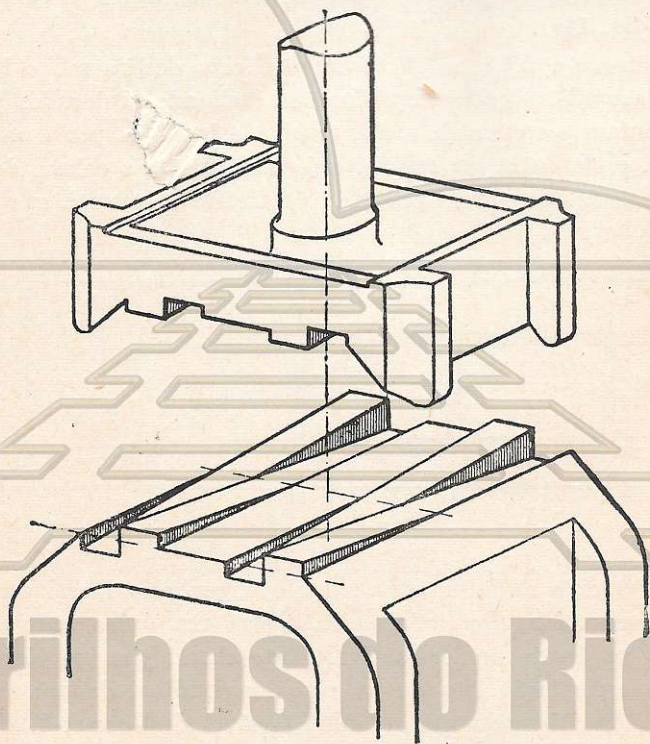


Fig. 146

Esta compressão do aro contra o trilho, além de apresentar, em certos casos, perigo de descarrilhamento, produz sempre um esforço de atrito, criando assim resistência ao avanço da locomotiva. E' portanto natural que se procure meios de diminuir êste atrito. Além dos meios já apontados, sobrelargura da via e adelgaçamento dos frisos, são ainda utilizados àquele propósito:

a) dispositivos que permitem um deslocamento transversal dos eixos; b) eixo radial ou bissel; c) caixas radiais; d) truques.

a) Para diminuir a compressão das rodas contra os trilhos, facilitando assim a inserção da locomotiva nas curvas, costuma-se dar a alguns eixos um jôgo transversal que não deve atingir o eixo que recebe o puxavante. Êste jôgo transversal pode ser obtido com os dispositivos de chamada ou retôrno, que consistem no emprêgo de planos inclinados situados sôbre as caixas de graxa (fig. 146).

Ao tocar o friso contra o trilho o eixo desliza sob o longeirão arrastando a caixa cujos planos inclinados colocados sôbre ela levantam a coluna da mola, retida no ~~longeirão~~ por uma guia vertical, e ela entra em tensão, cujo excesso faz a coluna descer, quando a locomotiva sai da curva, trazendo a caixa à sua posição primitiva.

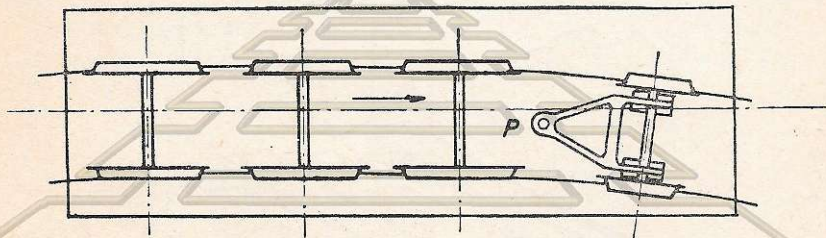


Fig. 147

b) O eixo radial idealizado pelo engenheiro Bissel consiste num chassi triangular independente com um único rodeiro articulado na frente da locomotiva. Êste chassi gira em tôrno do pino de articulação situado no eixo longitudinal da máquina e colocado de tal modo que o rodeiro móvel deslocar-se-á sempre radialmente, qualquer que seja o raio da curva (fig. 147).

O bissel é munido de dispositivos de chamada ou retôrno, pois é necessário que, ao atingir as suas rodas o trilho exterior, o chassi da máquina receba já um certo impulso, tendente a fazê-la girar no sentido da curva.

c) A pressão das rodas contra os trilhos é atenuada, como já vimos, pelo jôgo transversal do eixo; se êstes puderem também girar, aquela pressão será ainda mais reduzida. Isto pode

ser conseguido sem o bissel, simplesmente com as caixas de graxa **radiais**. São caixas de graxa com guias curvas ou oblíquas que obrigam o eixo a girar à medida que êle se desloca transversalmente (fig. 148).

A chamada do eixo à sua posição normal é conseguida com planos inclinados colocados sôbre as caixas. O emprêgo das caixas radiais tem sido superado pelo uso do bissel.

d) A fim de facilitar a inscrição da locomotiva nas curvas, o emprêgo de **truques** está hoje muito difundido. O truque consiste num pequeno carro de dois rodeiros formados por um chassi independente da máquina, sendo que a parte anterior desta última a êle se solidariza por um pino colocado no seu centro (fig. 149).

Quando a locomotiva circula numa curva, o truque gira sôbre si mesmo, dirigindo-se os seus eixos para o centro da curva.

O emprêgo dos truques não sômente assegura uma inscrição mais suave da locomotiva nas curvas, como também aumenta a

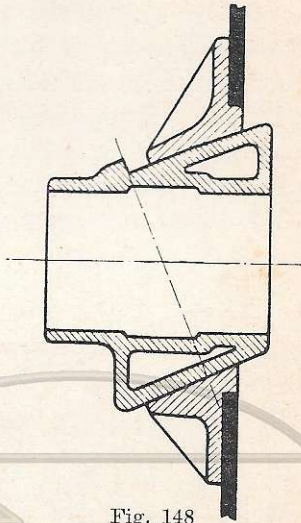


Fig. 148

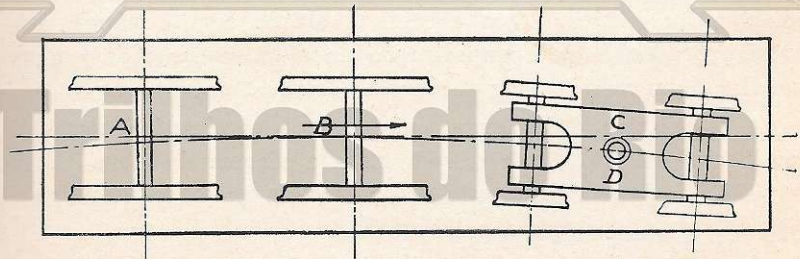


Fig. 149

base e a estabilidade da máquina; além disso a ação dos choques produzidos pelas desigualdades verticais da via, é atenuada longitudinalmente, pois o truque, recebendo uma parte acentuada do pêso da locomotiva, prepara a passagem das rodas motrizes, distribuindo em quatro pontos aquela fração do pêso da máquina.

A carga pode ser transmitida ao truque por meio do pino central ou por suportes laterais que se apóiam nos longerões.

O jôgo de retôrno ou chamada pode ser obtido por molas, planos inclinados ou bielas verticais, paralelas ou inclinadas.

A suspensão no truque pode ser assegurada por molas, colocadas sôbre as caixas de graxa, independentes ou ligadas por balancins. Há ainda o dispositivo de uma mola única de cada lado, cujo meio corresponde ao plano médio transversal do truque e cujos extremos abraçam as caixas de graxa (fig. 150).

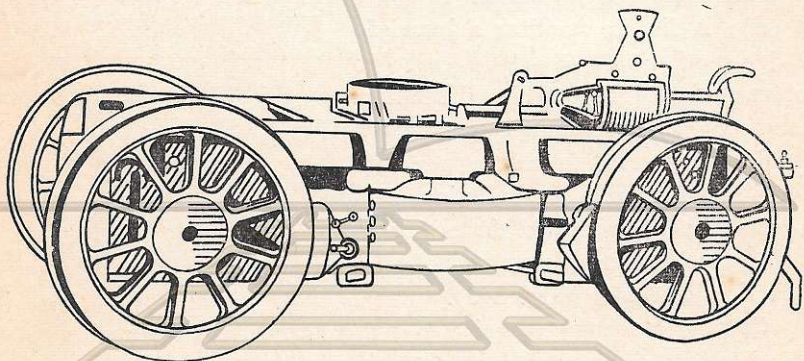


Fig. 150

65. **Tênder** — A caldeira é o gerador da energia que movimenta a locomotiva. Esta energia é obtida com o vapor, sob pressão, produzido pela vaporização da água, conseguida graças ao calor desenvolvido pela queima do combustível.

A locomotiva deve levar, pois, água e combustível necessários à produção do vapor exigido para a viagem do trem. Esta provisão de água e combustível é levada num veículo auxiliar, o **tênder**, que acompanha a locomotiva.

A quantidade de combustível e água, armazenados no tênder, deve ser calculada, tendo-se em vista o trajeto que a locomotiva vai percorrer de um a outro ponto de abastecimento. Sendo o tênder um pêso morto, êle deve comportar o máximo de provisão com um mínimo de pêso. Da mesma forma, o tênder deve levar o estritamente necessário à viagem; em geral o combustível é cêrca de $\frac{1}{4}$ do pêso de água, pois apesar de um quilo de carvão

vaporizar 8 quilos de água, o reabastecimento de água é sempre mais fácil do que o de carvão.

O chassi do tênder é feito com dois longerões exteriores às rodas, unidos nas partes anterior e posterior, sendo que esta última constitui uma sólida travessa que recebe os aparelhos de engate.

Segundo a capacidade do tênder e a resistência da via, o chassi se apóia sobre dois, três ou quatro eixos. A suspensão do pêso é feita de modo usual, sendo mais comum com molas independentes. As caixas de graxa são do tipo monobloco fechadas na parte anterior por uma tampa.

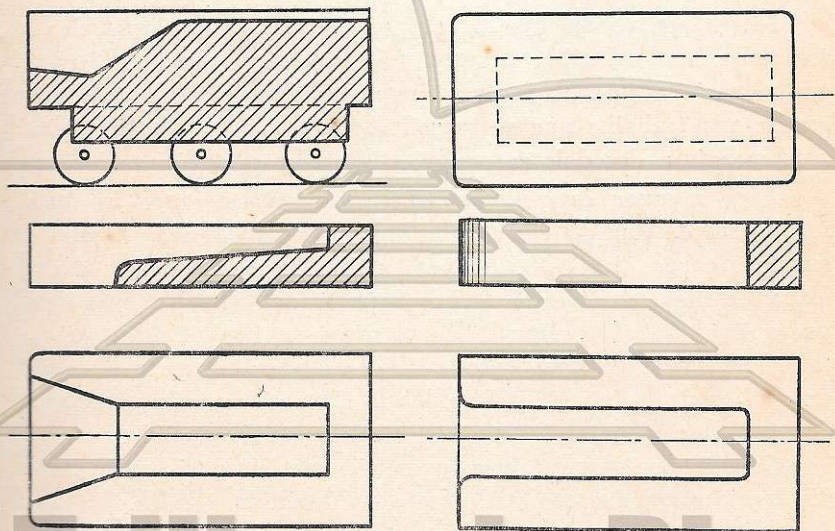


Fig. 151

As rodas do tênder são geralmente análogas às da locomotiva.

Os tanques do tênder são de chapa com paredes transversais dividindo-os em compartimentos para evitar deslocamento de massas de água nas paradas rápidas do veículo; êstes compartimentos comunicam-se entre si, produzindo o mesmo nível geral do líquido.

A disposição do tanque e do depósito de combustível varia conforme a capacidade exigida do tênder; algumas dessas disposições podem ser vistas na fig. 151.

CAPÍTULO VIII

LUBRIFICAÇÃO

66. **Objetivo da lubrificação** — Quando dois corpos deslizam ou rolam um sobre o outro, há uma força, chamada atrito, que se opõe ao movimento relativo dos dois corpos. Esta força realiza um trabalho que se transforma em calor, elevando assim a temperatura dos dois corpos.

Para atenuar esse inconveniente interpõe-se entre as duas superfícies de contato dos corpos, uma película de óleo. O atrito entre os corpos é substituído pelo atrito de cada um com a camada de óleo, sendo este último inferior ao primeiro, uma vez que a força de atrito depende da natureza das superfícies em contato. Daí decorre uma menor elevação de temperatura, cujo excesso ainda pode ser absorvido pelo óleo e arrastado para fora dos corpos em contato quando o lubrificante é expelido.

Concluindo: quando duas superfícies metálicas não estão mais diretamente em contato, o desgaste é diminuído.

67. **Tipos de lubrificantes** — Os óleos empregados como lubrificantes são produtos graxos e viscosos, de origem mineral, animal ou vegetal.

São de origem mineral os óleos à base de petróleo e todos os produtos d'ele derivados.

Os óleos de origem vegetal são geralmente procedentes das sementes de certas plantas, como o óleo de oliva, de palma, de linho, de algodão, de colza, de rícino, etc.

Dos tecidos graxos de certos animais, como a baleia e a foca, extrai-se óleo, e alguns outros como o boi e o carneiro fornecem graxas lubrificantes.

68. Propriedades dos lubrificantes — Os lubrificantes possuem propriedades diversas que servem para caracterizá-los e assim permitirem uma escolha cuidadosa para o seu emprego, conforme o fim a que se destinam.

Vejamos algumas dessas propriedades:

a) **RESINIFICAÇÃO**: é a propriedade que possui o lubrificante de se oxidar ao ar; ela se concretiza na formação de uma crosta endurecida e espessa.

b) **VISCOSIDADE**: é a resistência que oferecem as moléculas do lubrificante ao deslocamento relativo entre elas; um lubrificante mais ou menos viscoso apresenta maior ou menor dificuldade em atravessar um orifício de pequeno diâmetro.

c) **FLUIDEZ**: é o contrário da viscosidade.

d) **UNTUOSIDADE**: é a propriedade que possui o lubrificante de resistir à expulsão, quando colocado entre duas superfícies comprimidas uma contra a outra.

e) **CAPILARIDADE**: é a propriedade que faz o lubrificante subir no interior de um tubo ou de uma mecha, acima do nível em que se acha no reservatório onde o tubo ou a mecha estão mergulhados.

f) **EMULSÃO**: é a facilidade que possui o lubrificante de se separar em finas gotículas quando está misturado com água ou com outro lubrificante de origem diferente.

g) **ACIDEZ**: é a quantidade de ácido contida no lubrificante.

h) **ADERÊNCIA**: é a força de atração que as superfícies exercem sobre o óleo com que estão em contato.

i) **INFLAMABILIDADE**: é a propriedade que possui o lubrificante de emitir vapores explosivos, a partir de uma determinada temperatura. Toda a massa do lubrificante inflama-se a partir de uma temperatura ligeiramente superior àquela.

As propriedades dos lubrificantes, acima mencionados, são estudadas e medidas com precisão, em laboratório.

69. Escolha dos lubrificantes — As propriedades dos lubrificantes modificam-se, mais ou menos intensamente, sob a ação

do calor. A fluidez, por exemplo, geralmente aumenta com a elevação da temperatura. A força de atrito, por outro lado, depende da natureza do lubrificante.

Quando se escolhe um lubrificante, deve-se ter em vista não somente a natureza dos metais em contato e a temperatura, mas também a pressão que comprime os corpos e a velocidade de deslocamento de um sobre o outro.

O lubrificante deve suportar a elevação de temperatura. A sua fluidez deve ser a maior possível, sem entretanto ultrapassar um limite, além do qual não será mais possível ao lubrificante permanecer entre os corpos em contato.

Não deve o lubrificante conter água, ácidos, poeira ou corpos estranhos; não deve alterar-se ao ar, vaporizar-se ou se decompor a uma temperatura mais elevada do que aquela de trabalho.

A escolha de um lubrificante obedece não somente a um estudo teórico, mas, na maioria das vezes, resulta de vários ensaios efetuados.

70. Aparelhos lubrificadores — A lubrificação de peças do mecanismo da locomotiva, como sejam, pinos motores, polias dos excêntricos, etc., é feita por pequenos aparelhos agindo diretamente sobre as peças. Consistem de pequenos reservatórios, com capacidade para os maiores percursos da locomotiva e com vazão regulável.

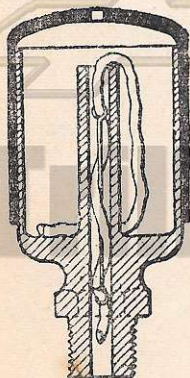


Fig. 152

Conforme se trate de peças fixas ou móveis, o aparelho recebe uma disposição especial, para que no último caso o lubrificante não seja escoado nas paradas.

O lubrificador pode ser de mecha (fig. 152) cuja finalidade é estabelecer um sifão entre o reservatório de óleo e a peça a lubrificar; pode ser ainda um lubrificador de agulha (fig. 153) por meio da qual pode-se bem regular a vazão de óleo.

Na lubrificação de peças animadas de movimentos, o tipo dêste último deve ser levado em consideração na escolha do apa-

relho lubrificador. O aparelho destinado a peças animadas de movimento circular deve ser diferente daquele utilizado para peças de movimentos retilíneos (paralelos, hastes dos êmbolos, etc.).

A lubrificação das gavetas e dos cilindros assume grande importância em qualquer tipo de locomotiva e mais se acentua se a máquina fôr de vapor superaquecido.

Os aparelhos mais empregados na lubrificação dos cilindros e gavetas são os chamados de condensação.

Estes aparelhos compõem-se essencialmente de um reservatório cheio de óleo, no fundo do qual acumula-se a água proveniente da condensação do vapor; o óleo, que sobrenada, é deslocado progressivamente pela água e lançado sobre as peças a lubrificar.

O corte de um destes aparelhos é apresentado na fig. 154, onde se pode observar que o vapor vindo da caldeira, através da torneira A, condensa-se na câmara esférica (B) e a água, assim produzida, desce para o reservatório de óleo, quando a «torneira de tomada da água» (D) está aberta.

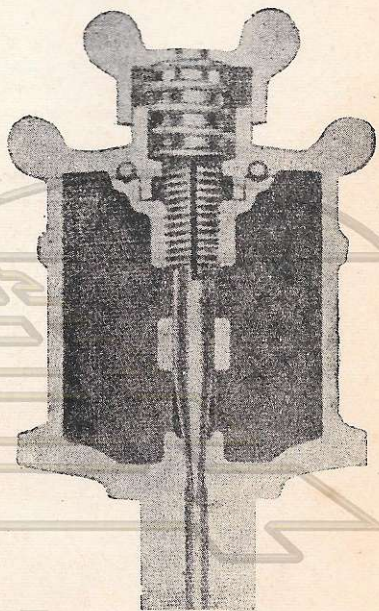


Fig. 153

O óleo, empurrado pela água, sobe e cai no tubo que vai ter à agulha de débito visível (P), de onde sobe num tubo de vidro (V), constantemente cheio de água, obtida pela comunicação do tubo V, com a câmara de condensação B.

O óleo misturado com o vapor escapa em seguida através de um orifício com 1,5 de diâmetro, penetrando na canalização K que vai ter ao órgão a lubrificar, cilindro ou gaveta.

A vazão de óleo, medida em gotas, é controlada pelo regulador de agulha P.

O aparelho possui ainda um bujão G por onde se processa o enchimento de óleo; uma torneira de purgação L, por meio da qual faz-se a descarga e lavagem do aparelho.

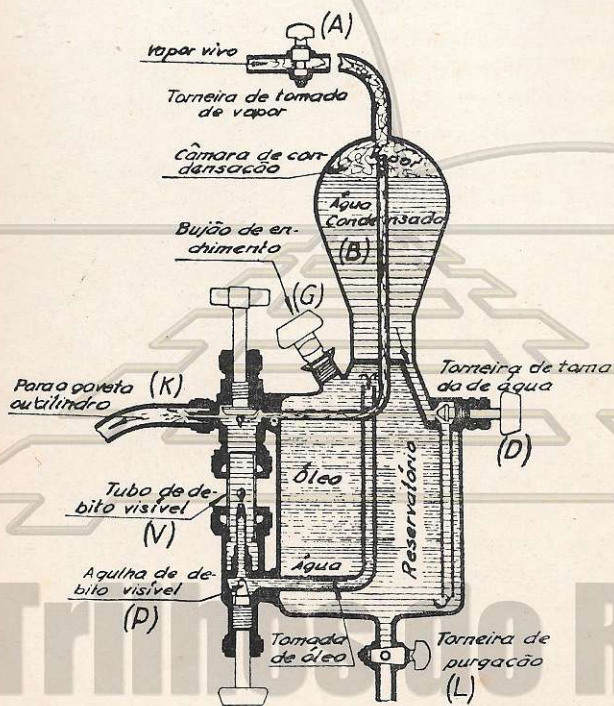


Fig. 154

De um mesmo reservatório podem partir vários tubos separados para lubrificação, munidos cada um de seus visores de débito regulável, destinados a lubrificarem tôdas as gavetas e cilindros da locomotiva.

Além dos aparelhos de condensação, são também empregados os lubrificadores mecânicos, que essencialmente consistem de pequenas bombas de êmbolos que, aspirando o óleo de um reservatório, injetam-no numa canalização. Alguns desses lubrificadores mecânicos são acionados pelo movimento da própria locomotiva, possuindo assim a grande vantagem de ter uma vazão proporcional à velocidade de marcha; a lubrificação é nula durante os estacionamentos, achando-se assegurada na marcha com regulador fechado.

Existem inúmeros tipos de lubrificadores mecânicos, sendo os mais conhecidos os de Bowdon, Friedmann, Bosch, Wakefield, Martin, etc.



Trilhos do Rio

CAPÍTULO IX

FREIOS

71. **Generalidades** — Para diminuir a marcha do trem e provocar a sua parada, quando necessário, são instalados na locomotiva e nos veículos da composição aparelhamentos capazes de realizar aquele objetivo.

A princípio, os trens só eram freados com aparelhos manuais, colocados no tênder e em alguns veículos isolados na composição. Quando havia necessidade de se frear o trem, o maquinista apitava e os encarregados do freio o apertavam no tênder e nos vagões onde houvessem instalações adequadas. Vê-se que, com este sistema, não podia haver simultaneidade na ação dos diversos agentes encarregados dos freios e que necessariamente decorria um certo tempo entre o apito do maquinista e a aplicação completa dos freios.

Atualmente, toda a composição, desde a locomotiva até o último veículo da cauda, possui um sistema único de freio. E' o chamado freio **contínuo**: todos os veículos estão ligados entre si e são manobrados, num único ponto do trem (na locomotiva) por um único agente (o maquinista).

Estes freios contínuos, com que os trens modernos são equipados, freiam sem intervenção humana, quando se produz avaria no seu aparelhamento: são **automáticos**.

Eles permitem ainda modificações na sua atuação. Alguns, quando apertados, podem ser ligeiramente desapertados. Outros devem ser completamente afrouxados para permitirem nova freagem. Tanto uns como outros são **moderáveis**.

Em conclusão, os freios modernos, utilizados nas composições ferroviárias possuem a tríplice qualidade: são contínuos, automáticos e moderáveis.

Qualquer que seja o freio, manual ou mecânico, a sua ação é transmitida, por um sistema amplificador de alavancas, até às sapatas, que pelo seu atrito contra as rodas provocam a diminuição da rotação destas últimas, com uma conseqüente redução da velocidade dos veículos. Quanto maior fôr a pressão das sapatas sobre as rodas, tanto maior será o esforço retardador e tanto menor será a distância de parada do veículo. Se esta pressão das sapatas ultrapassar um certo limite, a roda cessa de girar e arrasta-se sobre o trilho, provocando um desgaste acentuado e anormal do aro. Procura-se pois dar àquela pressão um valor próximo daquele que provoca o arrastamento da roda: se ela fôr muito inferior a êste último, produz-se um outro inconveniente: a distância de parada do veículo aumenta. Tem-se constatado que aquela pressão deve ser igual a 60% do peso total do veículo, para que as suas rodas continuem a girar, sem se arrastarem. O sistema de freagem é disposto de tal modo que a pressão das sapatas sobre as rodas seja o mencionado. O peso do veículo entretanto pode variar, dependendo da sua lotação, já que a sua tara é constante; é costume adotar-se para os carros de passageiros, cujo peso total é pouco variável, P como sendo o peso do veículo vazio. Há sistemas de freios que permitem variar a pressão nas sapatas, conforme o veículo esteja lotado ou vazio.

72. Freio manual — Êste tipo de freio, ainda empregado em muitas ferrovias, permite frear cada veículo isoladamente. Mesmo nas composições dotadas de freios contínuos, êles constituem um auxiliar precioso na freagem de trens de mercadorias muito longos, em trechos da linha com forte declividade.

Êles são acionados pelos guarda-freios, que são homens colocados em diversos pontos da composição e que geralmente se encarregam de apertar os freios de dois vagões contínuos, cujas plataformas estão colocadas frente a frente. Se por uma causa qualquer o maquinista nota que o freio mecânico contínuo do trem é insuficiente para diminuir a sua marcha, êle apela para os guarda-freios, apitando. Êstes últimos apertam os freios por

meio de volantes com eixo vertical, colocados nas plataformas dos vagões. Esta ação manual é multiplicada pelas alavancas do sistema, colocadas sob o estrado do veículo, e transmite assim um esforço considerável às sapatas que, pelo seu atrito contra as rodas, diminuem a rotação destas últimas.

Para se ter uma idéia da multiplicação do esforço produzido por um único homem agindo no volante do freio manual, faça-se o seguinte raciocínio: suponha-se que o esforço exercido por um homem seja de 40 quilogramas; se o volante tiver, por exemplo, 300 milímetros de diâmetro, aquela força de 40 quilogramas agirá num percurso de 942 milímetros (uma volta) produzindo um trabalho de $40 \times 0,942 = 37,68$ quilogrâmetros; suponhamos ainda que este trabalho conseguiu um deslocamento no apêto das sapatas de 6 milímetros; este espaço multiplicado pela força desconhecida que aperta as sapatas fornece o trabalho equivalente ao que o homem executou no volante, isto é, $0,006 \times X = 37,68$

$$\text{quilogrâmetros ou } X = \frac{37,68}{0,006} = 6.280 \text{ quilogramas.}$$

Na realidade, entretanto, os atritos do mecanismo de amplificação reduzem de muito aquela força, que somente pode ser avaliada por uma verificação direta.

O freio manual, como já foi dito, tende a desaparecer com o emprego dos modernos freios mecânicos e contínuos; entretanto eles ainda prestam serviços em muitas estradas de ferro e necessitam, para utilização perfeita, de revisões e vistorias cuidadosas, principalmente no parafuso do volante de comando. Ele não deve chegar ao fim do curso, antes de que as sapatas estejam com o máximo de apêto.

Como todo e qualquer freio, o manual deve agir com uma pressão tal sobre as sapatas, que as rodas continuem girando em vez de deslizarem sobre os trilhos, e esta pressão, como já se disse, será tanto maior quanto mais carregados estiverem os vagões e a experiência tem demonstrado que o arrastamento da roda produz-se tanto mais rapidamente quanto mais lentamente ela gira; conclui-se que, à medida que a velocidade diminui, a roda

poderá arrastar-se, se a pressão sobre as sapatas se mantiver constante. Isto acontece freqüentemente com os freios manuais.

73. Freio a vapor — Este tipo de freio é ainda empregado nas locomotivas como um auxiliar de emergência; é conhecido pelo nome de «burrinho». O seu funcionamento é simples; consta de um cilindro onde o vapor é admitido e cuja expansão aciona um êmbolo que, por intermédio das alavancas de multiplicação, provoca o apêto das sapatas contra as rodas da locomotiva. Impedida a entrada do vapor no cilindro, o êmbolo retorna à posição primitiva por intermédio de uma mola, afrouxando as sapatas. O manípulo dêste freio é muitas vêzes provido de redutores, que regulam à vontade a pressão do vapor admitido no cilindro de freagem. Os freios a vapor são ainda encontrados com freqüência nas locomotivas de manobra dos pátios de estações.

Tratando-se do freio da locomotiva, deve-se lembrar que as sapatas necessitam ser maiores para apresentarem grandes superfícies de atrito e de contato com o ar. No caso comum de uma única sapata contra a roda, ela absorve a velocidade de uma massa de 10 toneladas nas locomotivas modernas e a parada desta massa na velocidade de 120 quilômetros por hora exige um trabalho de 565.000 quilogrâmetros que, transformado em calor, desenvolvido no aro e na sapata, é de 1.300 calorias. E' verdade que uma grande parte se irradia no ar, mais rapidamente o calor do aro do que o da sapata. Limitando a 500 calorias o calor absorvido por uma sapata de 10 quilogramas, a sua temperatura se eleva a 450° em tôda a sua massa, sendo um pouco superior na parte que atrita contra o aro. Aumentando-se o percurso de parada da locomotiva ou colocando-se duas sapatas em lugar de uma, reduz-se aquela elevação de temperatura, mas de qualquer modo devem-se usar sapatas de grandes superfícies.

Atualmente as locomotivas recebem a ação do freio em tôdas as suas rodas, inclusive as suportadoras e as do truque de guia.

74. Freio a contravapor — Quando as composições ferroviárias dispunham, para a diminuição da velocidade, de freios

manuais em um ou dois vagões, além do tênder, o contravapor era largamente empregado para frear a locomotiva. Atualmente este meio de freagem, apesar de pouco usado, ainda presta um grande auxílio nas descidas de rampas fortes, onde o apêto prolongado das sapatas contra as rodas é um grave inconveniente, como já se viu.

O contravapor consiste simplesmente na inversão do sentido de marcha da locomotiva, estando o regulador completamente aberto. Sendo assim feito, processa-se uma inversão na distribuição do vapor nos cilindros, podendo-se obter um retardamento da marcha da locomotiva e mesmo uma parada, dependendo da distância que a alavanca de comando está em marcha à ré, do ponto neutro do setor. Mesmo com a alavanca de marcha no ponto zero, a locomotiva ainda desenvolve esforço motor, em virtude do avanço de admissão; para que o esforço motor seja nulo, é necessário que a alavanca esteja um pouco recuada daquele ponto e para haver retardamento tem-se verificado experimentalmente ser necessária uma admissão de 30 a 40%. A 90 quilômetros por hora o esforço retardador só se inicia com uma admissão de 50%. Com grandes graus de admissão (80%) o esforço retardador é de apenas 63% do esforço motor que se obteria com a mesma admissão na marcha à frente. O contravapor permite, como se vê, regular à vontade, a velocidade da locomotiva nos declives.

A aplicação do contravapor requer cuidados especiais, pois o êmbolo do cilindro aspira os gases da caixa de fumaça, muitas vezes acompanhados de cinzas; estes gases são comprimidos nos cilindros, aumentando ainda mais a sua temperatura e expondo a avarias os cilindros e as gavetas e em seguida são enviados para a caldeira. Com o fim de se evitar este inconveniente, nas locomotivas onde se emprega freqüentemente o contravapor, costuma-se adaptar um dispositivo para lançar um jato de água quente nos condutos de escapamento; esta água, saindo da caldeira, com temperatura elevada, vaporiza-se, e assim os cilindros, em lugar dos gases, lançam vapor úmido na caldeira. Para se ter a certeza de que se está aspirando vapor em vez dos gases da caixa de fumaça, regula-se o aparelho injetor de água até que se

veja sair pela chaminé uma ligeira chuva de vapor. Para fazer funcionar o contravapor deve-se:

- a) abrir o aparelho de injeção de água;
- b) inverter a alavanca de marcha até um pouco aquém do ponto zero;
- c) abrir completamente o regulador;
- d) trazer a alavanca de marcha até à admissão suficiente para se obter o retardamento necessário, ao mesmo tempo que se regula o aparelho de injeção de água.

Quando não fôr mais necessário o contravapor, deve-se:

- a) fechar o regulador;
- b) recolocar a alavanca na posição normal de marcha;
- c) fechar o aparelho injetor de água.

Se se tratar de locomotivas com múltipla expansão (compound) a injeção deve ser feita também no escapamento dos cilindros de alta pressão, isto é, no reservatório intermediário.

Quando se passa à marcha normal, depois do emprêgo do contravapor, é conveniente abrir-se as torneiras de purgação dos cilindros para dar saída à água que nêles permanecer. Além disso, durante o contravapor, deve-se diminuir a lubrificação dos cilindros para que alguma quantidade excessiva de óleo não penetre na caldeira.

Um cuidado muitas vêzes necessário quando se emprega o contravapor é fazer funcionar os arceiros, para evitar que as rodas patinem, quando da inversão da sua rotação, diminuindo com isto o efeito do contravapor.

Teòricamente não deveria haver aumento de consumo de combustível com o emprêgo do contravapor; entretanto há sempre uma perda de vapor com a injeção de água quente no escapamento e um conseqüente aumento no gasto de energia calorífica, mas êste acréscimo é recompensado com a vantagem obtida com êste sistema de freagem que, sendo corretamente empregado, torna-se um elemento precioso para moderar a marcha do trem em trechos de linha com grandes declives, sem necessidade do

emprego dos freios comuns, que obrigam um apêto intenso e demorado das sapatas, com os inconvenientes já apontados.

75. Freio a vácuo — Este tipo de freio contínuo automático utiliza a pressão atmosférica como agente na freagem. São inúmeras as estradas de ferro brasileiras que possuem este sistema de freio. Ele consiste essencialmente de um encanamento geral que percorre todo o trem; a ligação do encanamento de um veículo com o seu vizinho é feita por meio de mangueiras flexíveis de borracha. Na locomotiva e em cada veículo existe um

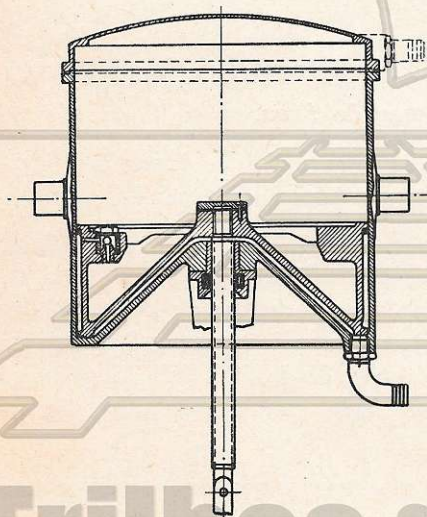


Fig. 155

ou dois cilindros de freio, em comunicação com o encanamento geral. A locomotiva possui um aparelho acionado a vapor, o **ejetor**, que em funcionamento faz o vácuo no encanamento geral, retirando quase completamente o ar nêle existente. Como os cilindros de freio estão em comunicação com o encanamento geral, o vácuo é feito nêles também, tanto na sua parte inferior como na superior; assim, os êmbolos dos cilindros caem pelo próprio pêso e como estão ligados pelas hastes às alavancas e travessas que sustentam as sapatas, estas últimas se afrouxam.

Para frear, o maquinista, acionando o manípulo, faz entrar o ar no encanamento geral que rapidamente avança até os cilindros de freio, penetrando na sua parte inferior, mas não passando para a superior, devido a uma válvula de esfera que fecha a comunicação das duas partes e que só permite a passagem de ar de cima para baixo (fig. 155).

Como na parte superior do cilindro há vácuo, o ar que penetrou na parte inferior empurra o êmbolo para cima, cuja haste arrasta nesse movimento todo o sistema de alavancas provocando, em última análise, o apêrto das sapatas contra as rodas.

Este sistema de freio, como se vê, é bastante simples e muito **moderável**, pois o apêrto e o afrouxamento das sapatas é regulável pela maior ou menor quantidade de ar que o maquinista faz penetrar no encanamento geral. A sua **automaticidade** se processa quando há uma ruptura qualquer nos encanamentos com uma conseqüente penetração de ar, como nos casos de desengate das mangueiras de um veículo por outro ou quando um passageiro aciona num carro a válvula de emergência.

O aparelho ejetor, que é acionado pelo vapor da caldeira, retira o ar do encanamento geral; é um aparelho de tubulações concêntricas, análogo aos injetores de água, e em geral consta de dois aparelhos separados, um grande que retira rapidamente o ar do encanamento e um menor que funciona continuamente a fim de equilibrar qualquer entrada de ar proveniente da falta de estanqueidade dos encanamentos. No momento em que o maquinista abre a torneira de vapor do ejetor, o funcionamento dêste é assinalado por uma coluna branca expelida por um pequeno encanamento colocado junto à chaminé. A depressão reinante no encanamento geral é assinalada num manômetro colocado em frente ao maquinista; muitas vezes este aparelho contém dois ponteiros, porque, além da depressão no encanamento geral, é também assinalada a depressão num reservatório de auxílio colocado na locomotiva onde também se fêz o vácuo; os manômetros são graduados em libras/polegadas² ou quilogramas/centímetro quadrado. O vácuo obtido na parte superior do cilindro de freio atinge uma pressão de 0,3 quilogramas/centímetro quadrado; como a pressão atmosférica é de 1 quilograma/centímetro quadrado, conclui-se que a pressão utilizada, na face do êmbolo, para a freagem, é de apenas 0,7 quilograma/centímetro quadrado, o que exige grandes êmbolos e portanto grandes cilindros, quando se desejam esforços consideráveis na freagem.

Um melhoramento introduzido no sistema de freio a vácuo é a válvula de admissão direta de ar nos cilindros, tornando

mais rápida a aplicação do freio. O seu funcionamento inicia-se no momento em que a pressão no encanamento geral atinge um certo valor (fig. 156).

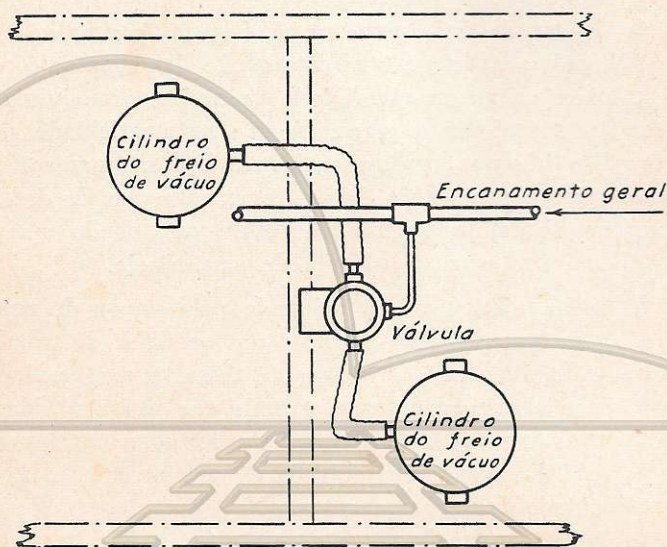


Fig. 156

76. **Freio a ar comprimido** — O ar comprimido é empregado como agente, em vários sistemas de freios contínuos e automáticos, tais como os do tipo Westinghouse, Knorr e outros.

O princípio que rege o funcionamento destes freios baseia-se na pressão desenvolvida pelo ar comprimido ao expandir-se nos cilindros de freio de cada veículo; esta expansão impele os êmbolos, cujas hastes se encontram articuladas com o conjunto de alavancas que vão até as sapatas das rodas.

O ar comprimido é produzido por uma bomba compressora colocada na locomotiva e que é acionada pelo vapor da caldeira, cuja pressão é de cerca de 12 quilogramas/centímetro². Atualmente, em trens longos, as locomotivas são equipadas com bombas compressoras de duplo efeito, que injetam o ar com a pressão de 8 quilogramas/centímetro quadrado; estas bombas têm

uma vazão de 2.400 litros por minuto, com uma velocidade de 130 cursos naquela mesma unidade de tempo. Os detalhes de construção da bomba, assim como de outros aparelhos do freio a ar comprimido escapam ao objetivo dêste livro.

A bomba aspira o ar atmosférico e o lança comprimido num **reservatório principal**, com capacidade média de 500 litros, colocado na locomotiva.

O ar comprimido carrega o conduto geral que percorre o trem da ponta até à cauda (fig. 157).

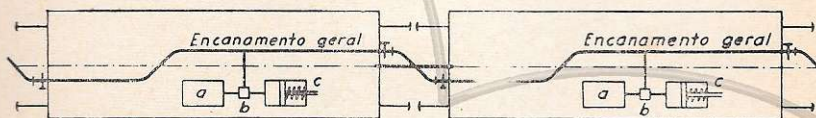


Fig. 157 — a) Reservatório auxiliar; b) Tríplice válvula; c) Cilindro de freio.

De cada veículo parte uma ligação do conduto geral que vai ter à **tríplice válvula** que, como indica o seu nome, pode manter comunicação de um lado com o **reservatório auxiliar**, do lado oposto com o **cilindro de freio** e ainda com a atmosfera.

O funcionamento do freio a ar comprimido é regulado pelo **manípulo** à disposição do maquinista. Antes de se examinar as diversas posições permitidas pelo manípulo, vejamos em síntese como se obtêm o apêto e o afrouxamento das sapatas do freio.

O ar comprimido do reservatório principal passa através do manípulo para o conduto geral, entra na tríplice válvula empurrando a sua haste cuja parte superior fecha a passagem para o cilindro de freio, mas deixa aberta a entrada do reservatório auxiliar permitindo que êste se carregue com ar comprimido (fig. 158).

O cilindro de freio estando vazio, seu êmbolo é mantido por uma mola na sua posição normal, isto é, a sua haste combinada com as alavancas de multiplicação mantém frouxas as sapatas das rodas do veículo.

Para frear, o maquinista, acionando o manípulo, descarrega na atmosfera, total ou parcialmente, o ar do conduto geral; de qualquer modo êle provoca uma redução de pressão naquele encanamento; esta redução se produz também na parte inferior da

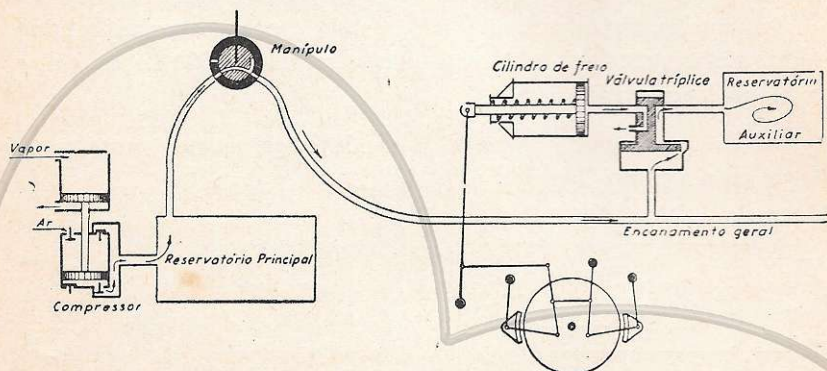


Fig. 158 — Freio a ar comprimido (afrouxado)

tríplice válvula, já que ela se comunica com o encanamento geral; a sua haste cai pelo próprio pêso colocando em comunicação o reservatório auxiliar com o cilindro de freio (fig. 159).

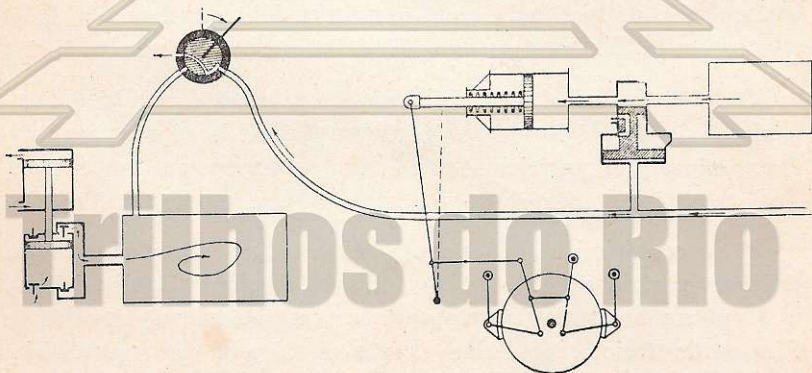


Fig. 159 — Freio a ar comprimido (apertado)

O ar comprimido do reservatório auxiliar entrando no cilindro de freio impulsiona o êmbolo dêste, cuja haste se desloca arrastando consigo todo o sistema de alavancas que vai ter às sapatas, provocando o seu apêto contra as rodas do veículo.

Para afrouxar as sapatas, o maquinista, com o manípulo, *isola* o conduto geral da atmosfera, colocando-o em comunicação com o reservatório principal, de onde sai o ar comprimido que vai ter novamente à tríplex válvula, empurrando para cima a sua haste, que corta assim a comunicação entre o reservatório auxiliar e o cilindro de freio; nesta posição, a tríplex válvula *coloca* o cilindro em comunicação com a atmosfera, esgotando, *daquele*, o ar comprimido; a mola do êmbolo do cilindro obriga-o a voltar à sua posição normal de afrouxamento das sapatas.

Verifica-se pelo exposto que a **automaticidade** do freio a ar comprimido é garantida pela existência do **reservatório auxiliar** em cada veículo; no caso da ruptura do trem em duas partes, por exemplo, aquela isolada da locomotiva possui no reservatório de cada veículo a energia necessária ao apêto dos freios, não dependendo assim diretamente do **reservatório principal** da locomotiva.

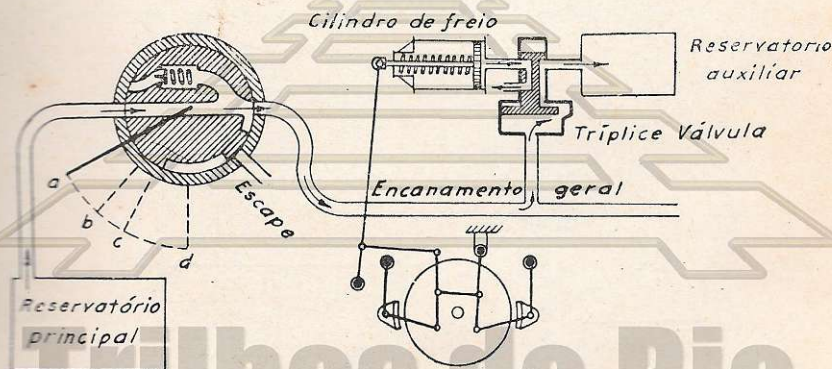


Fig. 160 — 1.ª posição do manípulo

O manípulo do freio carrega de ar comprimido os reservatórios auxiliares e provoca o apêto ou afrouxamento das sapatas. O maquinista, colocando o manípulo na posição **a** (fig. 160), estabelece a comunicação do reservatório principal com o encanamento geral; o ar comprimido entrando na tríplex válvula levanta a sua haste, afrouxando o freio.

Na posição **b** (fig. 161), que é a posição normal de marcha, o ar comprimido só penetra no encanamento geral depois de ven-

cer a válvula de alimentação, cuja mola está graduada de tal forma que a pressão no reservatório principal é um pouco supe-

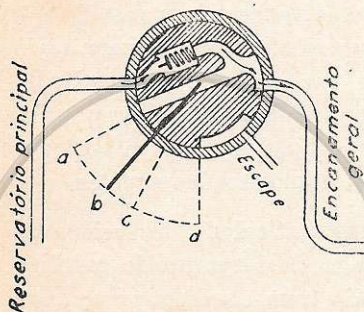


Fig. 161 — 2.ª posição do manípulo

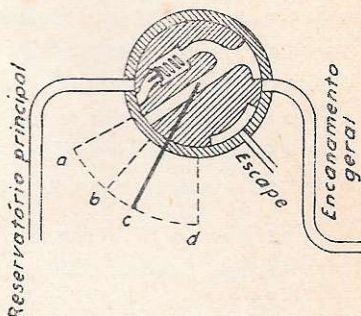


Fig. 162 — 3.ª posição do manípulo

rior à do encanamento geral; esta diferença de pressão é necessária para que o afrouxamento dos freios seja feito com segurança e facilidade e compensa ligeiras fugas do encanamento geral.

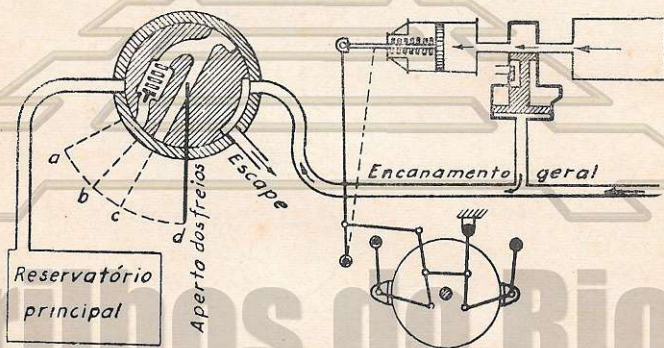


Fig. 163 — 4.ª posição do manípulo

A terceira posição *c* do manípulo é conhecida como neutra; a partir da segunda posição toda a comunicação é cortada entre o reservatório principal e o encanamento geral (fig. 162).

A posição *d* provoca o apêto dos freios (fig. 163).

Nesta posição, o encanamento geral fica em comunicação com a atmosfera; o ar comprimido escapa-se, a haste da tríplice válv-

vula desce provocando a passagem do ar do reservatório auxiliar para o cilindro de freios cujo êmbolo, deslocando-se, aciona todo o sistema de alavancas que vão ter às sapatas produzindo o seu apêrto contra as rodas.

O manípulo descrito até aqui é o do tipo mais simples; geralmente o tipo mais aperfeiçoado é conhecido como **manípulo de descarga equilibrada**, que age sôbre o encanamento principal através de um **reservatório de manobra** e de um **ênbolo nivelador de pressão** (fig. 164).

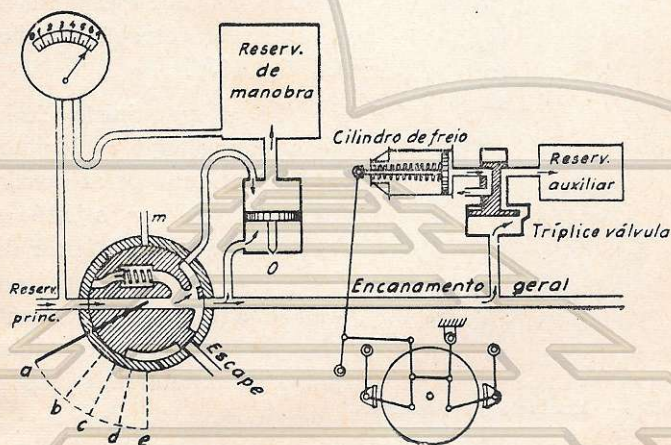


Fig. 164 — Manípulo de descarga equilibrada (freios afrouxados)

Não havendo êsses dispositivos, no afrouxamento dos freios, o ar comprimido corre pelo conduto principal até ao manípulo; se o maquinista manobrá-lo então inesperadamente em sentido contrário, cortando a comunicação do encanamento geral com a atmosfera, produz-se no manípulo um verdadeiro golpe de aríete, capaz de aumentar a pressão e levantar a haste das válvulas tríplexes afrouxando os freios dos veículos mais próximos da locomotiva, enquanto a cauda do trem continua freada; isto tem uma grave repercussão sôbre os aparelhos de ligação dos veículos.

Com o manípulo de descarga equilibrada nas suas posições a, b, c, tudo se passa da mesma forma já mostrada anteriormente,

e o **êmbolo nivelador** tem nas duas faces a mesma pressão do encanamento geral, como se pode ver na fig. 164; assim, pelo próprio pêso, êle mantém fechada a comunicação o com a atmosfera.

Quando o manípulo ocupa a posição **c**, de apêrto do freio, a parte superior do êmbolo nivelador fica em comunicação com o exterior pela abertura **m**, deixando escapar o ar do reservatório de manobra; esta diminuição da pressão na parte superior do êmbolo faz com que o ar comprimido do encanamento geral levante, pela parte inferior, o mesmo êmbolo, escapando-se pela atmosfera através da abertura **o** (fig. 165).

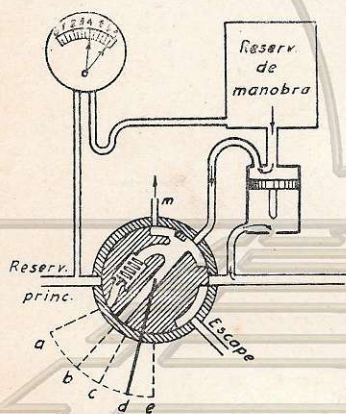


Fig. 165 — Manípulo de descarga equilibrada (freios apertados)

Se o maquinista fechar o manípulo, mesmo rapidamente, o ar do conduto geral continuará escapando-se por **o**, até que a pressão, na parte inferior do êmbolo, seja igual à da parte superior e este desça lentamente fechando o orifício **o** e evitando o golpe de aríete mencionado.

Geralmente o êmbolo nivelador faz parte integrante do manípulo e não é separado, como pode ser visto nas figs. 164 e 165.

Este tipo de manípulo de descarga equilibrada permite ainda uma quinta posição que corresponde à freagem de emergência; êle coloca o encanamento geral em comunicação com a atmosfera através de uma grande abertura de escapamento (fig. 165).

O funcionamento da tríplex válvula já foi descrito; a descrição detalhada da sua construção escapa ao objetivo dêste livro. Atualmente existe no aparelhamento dos freios a ar comprimido a **tríplice válvula de ação rápida**. Este tipo permite multiplicar os pontos de escapamento do ar do encanamento geral e aproveitar êste ar, introduzindo-o nos cilindros de freio. Com isto, consegue-se uma redução muito mais rápida na pressão do encanamento geral e um aumento na capacidade de ação do ci-

lindro de freio; há uma simultaneidade mais acentuada no funcionamento dos freios em todos os veículos, o que não acontece com a tríplice válvula simples; um sistema com válvula simples provoca um apêto mais rápido dos freios nos veículos próximos à locomotiva, fazendo com que os da cauda do trem comprimam os da frente; no afrouxamento do freio, pelo contrário, os veículos da frente são soltos em primeiro lugar, havendo uma demora de freagem na cauda do trem, podendo mesmo ocasionar uma ruptura nos aparelhos de ligação dos veículos.

A válvula tríplice de ação rápida evita êsses inconvenientes.

Um sistema de freio a ar comprimido conta ainda com um manômetro duplo colocado à vista do maquinista; a sua graduação é indicada por dois ponteiros: um preto, mostrando a pressão do encanamento geral, e um vermelho, que indica a pressão do reservatório principal.

Há ainda, em cada veículo, uma válvula de escapamento, que permite afrouxar manualmente o freio de cada um dêles.

No caso de tração dupla, os freios da composição são acionados pela locomotiva da frente; a segunda locomotiva é considerada como um veículo comum e assim o seu reservatório principal deve ser isolado, por meio de uma torneira, do manípulo; o escapamento da sua tríplice válvula deve ficar aberto e o manípulo ficará colocado na posição inicial de freios afrouxados; em caso de necessidade, o maquinista da segunda locomotiva pode auxiliar na freagem.

E' comum encontrar-se um freio separado para a locomotiva e o tênder; os cilindros dêste freio são acionados diretamente pelo ar do reservatório principal, sendo muito moderável êste tipo e o seu acionamento é regulado por um manípulo separado enquanto o manípulo ordinário comanda os freios dos vagões e da locomotiva.

77. Considerações finais sôbre os freios — Com o aumento de potência nas modernas locomotivas a vapor, surgiram trens cada vez mais compridos e pesados, exigindo tipos de freios sempre mais aperfeiçoados.

As atuais composições ferroviárias que circulam em quase todos os países do mundo são equipadas na sua maioria com freios contínuos automáticos, acionados pela pressão atmosférica ou pelo ar comprimido. E' uma questão muito debatida saber-se se um sistema é superior ao outro. As suas características são as seguintes:

a) qualquer variação na pressão do ar rarefeito se transmite mais rapidamente no encanamento geral do que se a variação se propagar no ar comprimido; é a vantagem principal do freio a vácuo;

b) a pressão que se obtém com o ar comprimido nos cilindros de freio é superior à obtida pelo freio a vácuo; como já foi dito, a pressão atmosférica de 1 quilograma/centímetro quadrado que se exerce na face inferior do êmbolo do cilindro é ainda reduzida pelo vácuo imperfeito existente na face superior;

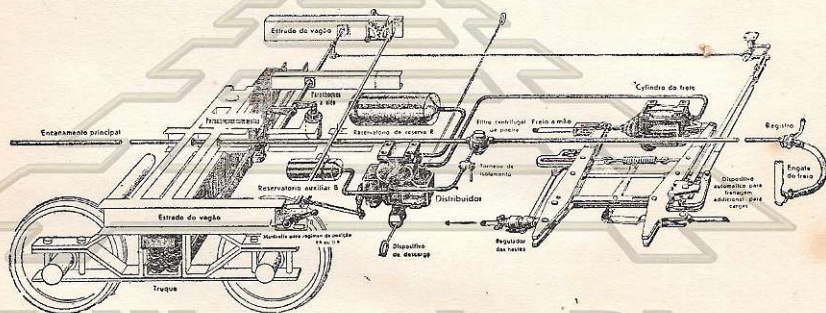


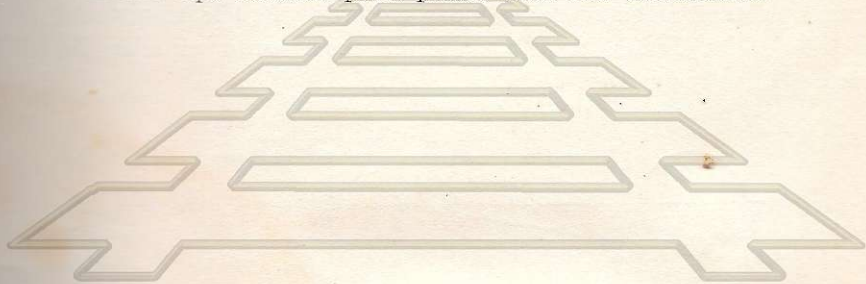
Fig. 166

esta pequena pressão por unidade de superfície do êmbolo (cêrca de 0,7 quilograma/centímetro quadrado) exige grandes cilindros para se obter um esforço considerável de freagem; isto representa uma desvantagem do freio a vácuo.

Tanto o tipo de freio a ar comprimido como o de freio a vácuo foram muito aperfeiçoados, tornando a freagem mais rápida e simultânea em todos os veículos do trem; o primeiro com a tríplice válvula de ação rápida e o segundo com a válvula de admissão direta de ar nos cilindros de freio.

O freio a ar comprimido é muito difundido nos Estados Unidos e em grande parte da Europa. Naquele é empregado o freio de afrouxamento direto; na Europa, principalmente nórdica e central, ultimamente foram instalados os freios de afrouxamento gradativo, principalmente do tipo Knorr. Este último tipo tem apresentado novas características, como seja, o dispositivo de freagem adicional de carga, o que permite uma freagem mais uniforme de trens compostos de vagões vazios e carregados. A fig. 166 mostra um sistema de freio moderno a ar comprimido, de afrouxamento graduável, e com dispositivo automático para freagem adicional de cargas.

A questão da padronização dos freios na rede ferroviária de qualquer país é um assunto de grande relevância. O ideal seria que toda a rede nacional fôsse provida de um tipo único e que as composições destinadas ao tráfego internacional possuíssem o mesmo tipo adotado pelos países onde elas circulassem.



Trilhos do Rio

CAPÍTULO X

TRABALHO DA LOCOMOTIVA

78. **Esfôrço motor** — O movimento das rodas da locomotiva é produzido pela ação do vapor contra os êmbolos dos cilindros. O vapor, estando sob pressão, expande-se, empurrando os êmbolos, cujas hastes executam um movimento retilíneo alternado de vaivém que se transmite aos puxavantes que estão ligados às manivelas colocadas sôbre as rodas motoras. Aquêlo movimento retilíneo das hastes transforma-se em movimento circular de rotação das rodas (fig. 167).

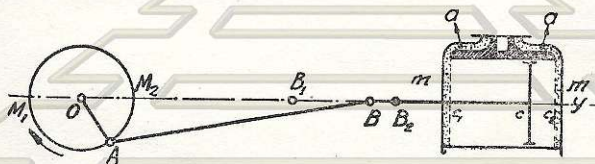


Fig. 167

O esfôrço motor produzido pelo vapor é proporcional à sua pressão e às superfícies dos êmbolos, isto é, êle será tanto mais elevado quanto maior fôr a pressão do vapor e quanto mais amplas forem as superfícies dos êmbolos.

O esfôrço motor varia segundo a pressão do vapor no interior dos cilindros e essa variação é controlada pela maior ou menor abertura do regulador da locomotiva; entretanto a pressão do vapor admitido nos cilindros, para uma determinada abertura do regulador, não é constante durante todo o curso do êmbolo; o esfôrço motor é máximo durante a fase de admissão do vapor e vai decrescendo progressivamente durante a expansão.

Deve-se ainda ter em vista que na outra face do êmbolo o vapor ainda está com pressão e a pressão resultante final é então a diferença das pressões exercidas sobre os dois lados do êmbolo.

79. Esfôrço de tração — Para que a roda motora gire, é necessário que se aplique uma força no ponto de contato do aro com o trilho; e ela produz sobre a roda o mesmo efeito que o do puxavante agindo sobre o pino motor da manivela. Esta força desenvolvida pela locomotiva é chamada esfôrço de tração.

Para um determinado esfôrço motor, o esfôrço de tração será tanto maior quanto menor fôr o raio da roda em relação ao raio da manivela; êste último é igual à metade do curso do êmbolo. Raciocínio idêntico se faz para o outro lado da locomotiva.

O esfôrço de tração total da locomotiva é a soma de tôdas as forças aplicadas nas rodas motoras e conjugadas pelas braçagens.

Uma parte dêste esfôrço de tração é utilizada para movimentar a própria locomotiva; o restante fica disponível para rebocar o trem.

O esfôrço de tração é diretamente proporcional à pressão do vapor admitido nos cilindros, ao diâmetro e ao curso do êmbolo; é inversamente proporcional ao diâmetro das rodas motoras.

Para se calcular o esfôrço de tração de uma locomotiva, estabelece-se inicialmente que o vapor trabalha à plena pressão nos cilindros, isto é, que a pressão do vapor se mantém constante durante todo o curso dos êmbolos.

Seja p a pressão do vapor, d , o diâmetro do êmbolo, e l o seu curso, o trabalho realizado pelo vapor em cada meia volta da manivela é:

$$\frac{1}{4} \pi d^2 \times p \times l$$

A pressão (p) multiplicada pela área do êmbolo ($\frac{1}{4} \pi d^2$) fornece a força total agindo no êmbolo; esta força agindo num percurso l executa o trabalho estabelecido na fórmula acima, para cada meia volta da manivela.

Para um curso completo do êmbolo, ida e volta, correspondente a uma rotação completa da manivela, o trabalho realizado será:

$$2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times p \times l$$

Este é o trabalho realizado num cilindro. Como tôda locomotiva tem, no mínimo, dois cilindros, o trabalho total será:

$$2 \times 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times p \times l \quad \text{ou} \\ \pi d^2 \times p \times l$$

O esforço de tração **F** sendo uma força que age tangencialmente na roda, em cada volta completa desta última, êle realiza um trabalho igual a $F \times \pi D$, sendo πD o perímetro externo da roda. Este trabalho é igual àquele realizado pelo vapor. Pode-se escrever

$$F \times \pi D = \pi d^2 \times p \times l$$

Desta fórmula, tira-se o valor de **F**, esforço de tração teórico:

$$F = \frac{d^2 \times p \times l}{D}$$

Não intervieram neste cálculo do esforço de tração, as resistências do mecanismo e dos veículos, o decréscimo da pressão devido à expansão do vapor, a contrapressão, etc. A fórmula acima fornece pois um valor para o esforço de tração acima da realidade. Em geral o esforço de tração real é cerca de 60% do teórico. Assim:

$$F = \frac{0,6 \times d^2 \times p \times l}{D}$$

Aplicação: calcular o esforço de tração de uma locomotiva de simples expansão, de dois cilindros, cuja pressão do vapor seja de 14 quilogramas/centímetro quadrado, com rodas de 1,20 me-

tros de diâmetro e êmbolos com cursos iguais a 0,7 metro e diâmetro de 40 centímetros.

$$F = \frac{0,6 \times 0,4^2 \times 140000 \times 0,7}{1,2} = 7.840 \text{ quilogramas.}$$

Note-se que todos os valores na fórmula foram homogeneizados, isto é, estão expressos em quilogramas e metros.

80. **Aderência** — Para se obter um máximo de trabalho com a locomotiva, deve-se realizar o maior esforço de tração possível. Este esforço de tração, entretanto, deve ser sempre inferior à aderência conseguida entre as rodas da locomotiva e os trilhos. A aderência da máquina depende diretamente do «pêso aderente», isto é, do pêso que sobrecarrega as rodas motoras.

A experiência mostra que, para evitar que as rodas patinem, o esforço de tração não deve, em momento algum, ultrapassar um valor igual a 20-25% do pêso aderente ou, inversamente, o pêso aderente deve ser — 4 a 5 vezes maior do que o esforço de tração.

Definindo de outro modo, a **aderência** é a força de atrito das rodas sobre os trilhos; sem aderência as rodas não poderiam avançar, pois elas patinariam. Chamando de **k** o coeficiente de atrito das rodas sobre o trilho e se **P** for a carga suportada pelo conjunto das rodas motoras, o esforço de tração não deverá sobrepujar o valor **k.P**, acima do qual as rodas começariam a patinar.

No arranque inicial de trens pesados, torna-se necessário um grande esforço de tração; para se evitar o deslizamento das rodas, procura-se aumentar o produto **k.P**, com o aumento de **k** ou de **P**.

O coeficiente **k** varia com o estado em que se encontram os trilhos; seus valores extremos são de 0,25 e 0,10, trilhos muito secos ou lavados pelas chuvas e trilhos úmidos. Para **k** = 0,10, o esforço de tração, permitido numa locomotiva com pêso aderente de 50 toneladas, seria apenas de 5.000 quilogramas. Se o arranque do trem exigir um esforço maior, as rodas patinarão; isto pode ser evitado com o aumento do coeficiente de atrito (**k**), que se consegue, lançando areia sobre os trilhos; esta areia é trans-

portada pela locomotiva num reservatório colocado no alto da parte externa da caldeira, o areeiro. Os areeiros podem funcionar manualmente, por meio da ação do vapor ou de ar comprimido.

A ação da areia se concretiza no aumento do coeficiente de atrito k ; às vêzes isto é insuficiente para se obter um aumento do produto $k.P$, exigido para um determinado esforço de tração. Procura-se então dar a P o maior valor possível. Quando a resistência dos trilhos o permite, aumenta-se o número de eixos conjugados. E' comum atualmente, no Brasil, a locomotiva de cinco eixos conjugados («ten-coupled»). Na Rússia existem locomotivas com sete eixos conjugados. As locomotivas articuladas fornecem uma outra solução para o aumento do peso aderente e a locomotiva com cremalheira soluciona os casos das linhas com declive exagerado.

Geralmente um grande esforço de tração é exigido apenas durante um certo tempo; êste aumento temporário do esforço de tração sugeriu ao inventor Krauss, em 1900, a adoção de um dispositivo suplementar, acionado a vapor, que o maquinista pode repousar sobre a linha; trata-se de mais um eixo que pode ser sobrecarregado com o peso desejado.

Atualmente, êsse eixo permanece sobre os trilhos e constitui um dos eixos suportes da locomotiva e uma máquina a vapor auxiliar, que, com um dispositivo de embraiagem, permite colocá-lo sob carga. Êste dispositivo é conhecido pelo nome de «booster», e um tipo usual pode ser visto na fig. 168.

81. **Resistências** — Rebocando um trem, a locomotiva, além de vencer o peso da composição, deve sobrepujar várias resistências que se opõem ao movimento da composição.

Estas resistências passivas são muito complexas e de naturezas diversas. Em geral elas se classificam em três espécies: resistências próprias do trem, resistências devidas ao traçado da linha e resistências devidas ao ar atmosférico.

A **resistência própria do trem** é muito variável, dependendo do tipo dos veículos, do seu peso e da velocidade do trem; ela

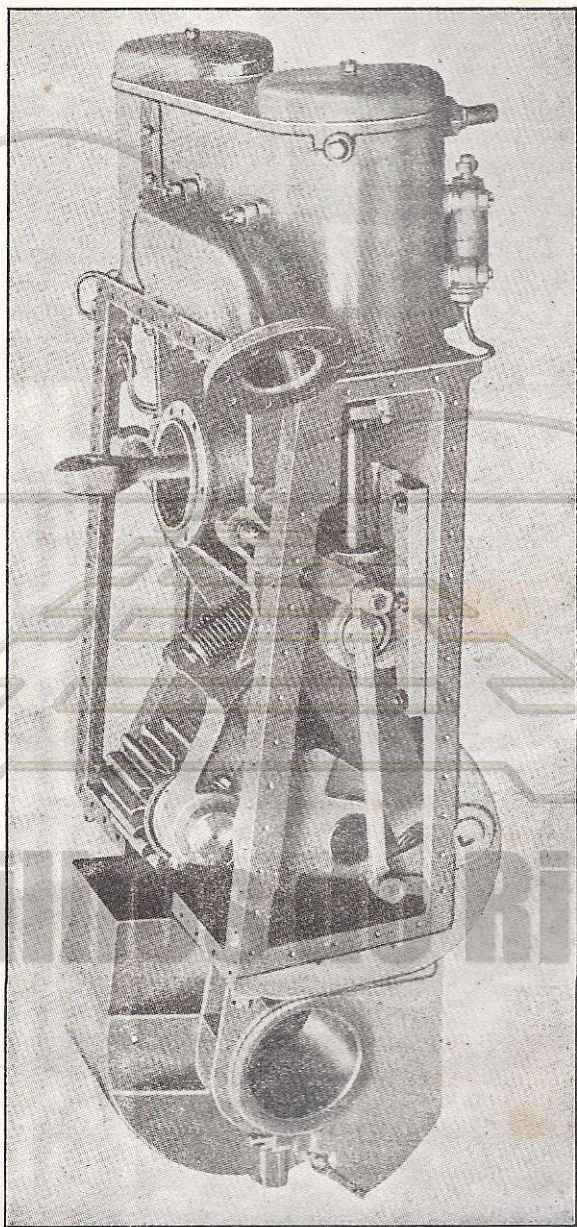


Fig. 168

é maior para o veículo carregado do que para o vazio. Esta resistência tem as suas causas no atrito dos eixos contra os suportes e no atrito de rolamento dos veículos sobre a via. O atrito dos eixos contra os mancais depende das dimensões destes últimos, da carga que suportam e da lubrificação. A resistência ao rolamento é devida à flexão da via sob o peso das rodas; em geral ela é pequena para um bom material.

As resistências próprias do traçado da linha são causadas pelas curvas e pela declividade. As curvas oferecem uma resistência tanto maior quanto menores forem os seus raios; o valor

desta resistência é calculado pela fórmula empírica: $r = \frac{750}{R}$,

onde r é a resistência procurada e R o raio da curva; o seu valor é expresso em quilogramas por tonelada, quando R é expresso em metros. Esta resistência é atenuada quando as rodas dos veículos têm a sua inserção facilitada nas curvas e quando os aros dos veículos, principalmente da locomotiva, são lubrificados. A declividade da linha oferece uma resistência passiva tanto maior quanto mais acentuada ela fôr; para um veículo de peso P , numa linha de declividade i (milímetros por metro), a resistência será $i \times P$, expressa em quilogramas, quando P é expresso em toneladas.

O ar atmosférico oferece uma resistência acentuada ao movimento do trem, aumentando com a velocidade desenvolvida pela composição; a locomotiva é o veículo mais sujeito a esta resistência. Para reduzir a influência do ar atmosférico, que se opõe à marcha dos trens, as composições modernas são construídas com formas externas especiais, conhecidas como perfis aerodinâmicos; quando a composição fôr de veículos comuns, será conveniente que pelo menos a locomotiva tenha um perfil especial que reduza, em grandes velocidades, a resistência oferecida pelo ar.

A resistência do ar é muito variável, pois depende da velocidade tanto do trem como do vento e é ainda dependente do sentido de marcha do trem. Ela pode ser calculada praticamente pela fórmula: $R = 0,005 SV^2$, onde S é a projeção da superfí-

cie do trem sôbre um plano perpendicular à direção do vento e V a velocidade de marcha.

Para o cálculo do esforço que a locomotiva deve desenvolver, geralmente se computam tôdas as resistências, de um modo global, em tantos quilos por tonelada de pêso do trem.

82. Potência — A potência desenvolvida por uma locomotiva pode ser definida como sendo o trabalho por ela realizado em um segundo. Chamando de v a sua velocidade num determinado momento e expressa em metros por segundo, sendo F o esforço de tração em quilos, a potência da locomotiva será $F \times v$, em quilogrâmetros por segundo.

Vê-se pela fórmula $F \times v$, que, se F (esforço de tração) pudesse ser mantido constante, a potência da locomotiva aumentaria com o crescimento da velocidade v . Já se sabe, entretanto, que o esforço de tração diminui quando a velocidade aumenta e esta última relação pode ser vista no gráfico da fig. 169.

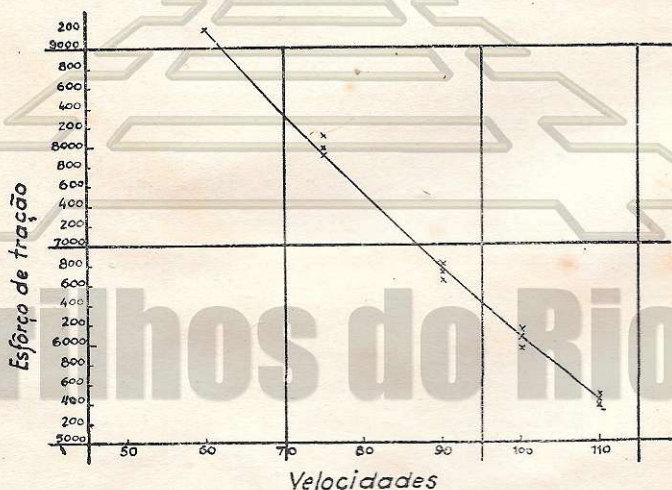


Fig. 169

A potência ($F \times v$) cresce, quando a velocidade aumenta, até um máximo. Este máximo corresponde a um determinado valor da velocidade, variável com o grau de admissão, taxa de combustão, etc.; quando êstes últimos fatores permanecem fixos,

a potência será tanto mais elevada quanto menor fôr o volume dos cilindros.

A potência da locomotiva é função, principalmente, das possibilidades de vaporização da caldeira, ou seja, da superfície das grelhas, do consumo de combustível e vapor.

Admite-se geralmente a proporção de 600 H. P. por cada metro quadrado de grelha.

A potência de uma locomotiva é limitada, na prática, pela capacidade de vaporização da caldeira, que, por sua vez, depende da quantidade de combustível que pode ser lançada sobre a grelha num tempo dado. A uma potência de 4.500 H. P. corresponde uma taxa de combustão de 1.200 quilos por metro quadrado de grelha, por hora; se a grelha tiver cerca de 4 metros quadrados de superfície, será necessário lançar 20 quilos de combustível em cada 15 segundos e isto poderá ser obtido com um alimentador mecânico para a fornalha. Assim sendo, a potência de uma locomotiva fica limitada apenas pelo gabarito e pela resistência da via permanente. Já se projetou na França uma locomotiva a vapor, que, com os recursos atuais, é capaz de desenvolver uma potência de 6.000 H. P., o que permite rebocar, em trecho nivelado, 1.000 toneladas, com uma velocidade de 150 quilômetros por hora!

83. **Rendimento** — A potência da locomotiva a vapor seria muito mais elevada se todo o calor fornecido fôsse integralmente transformado em trabalho. Assim, uma locomotiva com 5 metros quadrados de superfície de grelha, queimando, por metro quadrado e por hora, 600 quilogramas de um carvão com poder calorífico de 7.500 calorias, desenvolveria teoricamente uma potência superior a 35.000 H. P. Entretanto, isto não acontece; na prática, a potência desta locomotiva será bem inferior.

A relação entre o resultado obtido e o resultado teórico previsto, é o que se chama **rendimento**. Se **Q** fôr o número de calorias fornecido e **T** o trabalho conseguido em quilogrâmetros, o rendimento será expresso pela fórmula:

$$R = \frac{T}{Q \times 425}$$

(425 é o equivalente mecânico da caloria; 1 cal = 425 quilogrametros).

O rendimento total R de uma locomotiva a vapor depende de vários fatores.

Em primeiro lugar o calor fornecido pela combustão não é integralmente utilizado na vaporização da água da caldeira; uma parte se perde por irradiação e aparece aí o primeiro fator influente no rendimento total: o rendimento térmico (relação entre o calor utilizado pela vaporização e a quantidade total fornecida).

O rendimento total depende também do rendimento do motor. O calor do vapor não é totalmente transformado em trabalho; o vapor no escapamento contém ainda uma quantidade acentuada de calor. Este rendimento atingirá o seu valor má-

ximo pela fórmula $\frac{t - t'}{t + 273}$; onde t e t' são as temperaturas

do vapor, em graus centígrados, na admissão e no escapamento. Este rendimento sofre redução devido aos fenômenos de ação de parede, laminagem, perdas de cargas, espaços nocivos, etc.

Por outro lado, o trabalho realizado pelo vapor não é totalmente empregado em movimentar a locomotiva; uma parte é utilizada no acionamento dos diversos mecanismos, aparecendo assim um terceiro rendimento parcial, o rendimento mecânico.

Sintetizando em R o rendimento final da locomotiva e denominando r' , r'' e r''' os três rendimentos parciais descritos, tem-se:

$$R = r' \times r'' \times r'''$$

Na procura de melhoria para o rendimento total R , deve-se procurar melhorar os rendimentos parciais r' , r'' e r''' .

Quanto ao rendimento mecânico (r'''), tem-se modernamente obtido para o mesmo, valores próximos da unidade, em virtude dos processos atuais de ajustagem dos mecanismos e da sua lubrificação.

O rendimento térmico (r') pode ser melhorado com uma disposição mais adequada do feixe tubular, com um sistema de

escapamento que melhor regularize a tiragem e com superaquecedores mais modernos.

No rendimento do motor (r'') influem vários elementos, como já foi visto. Modernamente tem-se procurado atenuar a influência de cada um daqueles elementos. Examinando-se a fórmula

teórica $r'' = \frac{t - t'}{t + 273}$, vê-se que, para aumentar r'' , deve-se ou

aumentar a temperatura t do vapor admitido ou diminuir a temperatura t' do vapor de escapamento. Para se conseguir um aumento do vapor admitido nos cilindros, recorre-se ao seu superaquecimento que nos dias atuais já atingiu os 400° e parece que um valor ainda mais elevado será conseguido graças aos progressos obtidos na técnica de construção dos superaquecedores e às novas formas de lubrificantes.

A. redução da temperatura do vapor de escapamento, abaixo daquela conseguida no escapamento livre usual, pode ser obtida com a utilização de condensadores, mas isto exige o emprêgo de tiragem artificial com ventiladores; neste caso, melhor seria se a locomotiva fôsse acionada à turbina.



Trilhos do Rio

CAPÍTULO XI

TIPOS DE LOCOMOTIVAS

84. **Considerações gerais** — Para apreciar, de uma maneira geral, os numerosos tipos de locomotivas, é bom lembrar-se das principais qualidades que se procuram nestas máquinas.

Da caldeira depende a quantidade de vapor que pode ser produzido e, por conseguinte, a força que desenvolverá a locomotiva munida de um mecanismo apropriado.

Na caldeira, são as dimensões do aparelho de combustão que determinam a quantidade de calor produzido; êste aparelho é caracterizado principalmente pela superfície da grelha.

As seções de passagem do ar e dos gases quentes e a disposição do escapamento têm também uma grande importância.

Uma vez produzido o calor, é preciso empregá-lo na vaporização da água, o que exige uma superfície de aquecimento suficiente, ou seja, mais ou menos 75 vezes a superfície da grelha.

Mas os limites restritos de peso e de dimensões impostos às locomotivas impedem, muitas vezes, de realizar esta proporção, principalmente se a grelha for muito grande. Uma parte desta superfície, nas locomotivas modernas, serve para superaquecer o vapor.

Os cilindros são calculados conforme o diâmetro das rodas motoras, para que o esforço motor possa atingir um valor determinado; a caldeira deve facilmente alimentá-los.

O peso aderente deve estar em relação com o esforço motor que pode desenvolver a máquina.

A carga admissível por eixo depende da resistência das vias; embora a fixação da carga máxima comporte um certo arbitramento, constata-se limites diferentes, apesar das condições equi-

valentes. Estes limites entretanto foram aumentados com o reforço das vias. Nas principais linhas francesas, não passa muito de 18 t por eixo; na Inglaterra a carga é, às vezes, de 20 t; atinge 25 t e mesmo 30 t, nos Estados Unidos da América do Norte.

Estes limites de carga não dependem somente da resistência das vias, mas também daquela das obras de arte; antigas e pequenas pontes não permitem o aumento do peso por eixo.

A maior ou menor distância entre eixos fortemente carregados entram também em consideração com referência a estas obras.

Nesta ordem de idéias considera-se o peso médio da máquina por metro de comprimento.

O bom rendimento da máquina, a facilidade de circulação nas curvas e nas linhas médias, a importância dos movimentos parasitas, tais como o lacet e o galopo, são qualidades de outra ordem, que adquirem uma extrema importância para as locomotivas destinadas a grandes velocidades; estas são as qualidades que garantem a segurança e que exigem, para serem desenvolvidas o quanto possível, a maior habilidade da parte dos construtores.

Algumas máquinas, entre os tipos antigos, pecam um pouco por este esquecimento: uma atenção especial para não ultrapassar as velocidades convenientes é então necessária.

Uma vez preenchidas as condições principais da produção e do emprego do vapor e da estabilidade, o construtor da locomotiva deve fazê-la simples, forte e cômoda. Não perderá jamais de vista as condições do serviço pedidas a este gênero de máquinas.

Evitando toda a complicação, sacrificando todo o órgão que não fôr indispensável, reduz-se a possibilidade de avarias, facilita-se a manutenção e a condução da máquina. E' conveniente que a vistoria, a lubrificação e a limpeza sejam facilitadas. Os órgãos de manobra devem ser habilmente agrupados, a fim de que os pilotos os encontrem sempre à mão.

A instalação destinada ao pessoal deve ser confortável.

As locomotivas devem apresentar-se com a elegância e simplicidade de formas que convém aos objetivos da mecânica; o maquinista fica à vontade, o serviço é facilitado e os acidentes são raros.

Mas não perdendo de vista estas qualidades na comparação das máquinas e principalmente na construção de novas locomotivas, é necessário tirar proveito de tôdas aquelas de que se pode dispor e não desdenhar as velhas máquinas que prestaram tantos serviços, quando se vê outras, mais poderosas, mais belas e mais cômodas.

85. **Classificação dos tipos** — A classificação mais usual dos diversos tipos de locomotivas consiste em mencionar o número de rodas motoras e a disposição das rodas suportadoras.

Assim 4 — 4 — 2 designa uma locomotiva com **quatro** rodas suportadoras à frente, isto é, com um truque de guia, **quatro** rodas motoras, ou sejam, dois eixos motores e **duas** rodas suportadoras atrás, isto é, um eixo suportador.

O tipo designado por 2 — 8 — 0 representa uma locomotiva com um eixo suportador à frente da máquina (2 rodas), quatro eixos motores (8 rodas) e nenhum eixo suportador atrás.

Algumas disposições clássicas dos eixos motores e suportadores consagraram certos nomes de locomotivas e são conhecidos os tipos: Mikado, Pacific, Consolidation, Ten-wheel, Prairie, Americano, Santa-Fé, Montanha, Ten-Coupled, etc.

Os quadros das páginas seguintes apresentam as disposições usuais de eixos motores e suportadores com o nome usual do tipo da locomotiva.

Trilhos do Rio

Locomotivas simples

<i>Esquema da disposição dos eixos</i>	<i>Designa- ção anglo- americana</i>	<i>Tipos</i>
<i>Frente</i> ○○○○	4-4-0	<i>American</i>
○○○○○	2-4-2	<i>Columbia</i>
○○○○○	4-4-2	<i>Atlantic</i>
○○○○○○	4-4-4	<i>Double Ender</i>
○○○	0-6-0	<i>Bourbonnais</i>
○○○○	2-6-0	<i>Mogul</i>
○○○○○	4-6-0	<i>Ten-wheeler</i>
○○○○○	2-6-2	<i>Prairie</i>
○○○○○	4-6-2	<i>Pacific</i>
○○○○○○	2-6-4	<i>Adriatic</i>
○○○○○○	4-6-4	<i>Baltic</i>
○○○○○	0-8-0	<i>Eightcoupled</i>
○○○○○	2-8-0	<i>Consolidation</i>
○○○○○○	4-8-0	<i>Twelve-wheeler</i>
○○○○○	2-8-2	<i>Mikado</i>
○○○○○	4-8-2	<i>Mountain</i>
○○○○○	0-10-0	<i>Tencoupled</i>
○○○○○	2-10-0	<i>Mastodon, Dekapod</i>
○○○○○	2-10-2	<i>Santa-Fé, Lorraine</i>
○○○○○○	2-12-2	<i>Javanic</i>

Locomotivas duplas

<i>Esquema da disposição dos eixos</i>	<i>Designação anglo-americana</i>	<i>Tipos</i>
<i>Frente</i> ○○+○○	0-4+4-0	Mallet, Meyer, Garratt
○○○+○○	2-4+4-0	Mallet
○○○+○○○	0-6+6-0	Mallet, Mayer, Garratt
○○○○+○○○	2-6+6-0	Mallet
○○○○+○○○○	2-6+6-2	Mallet, Mayer, Garratt
○○○○+○○○○	0-8+8-0	Mallet, Mayer, Garratt
○○○○○+○○○○○	2-8+8-0	Mallet
○○○○○+○○○○○	2-8+8-2	Mallet, Mayer, Garratt
○○+○○+○○+○○	0-4+4+4-0	Shay

Trilhos do Rio

APÊNDICE

NOMENCLATURA DA LOCOMOTIVA

LONGERÕES

Longerão
Guia das caixas de graxa
Parafuso de fixação das guias
Travessa de amar. dos longer.
Cantoneiras das trav. amarraç.
Rebites das trav. e cantoneiras
Cunha das caixas
Paraf. de graduação das cunhas
Pedestal
Telha da caixa de graxa
Travessa do pedestal
Parafuso da travessa
Suporte da caldeira
Parafusos do suporte
Rebites do suporte
Peão
Chapa de suspensão do peão
Cantoneira da chapa
Rebites da chapa e cantoneira
Parafusos de chapa
Parafusos de fixaç. do peão
Canga dos paralelos
Refôrço da canga
Cantoneira da canga
Parafusos da canga
Rebites da canga
Consólo do estrado
Cantoneiras do consólo
Parafusos do consólo
Rebites do consólo

RODEIROS

Eixo
Chaveta de fixaç. rodas motor.
Chaveta de fixaç. rodas motriz.
Anel de cubação
Parafusos dos anéis
Camba das rodas
Furo para o eixo
Furo para o pino motor

Aro
Pino motor
Pino motriz
Arruela dos pinos
Porca dos pinos

CAIXAS DE GRAXA

Caixa de graxa
Contra caixa
Pino da contra caixa
Castanha para a mola
Tampa da caixa
Bronze
Metal patente

JOGO DE GUIA

Eixo
Camba
Aro
Anéis de cubação
Chapa lateral
Travessa de amarração
Tirantes de amarração (c. porc.)
Cantoneiras da trav. de amarraç.
Chapa da trav. de suporte do berço
Refôrço da cantoneira
Parafusos do refôrço
Parafusos da cantoneira
Suspensório do berço
Pino inferior do suspensório
Pino superior do suspensório
Contrapino
Berço
Calço do berço
Pino do peão
Chaveta do pino do peão
Guias das caixas de graxa
Parafusos das guias
Caixa de graxa
Contra caixa
Cavilha da contra caixa

Tampa de caixa de graxa
Bronze
Metal patente
Travessa do pedestal
Parafusos das travessas
Barra de equilíbrio
Parafusos de graduação da barra
Suspensório
Pino do suspensório
Contrapino do suspensório
Molas
Suporte
Pino do suporte
Parafusos de fix. do suporte
Parafusos de fix. do pino

CILINDROS E CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO

Cilindro motor
Parafusos de fix. do cilindro
Camisa do cilindro
Tampa traseira
Tampa da frente
Estôjo da tampa
Porca dos estojos
Parafusos do fôrro
Sobreposta do cilindro
Baga da sobreposta
Baga direita da sobreposta
Cachêta de amianto
Estôjo da sobreposta
Porcas dos estojos
Revestimento
Fôrro de revestimento
Espelho
Calço do espelho
Parafuso do calço
Caixa de distribuição
Juntas da caixa
Estôjo da caixa
Sobreposta
Estôjo da sobreposta
Porcas dos estojos
Baga da sobreposta
Baga dianteira da sobreposta
Tampa da caixa de distribuição
Junta da tampa
Fôrro da caixa
Parafusos do fôrro

ÊMBOLOS E VALVULAS DE DISTRIBUIÇÃO

Êmbolo
Anéis do segmento
Haste do êmbolo

Porca da haste
Contrapino da haste
Válvula
Quadro da válvula
Porca da haste
Guia da haste
Suporte da guia
Bucha do suporte
Copo de lubrificação
Parafusos do suporte

PARALELOS E CRUZETA

Castanha traseira
Paralelos
Parafusos da castanha
Estôjo do paralelo
Porcas dos estojos
Parafusos do paralelo
Copos de lubrificação
Calços do paralelo
Cruzeta
Sapata da cruzeta
Chaveta haste do êmbolo
Castanha da graduação
Parafuso da castanha
Calço do parafuso
Bronze

PUXAVANTE E BRAÇAGENS

Cabeça n.º 1:
Pino conector
Porcas do pino
Arruela do pino
Garfo do pino conector
Cabeça n.º 2:
Estropo
Parafuso de fix. do estropo
Chaveta
Parafuso de grad. da cunha
Parafuso de pressão da chaveta
Calço da chaveta
Bronze
Sifão de lubrificação
Tampa do copo de lubrificação
Cabeça dianteira:
Braço de conexão
Bucha
Arruela da bucha
Parafuso de pressão da bucha
Sifão de lubrificação
Tampa do copo de lubrificação

MOVIMENTO (externo)

Manivela do excêntrico
Parafuso de apêto da manivela
Parafuso de fixação da manivela

Pino da manivela
 Arruela
 Porca
 Contrapino
 Barra do excêntrico
 Bucha da barra do excêntrico
 Parafuso de pressão da bucha
 Sifão lubrificador
 Tampa do copo
 Pino da barra do excêntrico
 Porca
 Contraporca
 Quadrante de oscilação
 Eixo do quadrante
 Porcas
 Rebites de fix. eixo do quadr.
 Bucha do quadrante
 Suporte do quadrante
 Parafuso do suporte
 Bucha do suporte
 Sifão de lubrificação
 Tampa do copo
 Cepo (ou dado)
 Presilha da mecha de lubrific.
 Pino do cepo c/ a barra radial
 Contrapinos cônicos
 Barra radial
 Pino de suspensão
 Porcas
 Chavetas
 Pino de artic. c/ a barra de comb.
 Porcas
 Suspensórios da barra radial
 Bucha
 Pino de art. c/a pena
 Porcas
 Tampa do copo de lubrificação
 Alavanca de combinação
 Bucha
 Pino de artic. c/a guia da haste
 Contrapino cônico
 Pino de artic. c/ a barra de oscilaç.
 Porcas
 Chavetas
 Barra de oscilação (bracinho)
 Bucha
 Pino de ligação c/ a cruzeta
 Arruela
 Porcas

MUDANÇA DE MARCHA

Alavanca de marcha
 Chapas de sup. de alav. de marcha
 Rebites
 Parafusos

Punho
 Pinos do punho
 Contrapino
 Barra-lingüeta
 Guia da lingüeta
 Parafusos da guia
 Mola
 Pino de fix. da mola
 Pino do suporte da alavanca
 Porcas
 Buchas
 Pino de ligação c/ a barra
 Porcas
 Buchas
 Setor dentado
 Calço
 Parafusos
 Porcas
 Barra de marcha
 Bucha da barra
 Eixo de marcha
 Manivela do eixo de marcha
 • Pinos de artic. c/ a barra
 Pino da manivela
 Chaveta da manivela
 Mancal do eixo de marcha
 Bucha do mancal
 Parafusos de fix. do mancal
 Pena
 Chaveta da pena
 Contrapino cônico

EQUILIBRIO

Balança de equilíbrio
 Suporte da bal. de equilíbrio
 Bucha do suporte
 Parafuso de fixação
 Pino da balança
 Contrapino
 Bucha da balança
 Suspensório de graduação
 Arruela do suspensório
 Porca
 Contraporca
 Pino do suspensório
 Contrapino
 Castanha do suspensório
 Pino da castanha
 Suporte da castanha
 Rebites
 Mola
 Pino central da mola
 Contrapino

FREIOS COM APARELHOS

Ejetor	Mangueira
Manipulador	Bocal da mangueira
Disco de ar	Braçadeira da mangueira
Válvula auxiliar	Descanso da mangueira
Sede superior da válvula	Braçadeira do descanso
Alavanca da válvula auxiliar	Arruelas de junção
Pino de articulação da alavanca	Reservatório de ar
Porca do eixo de manobra	Cano de ligação do reservatório ao tubo geral
Mola do eixo de manobra	Porcas de junção
Excêntrico de comando do cônico grande	Cilindro de vácuo
Haste da válvula de vapor	Êmbolo
Válvula de vapor	Tampa do cilindro
Mola da válvula de vapor	Junta de vedação da tampa
Tampa da válvula de vapor	Parafuso da tampa
Porca de guia da válvula	Haste do êmbolo
Sobreposta da haste da válvula	Sobreposta da haste
Baga da sobreposta	Estôjo da sobreposta
Macho de vapor	Bucha de guia da haste do pistão
Válvula do macho	Disco de fixação da haste com o êmbolo
Manípulo do macho	Parafuso do disco
Sobreposta do macho	Anel de borracha
Baga da sobreposta	Válvula de escapamento
Sede da válvula	Válvula esférica
Cônico traseiro do pequeno ejtor	Estôjo de fixação da caixa da válvula de escapamento
Tampão do pequeno ejtor	Diafragma da válvula de escapam.
Cônico da frente	Anel de assento da válvula de escapamento
Tampão do grande ejtor	Parafusos da tampa
Bocal do cônico da frente	Tampa da haste manual
Cônico traseiro do grande ejtor	Junta da tampa
Cônico da frente do grande ejtor	Suporte do cilindro
Bocal do cônico da frente	Parafusos do suporte
Cônico de escapamento	Mangueira do cilindro
Tubo de descarga	Eixo de alavancas
Válvula de retenção	Suspensórios da haste do êmbolo
Tampão-guia da válv. de retenção	Pino do suspensório
Válvula de redução	Freio manual
Guia da válvula de retenção	Suspensório do freio manual
Cobertura da válvula de redução	Pino do suspensório
Válvula de escapamento	Parafuso
Porca p/ gaxeta da haste da valv.	Luva com porca
Manípulo da válvula	Manivela
Pino do manípulo	Coluna do freio manual
Porca de junç. do cond. de vapor	Suporte inferior da coluna
Conduto de vapor	Suporte superior da coluna
Porca de junção do cano de descarga	Parafuso de fixação do suporte
Cano de descarga	Tirantes:
Porca de junção do tubo geral	Tirante de graduação do freio a vácuo
Tubo geral vertical	Luva do tirante
«T» do tubo geral	Contraporca da luva
Tubo geral horizontal	Pino do tirante
Cotovêlo	Travessa do freio
Tubo de mangueira	
Cotovêlo da mangueira	

Arruela
Contrapino
Garfo de gradação da travessa
Pino do garfo
Contrapino
Alavanca do tirante
Tirante fixo
Pino
Contrapino
Suspensório das sapatas
Bucha do suspensório
Suporte do suspensório
Contrapino
Rebites de fixação
Sapatas
Pino da sapata

TESTEIRAS

Chapa da testeira
Cantoneiras da chapa
Rebites da cantoneira
Travessa de madeira
Parafusos da travessa
Chapa de suspensão do estribo
Parafusos
Estrado de madeira
Consólio do limpa-trilho
Travessa superior do limpa-trilho
Quadro inferior do limpa-trilho
Chapa do quadro
Montantes
Tirantes de ferro
Pegador
Parafusos do pegador
Esperas do limpa-trilho
Apoio central do limpa-trilho
Parafusos
Estribo lateral
Parafusos do estribo
Pára-choques
Parafusos fix. dos pára-choques

CALDEIRA-FORNALHA E CINZEIRO

Porta da fornalha
Guarda-fogo
Piños do guarda-fogo
Fechos da porta
Braçadeiras do fecho
Parafusos centrais do fecho
Trinco do fecho (fechamento)
Trinco do fecho (abertura)
Dobradiça da porta
Suporte da dobradiça
Pino da dobradiça

Contrapino
Aro da porta
Chapas da fornalha:
Chapa do céu
Chapa lateral
Chapa da porta
Placa tubular
Quadro da fornalha
Chapas da caixa da fornalha
Estais radiais
Estais do céu da fornalha
Tirantes verticais
Bujões de visita
Bujões fusíveis
Rebites da fornalha
Grelhas
Suporte da grelha
Parafusos do suporte da grelha
Cinzeiro:
Estojes de fixaç. do cinzeiro
Porcas dos estojes
Cantoneiras do cinzeiro
Chapas
Porta dianteira do cinzeiro
Porta traseira do cinzeiro
Dobradiça da porta
Travessa de susp. da porta
Presilha do movim. do cinzeiro
Tirantes do movim. do cinzeiro
Parafusos
Rebites

CALDEIRA-CORPO CILINDRICO

Chapa do corpo cilíndrico
Placa tubular
Estais longitudinais
Tubos de fumaça
Cúpula (ou domo)
Base da cúpula
Parafusos da cúpula
Tampa da cúpula
Parafusos da tampa
Juntas da cúpula
Enfeite da cúpula
Rebites
Revestimento de amianto
Fôrro
Cintas do fôrro
Alças da cinta
Parafusos das cintas

CALDEIRA-CAIXA DE FUMAÇA

Aro
Chapa da caixa de fumaça
Taramela de fixação da porta

Estojos
 Porcas
 Portinhola de visita
 Tampa da portinhola
 Parafusos
 Corrente
 Dobradiça da porta
 Olhal da dobradiça
 Pinos da dobradiça
 Rebites da dobradiça
 Portas da caixa de fumaça
 Guarda-fogo
 Pinos
 Placa de número
 Parafusos de fixação da placa
 Rebites da caixa de fumaça
 Chaminé:
 Base da chaminé
 Corpo da chaminé
 Capitel
 Parafusos
 Defletor:
 Defletor fixo
 Cantoneiras do defletor
 Parafusos da cantoneira
 Defletor regulável
 Parafusos do defletor regulável
 Detentor:
 Cantoneiras de apoio de detentor
 de fagulhas
 Chapa do detentor
 Cantoneira de contorno da tela
 Tela
 Parafusos do detentor
 Bifurcação do vapor
 Junta da bifurcação
 Parafusos de fixação da bifurc.
 Conduto do vapor
 Flange superior
 Flange inferior
 Anel de vedação
 Parafusos de fixação
 Estojos de fixação
 Escapamento
 Base da col. de escapamento
 Coluna do escapamento
 Bocal
 Parafusos
 Estojos
 Descarga de cinza
 Parafusos de fixação
 Portinhola de descarga
 Dobradiça da portinhola
 Pinos da dobradiça

ALIMENTAÇÃO

Injetor:
 Cano de vapor
 Porca de junção do cano
 Cano de alimentação
 Porca de junção
 Cano de descarga
 Porca de junção
 Cano de introdução
 Porca de junção c/ o injetor
 Válvulas de junção c/ a caixa da
 válvula de introdução
 Válvula de introdução
 Caixa da válvula
 Tampa da caixa
 Alavanca de comando
 Barra de ligação da alavanca
 Pino da barra de ligação
 Haste do macho
 Cabeça da haste
 Guia da haste
 Porca da haste
 Pino
 Contrapino
 Bocal do sifão
 Espiga do sifão
 Cone convergente
 Cone de mistura
 Cone divergente
 Válvula de retenção
 Válvula de prova
 Excêntrico da válvula de prova
 Pino do excêntrico
 Válvula de graduação da água
 Macho da válvula
 Guia do macho
 Volante do macho de graduação
 Gaxeta metálica
 Pino da gaxeta

TOMADA DE VAPOR

Regulador
 Alavanca
 Punho
 Guia da lingüeta
 Lingüeta
 Setor
 Pino do setor c/ a alavanca
 Contrapino
 Braço de apoio da alavanca
 Pino do braço de apoio
 Contrapino do braço de apoio
 Suporte de fixação do braço
 Pino do suporte

Contrapino do suporte
Chaveta da haste
Contrapino da chaveta
Sobreposta do regulador
Bucha da sobreposta
Estôjo da sobreposta
Porca do estôjo
Haste do regulador
Garfo da haste
Contraporca do garfo
Manivela do regulador
Pino da manivela
Contrapino
Tirante do regulador
Porcas do tirante
Contrapino
Válvula
Tubo da válvula
Parafusos de junção do tubo c/ o
conduto de vapor
Conduto de vapor
Junta de vedação

APARELHOS DE LUBRIFICAÇÃO E ILUMINAÇÃO

Aparelho lubrificador
Cano do vapor
Porca de junção
Válvula de vapor
Guia da válvula
Bujão de encher
Torneira do condensador
Guia da torneira
Porca da guia
Vidro da câmara de condensação
Arruela do vidro
Torneira de purgação
Bico de escoamento
Macho de graduação
Guia do macho
Porca
Junção do aparelho ao cano de ali-
mentação
Torneira de purgação
Estôjo de fixação
Cano de alimentação
Porca de junção do cano na caixa
de distribuição
Válvula redutora de óleo
Cano de descarga
Braçadeira de fixação da válvula
redutora de óleo
Aparelho de iluminação
Cano de tomada de vapor
Porca de junção
Turbina de vapor

Suporte da turbina
Cano de descarga
Tomada de corrente
Chave geral
Caixa da chave geral
Soquetes para lâmpada
Conduto do fio para o farol dian-
teiro
Fio do farol da frente
Conduto do fio para o farol traseiro
Fio do farol traseiro
Farol da frente
Suporte do farol da frente
Porta
Respiradouro
Refletor
Suporte do refletor
Vidro
Soquete da lâmpada
Farol traseiro
Suporte do farol
Porta
Respiradouro
Refletor
Suporte do refletor
Vidro
Soquete da lâmpada
Fio elétrico
Lâmpada

APARELHOS DE CONTROLE E SEGURANÇA

Válvula de segurança:
Espiga de fixação da válvula
Base da válvula
Válvula
Mola da válvula
Apoio da mola
Tampa da válvula
Parafuso de graduação
Porca de graduação
Arruela de graduação para descarga
Parafuso de fixação da arruela
Manômetro de vapor:
Suporte do manômetro
Parafuso de fix. na caldeira
Suporte da lâmpada
Vidro do manômetro
Guarnição do vidro
Ponteiro
Mostrador
Engrenagem
Setor dentado
Haste de ligação
Parafuso de graduação

Tubo flexível
 Tampa traseira
 Junção do man. c/ o cano vapor
 Junção do man. c/ o cano de vácuo
 Parafusos de junção
 Porca de junção
 Parafusos
 Pinos
 Junções do manômetro c/ canali-
 zações
 Indicador de nível
 Tubo de vidro
 Tubo protetor
 Porca da parte superior do tubo
 Baga da parte superior do tubo
 Porca da parte inferior
 Cano superior
 Cano de purgação

TORNEIRAS E VALVULAS

Tomada geral de vapor
 Bifurcação da tomada geral
 Torneira de descarga da caldeira
 Ligação da torneira de descarga
 Caixa da torneira de descarga
 Macho da torneira de descarga
 Arruela
 Porca
 Torneira do tanque de água
 Bujão de descarga do tanque
 Torneira de purgação do cilindro
 Válvula da torneira de purgação
 Barra de comando da válvula
 Torneiras de vapor na cabina (ma-
 nômetro, indicador de nível, inje-
 tores, ejetor de vácuo, aparelho
 lubrificador)
 Torneira de prova (turbo-gerador)
 Ventilador
 Caixa da torneira
 Macho da torneira
 Volante
 Guia do macho
 Porca da guia
 Baga
 Porca de junção c/ o cano vapor

ACESSÓRIOS DA LOCOMOTIVA

Ventilador:
 Cano do ventilador
 Porca de junção na torneira
 Porca de junção na cx. fumaça
 Arruela de junção
 Luva de união dos canos
 Cotovêlo

Cano de jato de vapor
 Braçadeira do cano
 Areeiro:
 Base
 Corpo
 Cúpola
 Tampa
 Válvula
 Manivela da válvula
 Barra de ligação da válvula
 Alavanca da manivela
 Barra da alavanca
 Punho da alavanca
 Cano do areeiro
 Flange do cano
 Junta da flange
 Braçadeira do cano
 Apito:
 Cúpula do apito
 Porca da cúpula
 Haste da cúpula
 Disco
 Base do apito
 Válvula
 Alavanca da válvula
 Pino da alavanca
 Corda do apito
 Parafuso de fixação da corda
 Purgação dos cilindros:
 Alavanca de purgação
 Suporte de purgação
 Parafuso do suporte
 Pino do suporte
 Barra da alavanca de purgação
 Pino de articulação da alavanca c/
 alavanca da barra
 Pino de articulação da barra c/ a
 manivela principal
 Manivela principal
 Manivela inferior
 Contrapino da manivela inferior
 Eixo de manivelas
 Mancal do eixo
 Parafuso do mancal
 Haste de comando da barra
 Pino da manivela inferior c/ a haste
 Parafusos de fixação da haste na
 barra
 Barra de comando das torneiras
 Estrado:
 Cantoneiras do estrado
 Chapa do estrado
 Parafusos do estrado
 Chapa do guarda-lama
 Parafusos da chapa
 Rebites

Corrimão
Suporte do corrimão
Porca do suporte
Bola de enfeite
Pino da bola de enfeite

CABINA E DEPÓSITO DE ÁGUA E CARVÃO

Chapa da frente da cabina
Chapa lateral da cabina
Cantoneira
Caixilho da janela de frente
Vidro protetor
Corrediça do caixilho
Guarnição da cabina
Caixilho da janela traseira
Vidro protetor
Corrediça do caixilho
Grade protetora do vidro
Cantoneira do teto
Fôrro de madeira
Fôrro de zinco
Calha
Corrimão:
Haste do corrimão
Porca da haste
Suporte do corrimão
Parafuso do suporte
Caixa de ferramentas:
Chapa da tampa
Dobradiça da tampa
Fecho
Trinco
Caixa de madeira
Tampa da caixa
Fôrro
Dobradiça

CABINA E DEPÓSITOS DE ÁGUA E CARVÃO

Fecho
Trinco
Estribo:
Cantoneira do estribo
Chapa do estribo
Parafuso da cantoneira
Degraus
Rebites
Depósito de carvão
Chapa lateral
Cantoneira da chapa
Fôrro da grade
Parafuso da grade
Suporte do lampião de sinal
Parafuso do suporte
apoio do lampião
Tampa da caixa de carvão
Corrediça da tampa
Alça da porta
Tábua de retenção do carvão
Cantoneiras de guia das tábuas
Chapa lateral
Depósito de água:
Cantoneira da chapa
Guarnição
Portinhola de inspeção do movimento
Dobradiça da portinhola
Trinco
Tampa do depósito de água
Cantoneira de reforço da abertura
Alça da tampa
Cano de ligação dos tanques
Junta do cano de ligação
Parafuso de fixação do cano
Monograma
Parafusos do monograma

Filhos do Rio

ÍNDICE ALFABÉTICO

(os números se referem às páginas)

A

Aderência, 151
Ajustamento da distribuição, 93
Ajustamento de uma distribuição
 Stephenson, 96
Ajustamento de uma distribuição
 Walschaert, 99
Alavanca manual, 91
Alimentação de água, 34
Alimentação de combustível, 33
Aparelhamento da caldeira, 33
Aparelhamento de inversão da marcha, 90
Aparelho de parafuso, 91
Aparelhos acessórios, 38
Aparelhos acionados a vapor, 92
Aparelhos de alimentação, 33
Aparelhos de contrôie e segurança, 35
Aparelhos de suspensão, 105
Aparelhos lubrificadores, 126
Apito, 41

B

Braçagens, 54
Bujões de descarga e de lavagem da caldeira, 39
Bujões fusíveis, 38

C

Caixa de distribuição, 70
Caixa de fogo, 14
Caixa de fumaça, 30
Caixas de graxa, 115
Caldeira, 13
Câmara de combustão, 16
Chassi, 103
Cilindros, 48
Cinzeiro, 22
Classificação dos tipos, 161

Combustão, 41
Condições de que depende o bom funcionamento da caldeira, 41
Considerações gerais (Tipos de locomotivas), 159
Constituição do corpo cilíndrico, 24
Contra-haste, 50
Corpo cilíndrico, feixe tubular e caixa de fumaça, 24
Corrediza de Allan, 79
Corrediza de Gooch, 79
Corrediza de Stephenson, 74
Cruzeta, 51

D

Diagrama do trabalho do vapor, 70
Disposição geral das locomotivas, 11
Disposições características (Mecanismo motor), 44
Distribuição com válvula, 101
Distribuição do vapor, 55
Distribuição Joy e Klose, 90
Distribuição Walschaert, 80
Distribuições com um excêntrico (outras), 90
Distribuidores, 65
Domo e regulador, 26

E

Eixos, 111
Êmbolo
Escolha dos lubrificantes, 125
Esfôrço de tração, 149
Esfôrço motor, 148

F

Fases da distribuição, 60
Feixe tubular, 27
Fornalha, 14, 15

176

Freio a ar comprimido, 138
Freio a contravapor, 133
Freio a vácuo, 136
Freio a vapor, 133
Freio manual, 131
Freios, 130
Freios (considerações finais), 145

G

Gavetas planas e cilíndricas, 65
Gaxetas, 50
Generalidades (Caldeiras), 13
Generalidades (Freios), 130
Generalidades (Veículos), 103
Grelhas, 20
Grelhas e cinzeiros, 20

H

Haste, 50
Histórico (Locomotivas a vapor), 9

I

Indicador do nível de água, 37
Injetor, 34
Inscrição do veículo nas curvas, 117
Inversão da marcha, 73

L

Ligação da caixa de fogo com a fornalha, 18
Ligação do corpo cilíndrico com a caixa de fumaça, 25
Ligação entre o corpo cilíndrico e a caixa de fogo, 25
Limpa-dores dos tubos de fumaça, 38
Locomotivas a vapor, 9
Lubrificação, 124

M

Manivela e contramanivela, 53
Manômetro, 36
Máquina a plena expansão, 58
Máquina a vapor, 55
Máquina com expansão, 59
Materiais utilizados (na confecção da caixa de fogo), 17
Mecanismo motor, 44
Método geral de ajustamento de uma distribuição, 95
Múltipla expansão, 47

N

Nomenclatura da locomotiva, 165

O

Objetivo da lubrificação, 124
Operações preliminares ao ajustamento da distribuição, 94

P

Porta da fornalha, 22
Potência, 155
Preaquecedor da água de alimentação, 40
Preaquecedor de ar, 41
Propriedades dos lubrificantes, 125
Puxavante, 53

Q

Quadro dos avanços, 95
Quadro geral das fases de distribuição, 64

R

Rendimento, 156
Resistências, 152
Rodas, 113

S

Sifão Nicolson, 39
Simples expansão, 44
Sistema com dois excêntricos (Inversão da marcha), 73
Sistema com um excêntrico, 80
Sistemas sem excêntrico, 90
Sistema Southern, 84
Superaquecedor, 29

T

Tênder, 122
Tipos de locomotivas, 159
Tipos de lubrificantes, 124
Tiragem, 42
Torneiras de provas, 37
Trabalho da locomotiva, 148
Tubos de fumaça, 27
Válvula de retenção, 35
Válvula de segurança, 36
Veículo, 103

