

**BIBLIOTECA
DE
INSTRUÇÃO
PROFISSIONAL**

**MANUAL
DO CONDUTOR
DE MÁQUINAS**



**LIVRARIA BERTRAND
LISBOA**

LIVRARIA BERTRAND, S. A. R. L.
LISBOA — COIMBRA — FARO

Composto e impresso na
IMPRESA PORTUGAL-BRASIL
R. da Alegria, 30—Lisboa

Est. 1 Tab. 6 N.º 62

MANUAL DO CONDUTOR DE MÁQUINAS

PREFÁCIO

Tratando-se da publicação de uma nova edição do **Manual do Condutor de Máquinas**, julgamos vantajoso modificar um tanto o texto da primeira edição, sem contudo alterar o plano geral a que ela obedeceu.

Assim, reduzimos quanto possível a matéria em tudo quanto se referia a aparelhos antiquados e hoje quasi fora de uso, ampliando-a em tudo quanto se refere a aparelhos modernos e assuntos que nos pareceram de maior interêsse.

Tendo-se tornado mais e mais frequente o emprego da *turbina*, que principalmente a seguir à apresentação dos trabalhos do inglês Parsons tomou uma feição inteiramente prática, pareceu-nos oportuna e vantajosa a edição de um novo capítulo tratando especialmente daquele género de motores, cujas vantagens sobre as máquinas alternativas julgamos inútil enca-
recer.

Nas máquinas marítimas, sobretudo quando se pretendem grandes velocidades, o que é o mesmo que dizer grandes potências, a máquina alternativa pode considerar-se quasi inteiramente banida, vendo-se em seu lugar a *turbina*.

Nas máquinas terrestres também o seu emprêgo se tem generalizado, assim como em algumas máquinas auxiliares.

Introduzindo as modificações apontadas, tivemos em vista tornar esta nova edição do **Manual do Conductor de Máquinas** mais moderna, mais completa e mais útil do que as anteriores e assim correspondermos ao benévolo acolhimento que tem sido dispensado ao nosso trabalho.

Carlos Pedro da Silva

Maquinista naval



INTRODUÇÃO

Quando nos propomos vencer uma *resistência*, temos que empregar uma *fôrça*, do que resulta o deslocamento do ponto de aplicação da *fôrça* na direcção em que ela foi aplicada.

O produto da *fôrça* pelo caminho percorrido pelo seu ponto de aplicação na direcção da *fôrça*, é o *trabalho da fôrça*.

Á capacidade de produzir trabalho chama-se *energia*.

Uma lei idêntica domina a matéria e a energia; assim como não se cria nem se destrói a matéria, assim não podemos aumentar, diminuir ou criar as diferentes formas sôb que a quantidade de movimento ou energia se apresenta na natureza, apenas podendo transformar essas formas umas nas outras.

Várias são as formas sôb as quais conhecemos a matéria (o ferro, o cobre, etc.); várias são também as formas da energia como sejam:

- a energia mecânica;
- a energia térmica;
- a energia química;
- a energia eléctrica.

As variadas transformações destas formas de energia são aproveitadas pelas indústrias, como vai vêr-se em alguns exemplos que melhor esclareçam o que acabamos de enunciar.

Uma massa de água descendo duma montanha para o vale, pode, por meio duma roda hidraulica, pôr em movimento as mós dum moinho. Possui, portanto, a água uma certa quantidade de energia. Chama-se *energia potencial* à forma particular de energia que a água possuía no cume da montanha, e quando a água descendo faz girar a roda hidraulica, é essa energia potencial que se transforma em trabalho ou energia mecânica.

Consideremos agora um pedaço de carvão que arde.

Sabe-se em que consiste o fenómeno da combustão; o carvão combina-se com o oxigénio do ar, produzindo ácido carbónico, e essa combinação é acompanhada de um considerável aumento de calor.

Como a água no cume da montanha, o sistema-carvão-oxigénio possuía uma certa energia potencial que, quando o carvão arde, se transforma em calor ou energia térmica. Essa energia potencial que o sistema carvão-oxigénio possuía antes da combustão, chama-se energia potencial química ou energia química.

S ponhâmos agora uma máquina de vapor accionando um dinamo empregado em iluminar uma oficina e observemos o que se passa:

1.º—O carvão arde produzindo uma certa quantidade de calor (a energia química transforma-se em energia térmica);

2.º—O calor assim obtido fornece-nos o vapor empregado em fazer mover os êmbolos, o que nos permite recolher um certo trabalho (a energia térmica transforma-se em energia mecânica);

3.º—O trabalho obtido é utilizado em fazer mover um dinamo que nos fornece uma corrente eléctrica (a energia mecânica transforma-se em energia eléctrica);

4.º—A corrente eléctrica passando através das lâmpadas produz luz que, qualquer que seja o sistema de lâmpadas empregado, é devida à incandescência de certos corpos levados a uma alta temperatura. Há, portanto, na lâmpada desenvolvimento de calor (a energia eléctrica transforma-se em energia térmica).

Para conseguirmos que os navios se movam no mar, as locomotivas sôbre os *rails*, as máquinas-fermentas nas oficinas, etc., precisamos dispor duma certa quantidade de energia que na maior parte dos casos é fornecida por um conjunto de aparelhos e maquinismos que são designados pelo nome genérico de *máquinas térmicas*; isto é, máquinas que transformam a energia térmica ou calor em energia mecânica, ou como se diz de um modo geral, em trabalho, potência ou mais imprópriamente em força.

O princípio essencial em que se fundam as máquinas térmicas por mais diferentes que pareçam os vários tipos usados (vapor de água, petróleo, a gás, ar quente, etc) é o seguinte: Certos corpos denominados *combustíveis*, como o carvão, a madeira, o gás de iluminação, etc., têm a propriedade de quando são queimados produzirem grande quantidade de calor. Esse calor transmite-se a corpos facilmente dilatáveis, como o ar, os gases, líquidos susceptíveis de se dilatarem, etc. Ao mesmo tempo que se dilatam aquecendo, esses corpos exercem uma certa pressão sôbre as paredes dos reservatórios que os contêm, pressão que se uma das paredes for móvel, a faz deslocar, produzindo um certo trabalho que por meio de maquinismos convenientes é transmitido onde queremos aproveitá-lo.

As máquinas térmicas, em que o corpo dilatável é a água, têm o nome de *máquinas de vapor de água*, ou simplesmente:

Máquinas a vapor

A máquina de vapor compõe-se essencialmente das partes seguintes:

1.^o— *Aparelho gerador*, composto por uma ou mais caldeiras onde a água é transformada em vapor que, passando pelo tubo condutor e separador, se dirige ao utilizador.

2.^o— *utilizador*, composto por um ou mais recipientes, onde se aproveita a acção do vapor para se obter um certo trabalho.

3.^o—o *transmissor* que é formado pelo conjunto das peças móveis que transmitem o movimento à ferramenta, às válvulas distribuidoras, às rodas motoras, propulsor, etc.

4.^o—o *operador*, que, como o próprio nome o indica, é formado pelos aparelhos que recebem e aproveitam o trabalho obtido no *utilizador*.

Em dois tipos perfeitamente distintos podem ser divididas as máquinas de vapor:

Máquinas alternativas, quando em consequência da acção do vapor, o utilizador recebe movimento rectilíneo alternado.

Máquinas rotativas, quando em consequência da acção do mesmo agente motor o utilizador recebe movimento circular contínuo.

Máquinas alternativas

Quere no mar, quere em terra, são variadíssimos os tipos empregados e por isso difícil se torna classificá-los em grupos distintos pela aparência. Podem todavia classificar-se de uma maneira geral sôb os seguintes pontos de vista:

Pressão do vapor a que funcionam;
Fim a que se destinam;
Forma de transmissão de movimento do êmbolo ao
veio motor;
Forma como se faz a condensação.

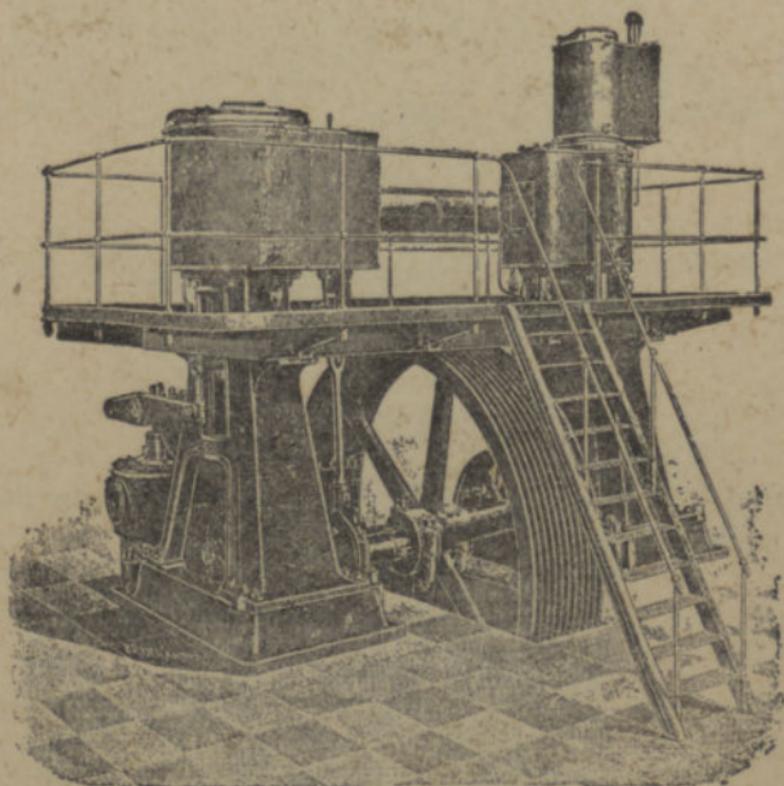


Fig 1 — Máquina fixa

Sôb o ponto de vista da pressão do vapor, as máquinas são de:

Baixa pressão, quando a pressão (1) no manómetro das caldeiras não exceder 15 a 20 libras;

(1) Pressão efectiva que é igual à pressão absoluta menos pressão atmosférica.

Média pressão, quando essa pressão está compreendida entre 15 e 50 libras.

Alta pressão, quando a pressão excede 50 libras.

Tendo em consideração o fim a que se destinam, são:

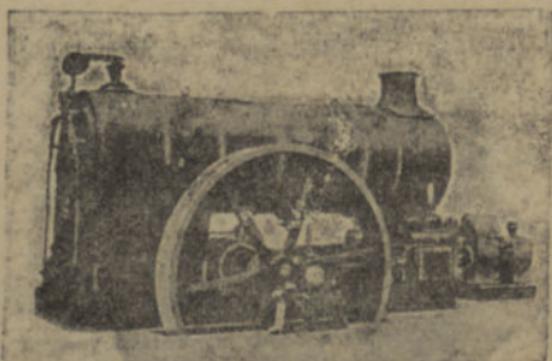


Fig. 2 — Máquina semi-fixa

Fixas, as que se fixam ao terreno com carácter definitivo, (fig. 1);



Fig. 3 — Máquina locomóvel

Semi-fixas, quando estão montadas sôb ou sôbre a caldeira fixa ao terreno, (fig. 2); empregam-se em pe-

que os motores cuja potência não exceda 60 cavalos, em oficinas, guindastes, guinchos, etc.;



Fig. 4 — Máquina locomotiva

Locomóveis, quando estão montadas sôbre a caldeira e esta sôbre rodas por forma a serem facilmente trans-

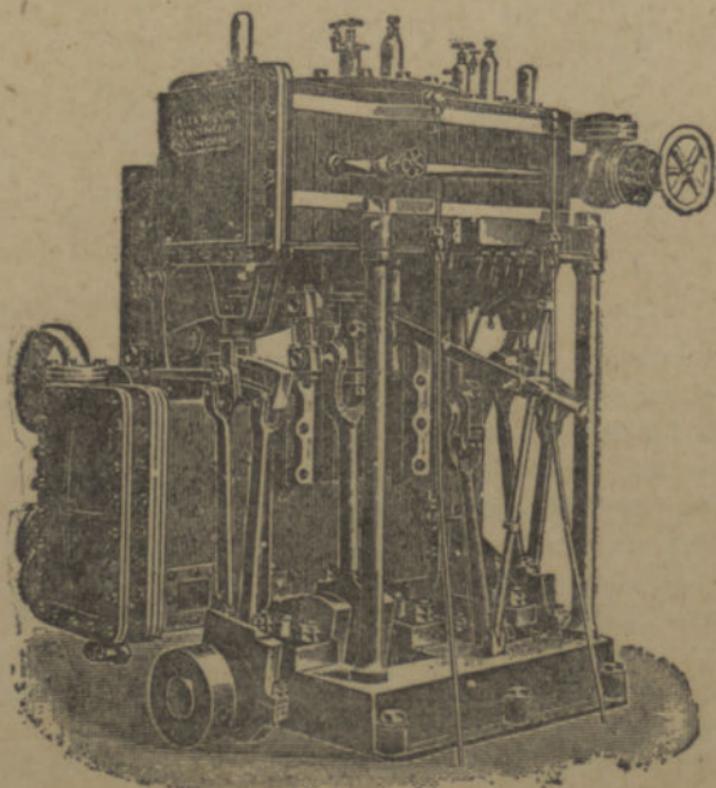


Fig. 5 — Máquina marítima

portáveis, como por exemplo as máquinas emprega-

das na agricultura, em instalações temporárias de luz eléctrica, etc., (fig. 3);

Locomotivas, quando se destinam a fazer andar vagões sobre rails, (fig. 4);

Marítimas, quando se destinam a fazer mover os navios, (fig. 5);

Sôb o ponto de vista da transmissão de movimento ao veio motor, as máquinas são:

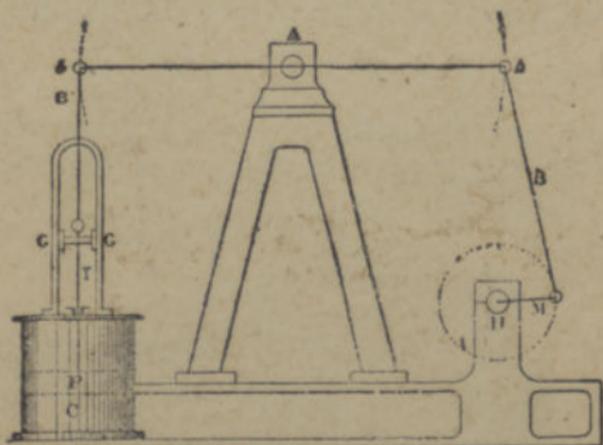


Fig. 6 — Máquina de balanceteiro

De balanceteiro, quando a transmissão do movimento do êmbolo P à manivela M se faz por intermédio de um balancete *bb*, (fig. 6);

Oscilantes, quando a haste T, do êmbolo P, articula directamente com a manivela M, e o cilindro se apoia sôbre dois munhões A, de eixo comum e perpendicular ao eixo do cilindro em tórno dos quais oscila, (fig. 7);

De tronco, quando a haste do êmbolo é substituída por um tubo F, que permite que o tirante B, articule no centro do êmbolo, (fig. 8);

De tirante directo, quando no prolongamento da haste T se acha o tirante B, que em seguida vai articular com a manivela M, (fig. 9) (é êste o sistema mais empregado);

De tirante invertido, quando o êmbolo P tem duas hastes TT muito compridas e o tirante B articulando

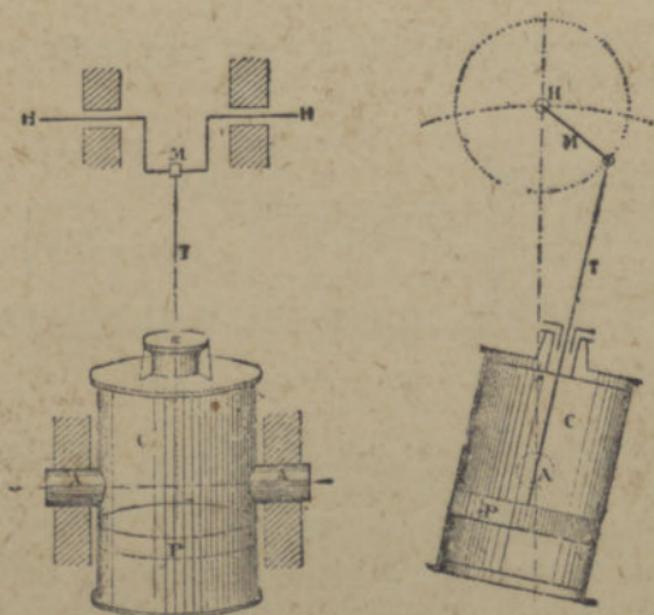


Fig. 7 — Máquina de cilindro oscilante

com a cruzeta disposta entre as duas hastes, vai

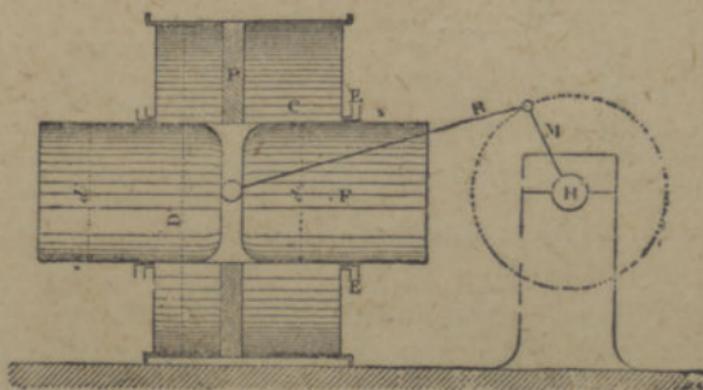


Fig. 8 — Máquina de tronco

articular à manivela M do veio motor, montado entre o cilindro e a cruzeta, (fig. 10).

Segundo a forma como se faz a condensação, as máquinas são :

Sem condensação, quando a evacuação se faz para a atmosfera;

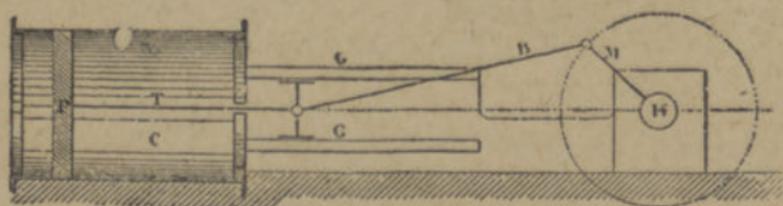


Fig. 9 — Máquina de tirante directo

Com condensação por mistura, quando a condensação se faz misturando o vapor com água fria o que determina a sua condensação.

Com condensação por superfície, quando o vapor se condensa sem se misturar com a água que produz o abaixamento de temperatura necessário para o fenómeno se produzir.

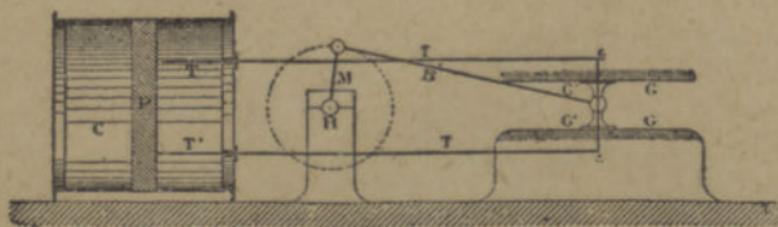


Fig. 10 — Máquina de tirante invertido

Assim classificadas, vamos agora ver de que aparelhos e maquinismos se compõe cada uma das três partes de uma máquina alternativa: gerador, utilizador e operador.

PARTE PRIMEIRA

CAPÍTULO I

Gerador

Caldeira, é o vaso metálico fechado, destinado a produzir a quantidade de vapor necessária ao funcionamento da máquina. Classificam-se tendo em vista a pressão que suportam, em *alta, média e baixa pressão*, conforme a classificação já empregada para as máquinas.

Quanto à sua forma, em caldeiras *paralelipédicas, cilíndricas, locomotivas e aquitubulares*.

As caldeiras paralelipédicas, (fig. 11), empregam-se

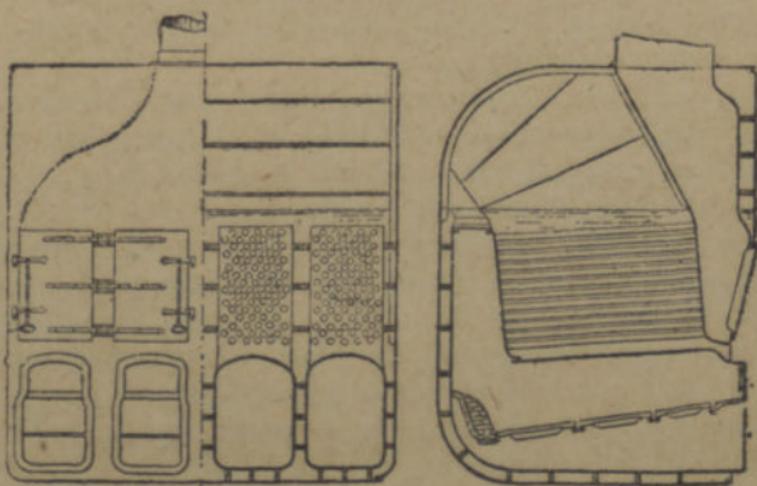


Fig. 11 — Caldeira paralelipédica

exclusivamente para baixa pressão e como tal estão hoje fora de uso; as caldeiras cilíndricas, (fig. 12) empregam-se em média a alta pressão; as aquitubu-

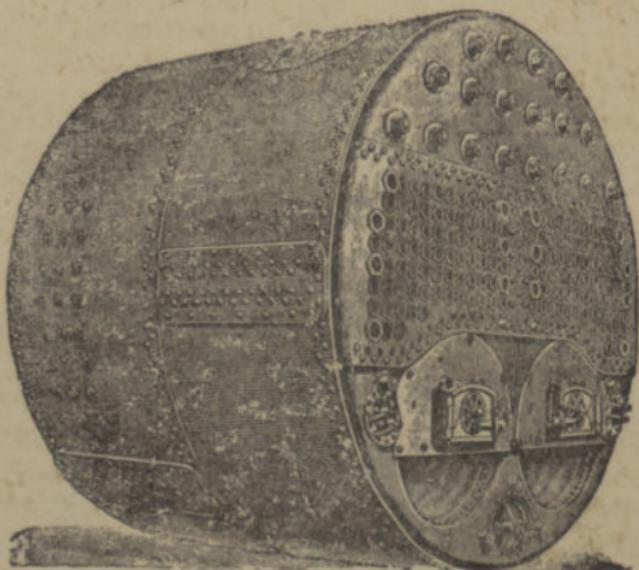


Fig. 12 — Caldeira cilíndrica

lares, (fig. 13), só para pressões muito elevadas; as caldeiras locomotivas, (fig. 16), são apenas uma variante do tipo cilíndrico, especialmente adaptado ao fim a que é destinado.

As caldeiras cilíndricas, podem ser horizontais, (fig. 12), ou verticais, (fig. 14), conforme o seu eixo principal está em uma ou outra daquelas direcções, e terem ou não ebulidores D, (fig. 15).

As caldeiras cilíndricas mais vulgarmente empregadas pertencem ao tipo de caldeiras *gástubulares*, isto é, caldeiras em que os produtos da combustão percorrem um grande número de tubos cercados pela água.

A vantagem das caldeiras *gástubulares* está em se obter maior superfície de aquecimento em um volume relativamente pequeno.

Chama-se *superfície de aquecimento* de uma caldeira

à superfície em contacto com a qual passam os produtos da combustão, a saber:

Superfície da fornalha acima da grelha

+ Superfície do feixe tubular;

+ Superfície dos ebulidores;

+ Superfície da caixa de fogo.

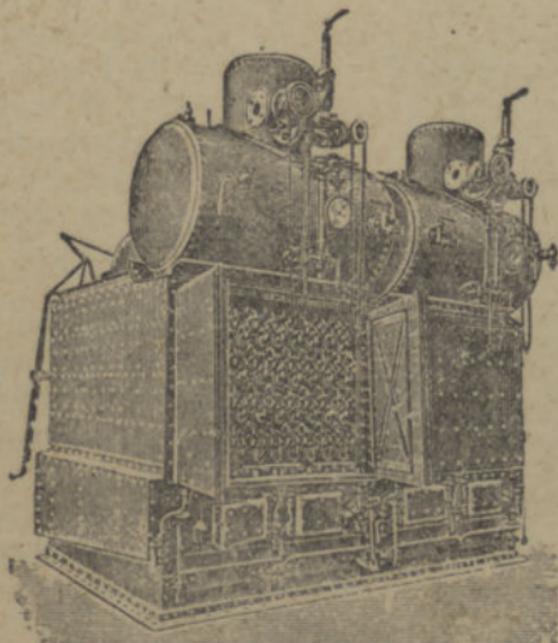


Fig. 13 — Caldeira aquitubular

O característico das *caldeiras aquitubulares* consiste em que no seu feixe tubular, a água anda por dentro dos tubos e os produtos da combustão por fora dêles.

Estas caldeiras suportam pressões muito mais elevadas e são mais leves e menos volumosas do que as caldeiras doutros sistemas.

Relativamente às suas disposições internas as caldeiras classificam-se em:

Caldeiras de chama directa (fig. 16), quando os produtos da combustão se dirigem directamente da



Fig. 14 — Caldeira vertical

fornalha A, para a chaminé E, aos condutos ou ao feixe tubular quando estes estão no prolongamento da fornalha;

Caldeiras de chama invertida, (figs. 17 e 18), quando os produtos da combustão saindo da fornalha A, voltam sôbre si mesmo para se dirigirem à caixa de fumo E, que nestes casos está ao lado ou sôbre as portas das fornaldas.

Um exemplo do primeiro caso são as caldeiras das locomotivas, das bombas de incêndios, etc.; do segundo caso, a maior parte das caldeiras dos barcos a vapor.

A estas categorias de cal-

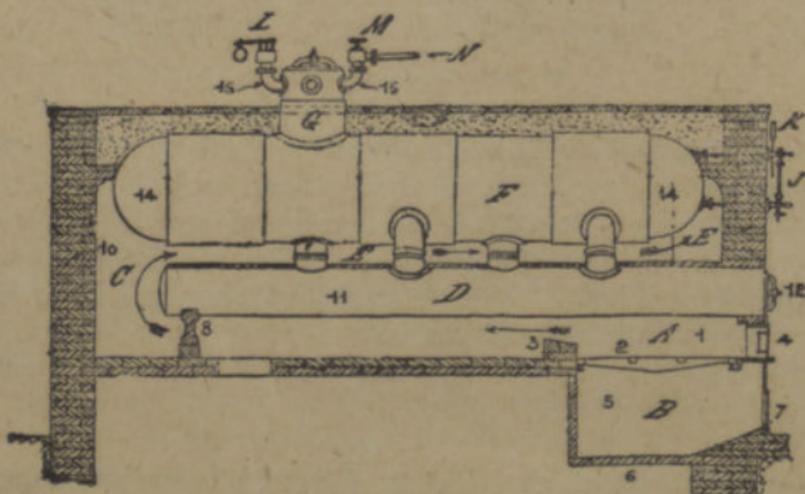


Fig. 15 — Caldeira cilíndrica com ebulidores

deiras podem-se juntar as de *vaporização instantânea* (Serpellet e derivadas) que se caracterizam pela supressão do depósito de água, pois tôda quanta entra na caldeira é imediatamente vaporizada e o vapor pro-

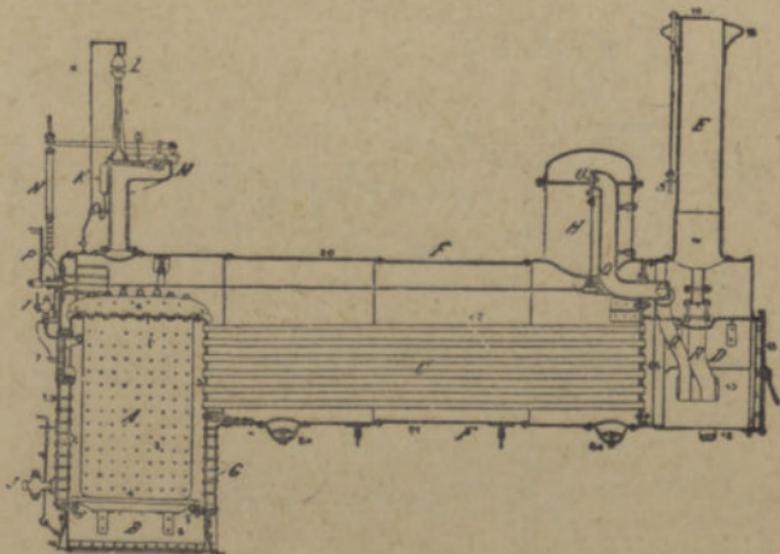


Fig. 16 — Caldeira de chama directa

duzido imediatamente utilizado na máquina, ficando assim a capacidade da caldeira reduzida ao mínimo. Estas caldeiras são usadas em carros automóveis, etc.

Em cada caldeira há três partes distintas: parte destinada à combustão, depósito de água e depósito de vapor.

Parte destinada à combustão

O lugar onde se queima o carvão chama-se *fornalha*. A maior parte das vezes a fornalha é constituída por um cilindro de chapa A. (figs. 17 e 18), liso ou ondulado que se estende da fachada da caldeira ao muro sendo completamente cercado pela água a vaporizar.

Para melhor poderem suportar as diferenças de temperatura a que estão sujeitas e que são causa de

dilatações e contracções que fatigam tanto as fornalhas como as chapas a que elas se acham ligadas, empregam-se as fornalhas com compensadores e as fornalhas onduladas sistema Fox, Farnley, Morisson, Purves, etc.

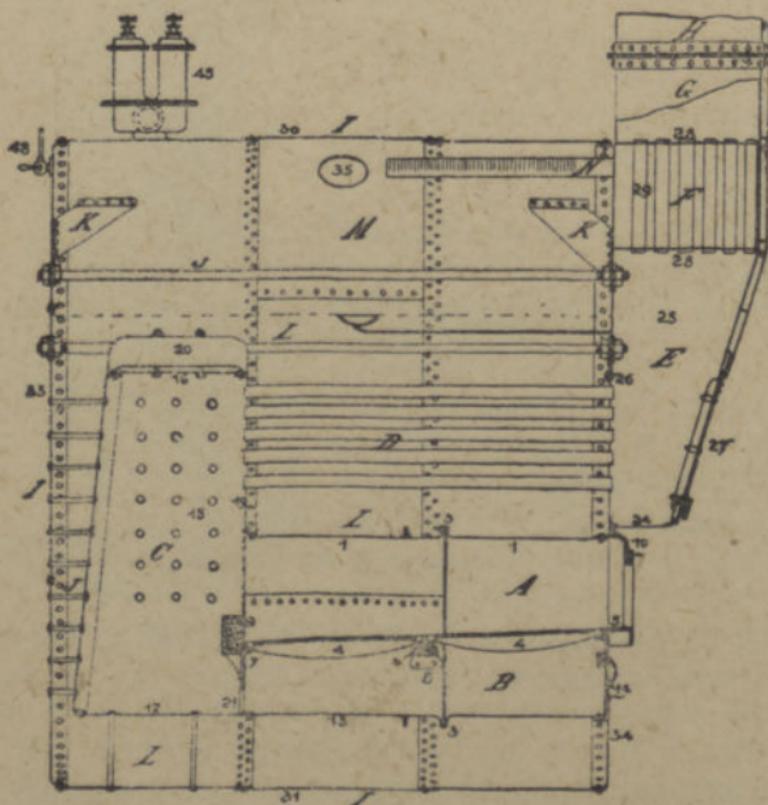


Fig. 17 - Caldeira de chama invertida

As fornalhas com *compensadores*, são divididas em várias secções ligadas por *aros*, (figs. 19 e 20), sobre os quais se exercem os esforços ocasionados pelas dilatações e contracções a que estão sujeitas.

Nas fornalhas *Fox*, (fig. 21, a geratriz é formada por semi-círculos tangentes e de igual diâmetro, mas com a convexidade voltada alternadamente para fora e para dentro.

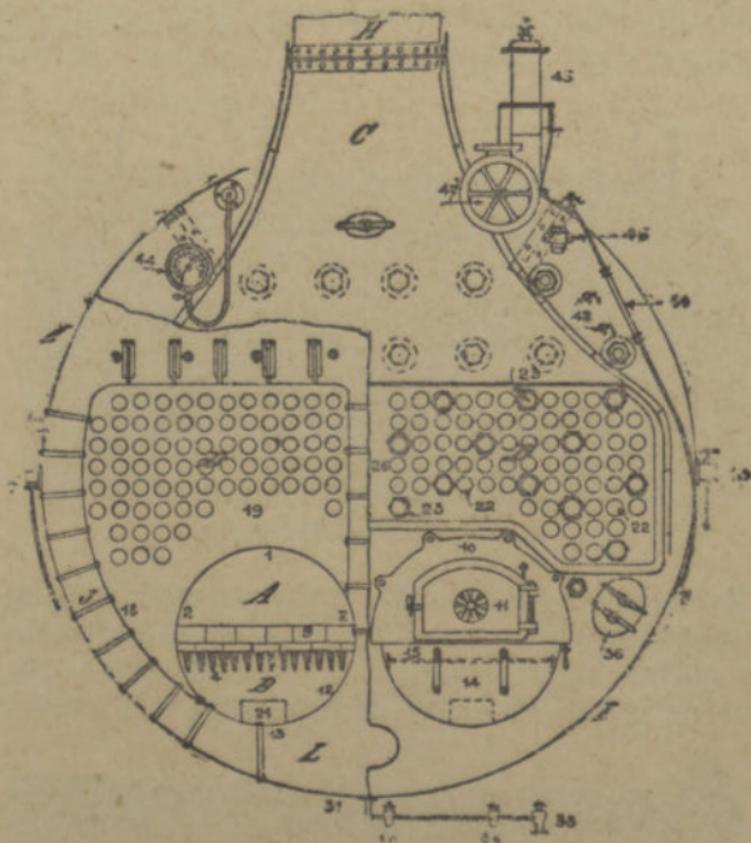
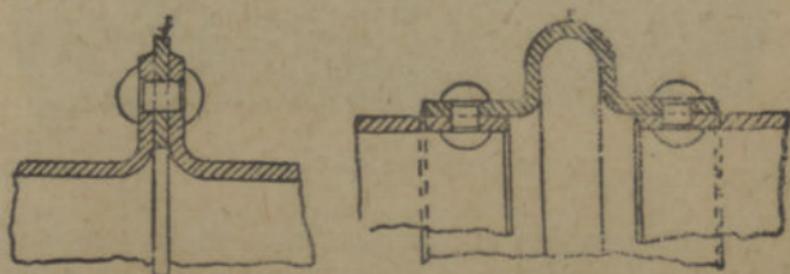


Fig. 18 — Fachada de uma caldeira



Figs. 19 e 20 — Aros compensadores de fornalhas

Nas *Farnley*, (fig. 22), todos os semi-círculos têm a convexidade voltada para fora da fornalha.

Nas *Morisson*, (fig. 23), os semi-círculos têm todos a convexidade voltada para o interior da fornalha

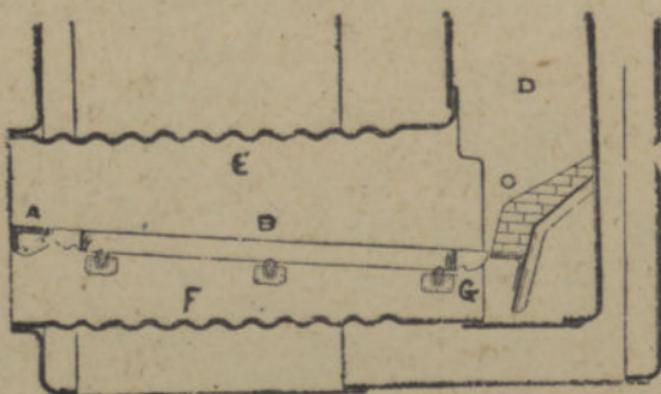


Fig. 21 - Fornalha Fox

Na fornalha *Purves*, (fig. 24), as caneluras têm a convexidade voltada para fora e estão distantes umas das outras, sendo a parte compreendida entre elas de geratriz recta e a chapa de espessura não uniforme.

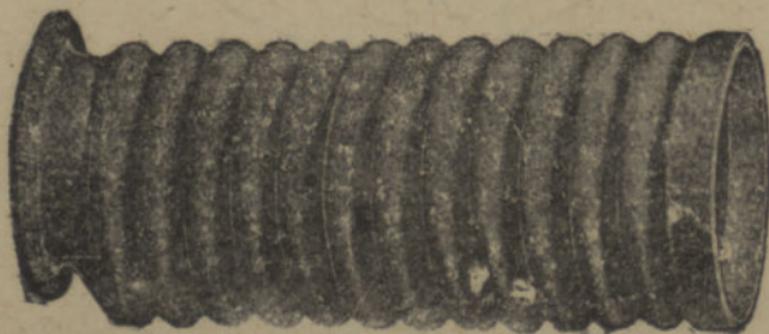


Fig. 22 - Fornalha Farnley

A vantagem destas fornalhas está em que em igualdade de comprimento é maior a superfície de aquecimento, além da sua maior resistência lhes permitir que tenham menor espessura e de suportarem mais facilmente as dilatações e contrações a que estão sujeitas.

Grande número de fornalhas das caldeiras terrestres,

locomotivas, locomóveis e caldeiras aquitubulares, são de secção rectangular e não completamente cercadas pela água, A, (fig. 16).



Fig. 23 — Fornalha Morisson

A *grelha* B, (fig. 21), divide a fornalha em duas partes: fornalha propriamente dita E, e cinzeiro F.

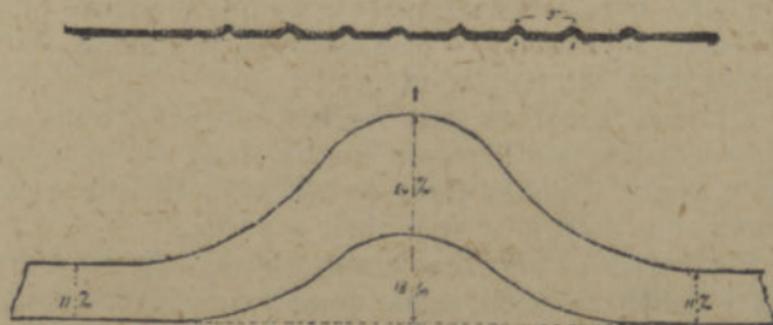


Fig. 24 — Caneluras da fornalha Purves

É formada, (fig. 21), por um certo número de *barras* B com todo o comprimento das fornaldas, quando estas são curtas, ou por duas ou mais quarteladas de barras quando aquelas são muito compridas.

As barras apoiam-se sobre *travessões*, (fig. 21), um dos quais, A, está junto à soleira e por isso se denomina *travessão de soleira*, outro G junto ao muro, *travessão do muro*, e a um ou mais *travessões intermédios*, a distâncias variáveis conforme os comprimentos das barras.

As barras de grelha, (fig. 25), são forjadas ou fundidas tendo nas extremidades as *cabeças 2*, achatadas e mais largas do que o resto da barra. Colocadas no

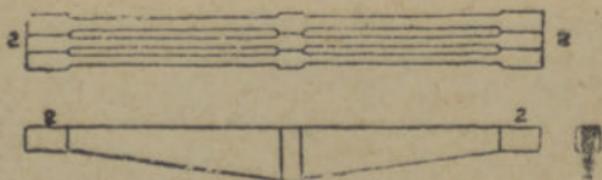


Fig. 25 — Barras de grelha

seu lugar com as cabeças encostadas, fica entre elas um certo espaço que permite a entrada do ar necessário à combustão e à passagem para o cinzeiro das cinzas e outros resíduos.

As grelhas são em geral inclinadas com relação ao eixo da fornalha, não só para facilitar o trabalho do fogueiro, mas principalmente para que a secção junto ao muro seja maior, o que auxilia a combustão a fazer-se mais completamente.

Algumas fornalhas, para melhor aproveitamento das propriedades caloríficas do combustível, são dispostas de maneira a poder fazer-se automaticamente o carregamento da grelha sem abrir a porta.

São vários os sistemas empregados. Nalguns a grelha é muito inclinada, sendo neste caso alimentada por uma caixa (*teção*) que se monta exteriormente à caldeira e donde o carvão, pela acção do seu peso, vai

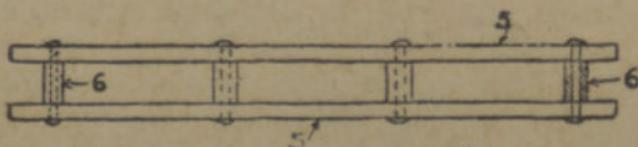


Fig. 26 — Travessões intermédios

caír sobre a grelha à proporção que af se vai consumindo. Noutros a grelha é móvel e o carvão vai

caindo à proporção que a grelha se lhe vai apresentando limpa e vazia em frente da abertura ou porta.

O cinzeiro F. (fig. 21), serve para dar passagem ao ar necessário à combustão e para receber as cinzas e outros resíduos do carvão queimado sôbre a grelha e

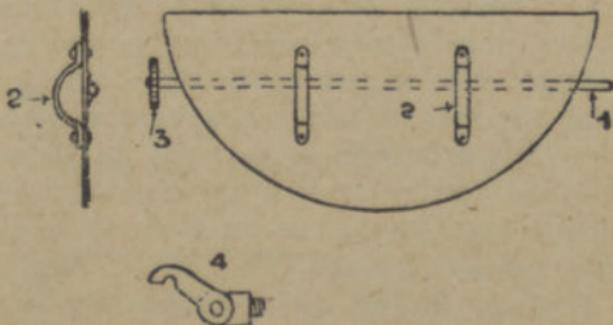


Fig. 27 — Porta do cinzeiro

a todo o comprimento desta. Pode-se fechar com uma porta volante, (fig. 27), que no seu lugar fica suspensa pelo travessão n.º 1, permitindo variar à vontade o grau de abertura e assim aumentar ou diminuir a secção de entrada do ar e conseqüentemente activar ou demorar a combustão. Nas caldeiras aquitubulares, locomotivas e um grande número de caldeiras terrestres, o cinzeiro é formado por um tabuleiro amovível onde se deita alguma água, onde as cinzas se apagam logo que caem e que ao mesmo tempo protege as grelhas evitando que elas se queimem em conseqüência da evaporação que até certo ponto as refresca.

Exteriormente à fornalha, junto à bôca, está ligado à caldeira, (fig. 17), o aro n.º 10 da fornalha, sôbre o qual está montada a porta, n.º 11. Muitas caldeiras não têm aro, estando a porta cravada a gonzos ligados directamente à caldeira.

Soleira é a chapa plâna que forma a entrada da fornalha e que em geral vem da fundição com o aro.

A fornalha propriamente dita, tem ao fundo o mu-

ro C, (fig. 21), que tem por fim evitar que o carvão passe além da grelha e que a chama vá incidir directamente sôbre a chapa tubular ou sôbre as paredes da caixa de fogo.

O muro é de ferro fundido ou forjado e revestido de tijolo.

Deixando a fornalha, os produtos da combustão passam sôbre o muro para a *caixa de fogo* D, (fig. 21), compartimento onde a combustão deve acabar de se operar. Em algumas caldeiras, resguardos de tijolo e barro refractário protegem as costuras da chapa e outras partes mais expostas à acção directa da chama.

Da caixa de fogo passam os produtos da combustão para o *feixe tubular* D. (figs. 17 e 18), C, (fig. 16), ou para os *condutos* E, (fig. 15); segundo o sistema de caldeira. O feixe tubular é constituído por um certo número de *tubos*, cujos extremos se ajustam perfeitamente aos furos de duas chapas chamadas *chapas tubulares*, n.^{os} 3 e 15, (fig. 16), n.^{os} 19 e 26, (fig. 17), uma das quais faz parte da caixa de fogo ou da fornalha, outra da caixa de fumo. — Um certo número de tubos chamados *tubos esteios*, n.^o 23, (fig. 18), é destinado a amparar as chapas tubulares que, em consequência da pressão que suportam tenderiam a afastar-se.

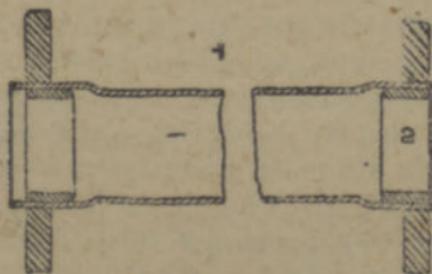


Fig. 28 — Tubo simples com anilhas

Os tubos simples, (fig. 28), são de latão, cobre, ferro ou aço e são simplesmente ajustados de encontro aos furos das chapas tubulares por meio duma ferramenta

denominada *tubo*. Os tubos esteios, (fig. 29), são de ferro ou de aço, têm maior espessura e os extremos são roscados, atarrachando nos furos das chapas tubulares. Além disso, têm uma porca, n.º 4, e uma anilha, n.º 5, de cada lado da chapa tubular sobre a qual fazem junta. Para os tubos esteios poderem atarrachar nas chapas tubulares, os furos do lado da caixa do fumo têm maior diâmetro para lhes dar entrada.

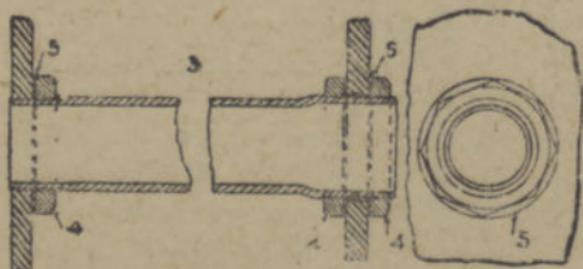


Fig. 29 — Tubo esteio

Algumas vezes reforçam-se as cravações dos tubos simples do lado da caixa de fogo, por meio de anilhas de aço, n.º 2, (fig. 28), mas isto tem o inconveniente de diminuir a secção do tubo.

Nas caldeiras das máquinas fixas em que não há feixe tubular, os produtos da combustão saindo da caixa de fogo entram nos *condutos* E, (fig. 15), cujas paredes exteriores são de tijolo, enquanto as interiores são formadas pelo corpo da caldeira e pelos ebulidores.

Saindo do feixe tubular ou dos condutos, os produtos da combustão dão entrada na *caixa de fumo*, D. (fig. 16), E, (fig. 17), formada por uma das *chapas tubulares*, pelas *paredes, fundo e frente* onde se abrem as *portas da caixa de fumo*, n.º 27.

Estas portas, (fig. 30), têm por fim permitir que se façam as limpezas e reparações necessárias. Como as portas das fornalhas são duplas, isto é têm a certa distância *guardas*, n.º 1, por entre as quais e a porta, passa uma corrente de ar frio entrado por furos pro-

positadamente abertos, protege-se a porta da acção do calor bastante intenso dos produtos da combustão e torna-se menor a irradiação.

Sôbre a caixa de fumo está a *chaminé* E, (fig. 16). H, fig. 17, formada por um grosso tubo de chapa de

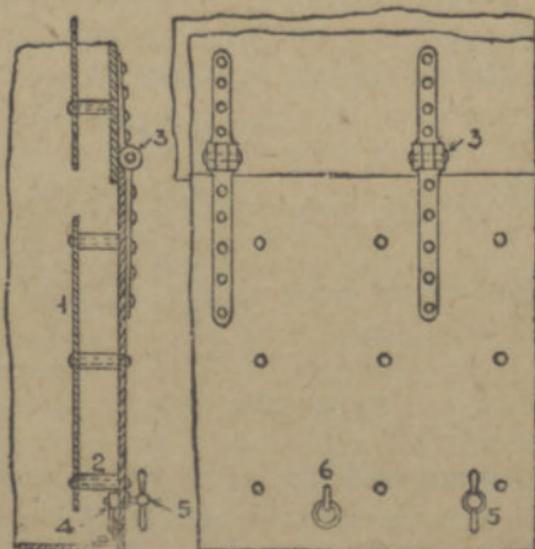


Fig. 30 — Portas da caixa de fumo

ferro ou de tijolo, por onde saem os produtos da combustão. Serve também, pela diferença de pressões e temperaturas do ar à entrada do cinzeiro e ao sair da *chaminé*, para determinar uma corrente de ar (*tiragem*) que entra pelo cinzeiro, activando a combustão.

Quando as *chaminés* são metálicas e têm grande altura, o que lhes diminui a estabilidade, seguram-se por meio de *plumas* de cabo de arame ou corrente, como se vê em todos os barcos a vapor.

Nos barcos a vapor as *chaminés* são envolvidas em tôda a sua altura, ou só em parte dela por uma *saia* formada por outro tubo metálico de forma idêntica mas de maior secção.

Entre a *saia* e a *chaminé* há um certo espaço por

onde se estabelece uma corrente de ar que serve de protecção à chaminé.

Nos modernos e poderosos navios de guerra a saia é *couraçada* até certa altura para proteger a chaminé dos tiros do inimigo.

Nos antigos *navios mixtos* podendo navegar à vela ou a vapor, para diminuir a superfície exposta ao vento e facilitar a manobra usavam-se *chaminés de telescópio* que de forma semelhante ao que acontece com aqueles aparelhos, podiam arriar por dentro da saia ficando à face com esta e um pouco acima do nível do pavimento do convés. Essa manobra era facilitada por uns sarilhos que por meio de correntes ou cabos de arame içavam ou arriavam a chaminé.

Quando as fornathas são destinadas a queimar lenha e em geral sempre que há risco de que alguma fagulha saindo pela chaminé possa provocar incêndios, são as chaminés bastante alargadas na parte superior e a boca coberta com uma rede de arame, o que, se não impede completamente, diminui bastante a saída das fagulhas e riscos correspondentes.

Em muitas caldeiras encontra-se na base da chaminé uma valvula de corrediça ou de borboleta que, convenientemente manobrada, aumenta ou diminui a secção de entrada da chaminé, deixando livre ou estrangulada a passagem dos produtos da combustão, que assim se activa ou retarda. Este aparelho chama-se *registro*.

As fornathas, feixe tubular e condutos, são encerradas em um envólucro de ferro ou de alvenaria.

A água banha as partes expostas à acção da chama.

Quando o envólucro é metálico e portanto bom condutor, forram-se muitas vezes as caldeiras com feltro, amianto, algodão silicatado e outras substâncias isoladoras que diminuem a irradiação.

Afim de impedir as deformações do corpo da caldeira, em consequência da pressão que tem de supor-

tar, dispõem-se convenientemente, entre chapas próximas umas das outras, um certo número de *esteios de grampo*, n.º 20, (fig. 17), de *esquadro K*, (fig. 17), ou de *haste J*, (fig. 17), *transversais, longitudinais e verticais*, cravados, atarrachados ou fixados por meio de pernos e porcas.

Parte reservada à água

Depósito de água L, (fig. 17). O espaço ocupado pela água nas caldeiras denomina-se *depósito de água*. Fazendo parte do depósito de água e servindo para verificação do funcionamento e ainda para outros usos, como sejam encher, despejar, sangrar, etc., encontram-se os seguintes acessórios:

- Reguladores de alimentação;
- Aparelhos de extracção;
- Aparelhos de nível;
- Torneira de saturação;
- Circuladores e agitadores;
- Portas de visita.

Os *reguladores de alimentação* têm por fim permitir, impedir e regular a entrada da água na caldeira para substituição da que foi transformada em vapor, despejada pelas extracções, etc.

Em cada caldeira há em geral duas válvulas de alimentação com canalização própria; a válvula destinada a regular a entrada de água fornecida pela bomba de alimentação da máquina, ou ainda por bombas com motor próprio, mas exclusivamente destinadas a êsse serviço, chama-se *válvula de alimentação principal*; às válvulas de alimentação proveniente de outras máquinas chamam-se *válvulas de alimentação auxiliar*. Estas válvulas abrem de fora para dentro por forma a fecharem pela pressão exercida pela água existente na caldeira.

São de vários tipos, conforme os construtores, mas em geral são variantes dos dois que vamos apresentar.

Nas caldeiras pequenas, liga-se ao corpo da caldeira uma caixa, (fig. 31), dentro da qual uma válvula obtura a comunicação com o tubo de alimentação. Um esbarro limita o curso da válvula e a tampa amovível permite a sua beneficiação.

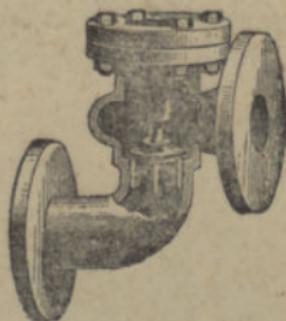


Fig. 31 — Válvula de alimentação

Para as caldeiras grandes empregam-se válvulas do tipo da figura 32. Uma caixa de bronze ou latão, n.º 1, tem duas manilhas, n.º 2, que por meio de parafusos ou prisioneiros a ligam, fazendo junta, com

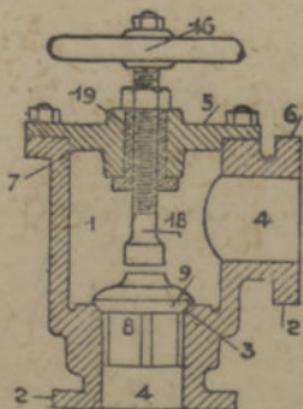


Fig. 32 — Válvula de alimentação

a caldeira e com o tubo de alimentação. O curso da válvula, n.º 8, é limitado por um esbarro da haste, n.º 18, roscada em certa extensão na parte que atravessa a tampa, n.º 5. Um buçim, n.º 19 e a respectiva guarnição fazem o empacamento desta haste à saída da tampa, e um manipulo de roda, n.º 16, ligado ao extremo da haste, transmite-lhe o movimento, obrigando a válvula, n.º 8, a conservar-se encostada ou permitindo-lhe afastar-se da sede, n.º 3, e assim regular a entrada de maior ou menor volume de água, segundo a válvula tem maior ou menor curso.

Em geral a água de alimentação, passando pela válvula, não se mistura logo com a água da caldeira; para isso, da caixa da válvula parte um tubo que se abre a todo o seu comprimento em muitas fendas ou furos,

Em geral a água de alimentação, passando pela válvula, não se mistura logo com a água da caldeira; para isso, da caixa da válvula parte um tubo que se abre a todo o seu comprimento em muitas fendas ou furos,

e que assim a espalha por uma maior massa de água da caldeira.

Deve-se evitar que os jactos de água de alimentação incidam sobre partes em contacto directo com os produtos de combustão.

Alguns construtores substituem a válvula de alimentação por uma torneira com o mesmo fim.

Em algumas caldeiras há, além da válvula de alimentação, isto é, entre esta e a caldeira, uma *torneira de segurança*, n.º 1, (fig. 33), que permite concertar qualquer avaria da válvula com a caldeira em actividade.

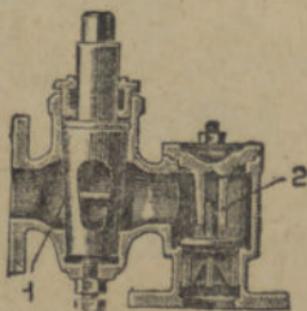


Fig. 33 — Válvula de alimentação com torneira de segurança

Aparelhos de extracção. — Quando as caldeiras são alimentadas com água salgada, esta vaporizando-se, sobrecarrega a não vaporizada com os sais que tinha em dissolução, aumentando-lhe a densidade se de vez em quando não se extraísse parte dessa água para a substituir por outra de densidade menor. É esse o fim a que se destinam os aparelhos de extracção.

Quando servem para tirar a água à superfície chamam-se *aparelhos de escumar*, n.º 43. (figs. 17 e 18), quando do fundo, *aparelhos de sangrar* n.ºs 38, 39 e 40, (fig. 18); faz-se a sangria pela *torneira de sangrar*, n.º 39. (fig. 18). e a escumação pela *válvula* ou *torneira de escumação*, n.º 43. (fig. 18).

A torneira de sangrar. (fig. 34), está disposta num tubo, dum lado em comunicação com a parte mais baixa da caldeira, do outro com o exterior, o qual nos navios termina por uma válvula chamada *válvula do fundo* n.º 38, (fig. 18). Entre a torneira de sangrar e a caldeira há uma outra torneira denominada *de segurança*, n.º 40, (fig. 18).

A válvula ou torneira de escumação, (fig. 35), está junto à caldeira pouco abaixo do nível de água, e liga-se a um tubo que vai abrir em uma *bandeja*, a meio da caldeira e à altura do nível de regimen.

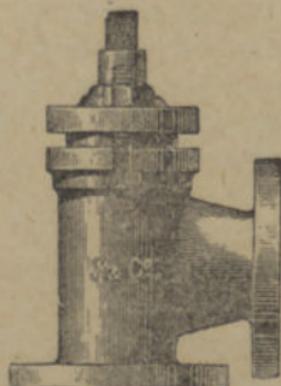


Fig. 34 — Torneira de sangrar

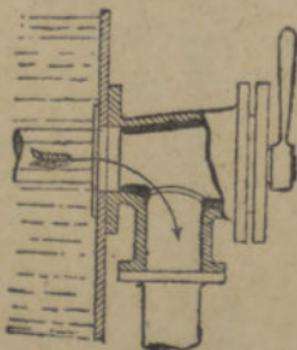


Fig. 35 — Torneira de escumação

Esta válvula comunica com o exterior por um tubo que nos navios vai terminar em geral na caixa das válvulas do fundo.

A *torneira de saturação*, que se encontra entre os tetos das fornalhas na frente da caldeira, serve para por ela se tirar a água para se lhe medir o *grau de saturação* (pesar a água, como vulgarmente se diz) e que vem a ser, verificar com um instrumento apropriado, chamado *salinómetro*, se a água da caldeira tem muito, pouco ou nenhum sal.

Aparelhos de nível, (fig. 18), n.º 41, e I (fig. 16). — É muito grande a variedade dêstes aparelhos que como o seu nome indica, servem para mostrar qual a altura do nível da água dentro da caldeira. Muito embora sejam vários os sistemas empregados, tôdas as caldeiras têm um ou dois dum tipo que consta essencialmente do seguinte, (fig. 36: duas torneiras n.ºs 4 e 5, comunicam, quere directamente, quere por meio de tubuladuras apropriadas, a de cima com o depósito de

vapor, a de baixo com o depósito de água. Estas torneiras prolongam-se numas caixas que estão ligadas por meio de um tubo de cristal, n.º 7.

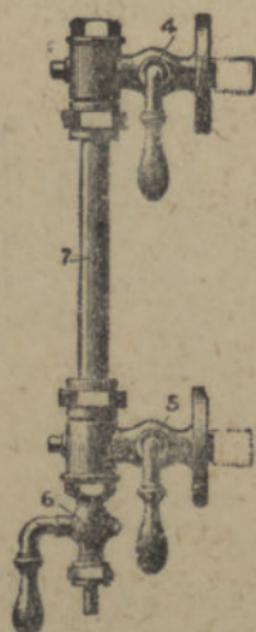


Fig. 36 - Vidro de nível

Obtem-se o empancamento do tubo à saída das caixas por meio de um buçim e guarnição.

Em virtude do princípio de equilíbrio dos líquidos em vasos comunicantes, a altura do nível de água no tubo é a mesma que na caldeira.

Em geral meio vidro é a altura da água ou nível de regimen.

A torneira de purga, n.º 6, serve para purgar o vidro, o tampão superior para se meter ou desobstruir o vidro, e os outros tampões para se desobstruïrem as torneiras.

Alguns dèstes aparelhos têm disposições diversas, que lhes permitem, caso o vidro rebente, que as saídas de água

e vapor pelas torneiras se obturem automaticamente.

Nas caldeiras para pressões muito elevadas empregam-se algumas vezes além dèstes aparelhos outros em que o vidro está dentro duma caixa metálica, com duas paredes opostas em mica, por onde se verifica a altura do nível da água na caldeira enquanto se substituí qualquer vidro rebentado. Só servem nessa ocasião porque sendo a mica bastante espessa para poder suportar grandes pressões, é menos transparente que o vidro, precisando o observador estar muito perto dela e com muita atenção para ver alguma coisa.

A caixa que encerra o vidro está em comunicação com a caldeira, estando portanto o vidro interna e externamente sujeito à mesma pressão e temperatura,

pelo que se denomina este sistema — *vidros equilibrados*.

Empregam-se também, principalmente nas caldeiras terrestres, outros aparelhos, em geral compostos por um flutuador que, subindo ou descendo com o nível da água, faz deslocar um ponteiro, ao longo de uma ranhura graduada. Outras vezes o ponteiro é substituído por uma pequena barra de ferro, (fig. 38), que, atraída por um magnete ligado à haste do flutuador, lhe segue os movimentos. Outras ainda, o flutuador, subindo além de certos limites abre a torneira de um apito, (fig. 37), ou fecha o circuito duma campainha eléctrica, que com o seu ruído chama a atenção.

Os *vidros Klinger*, mais modernos que os que acabamos de descrever, aplicam-se com vantagem em qualquer tipo de caldeiras e sobretudo em caldeiras marítimas.

Constam de uma caixa metálica, comprida, estreita e aberta de um dos lados que se pode aplicar às torneiras de montagem dos vidros vulgares ou em torneiras próprias, conforme mais convenha.

O fundo da caixa é pintado de negro e a frente aberta tapa-se com uma lâmina de cristal com cerca de 12^{mm} de espessura. Esta lâmina é fixada por meio de um aro metálico apertado por parafusos, fazendo-se uma junta entre a borda do vidro e a face da caixa.

A face externa da lâmina de cristal é plana e a face interna tem várias ranhuras longitudinais de secção triangular o que

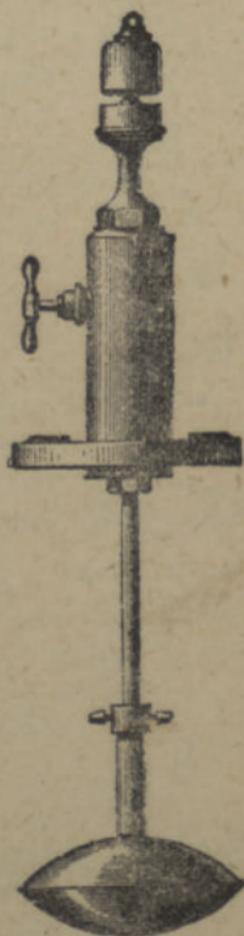


Fig. 37 — Nível de flutuador

faz com que a face seja formada por tantos prismas quantos os intervalos entre duas ranhuras.

Em frente do vidro põe-se uma luz e os raios luminosos, atravessando a lâmina de cristal, retractam-se onde há água e reflectem-se onde a não há pelo que a parte com agua é indicada por uma facha em negro

carregado, enquanto que o espaço onde não ha água está branco e brilhante como um espelho.

Independentemente destes aparelhos, as caldeiras devem ser munidas de *torneiras de prova*, n.º 42, (fig. 18). em número de duas ou três por caldeira.

Sendo três, (fig. 42), a de baixo quando aberta deve deitar sempre água, a média água e vapor e a de cima só vapor.

Sendo duas, a de baixo deverá deitar água e a de cima água e vapor.

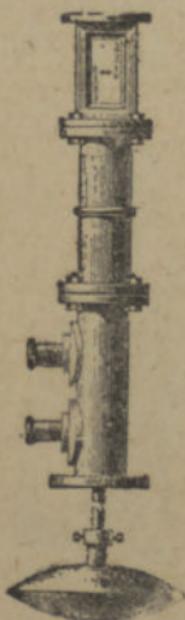


Fig. 38 — Nível de flutuador

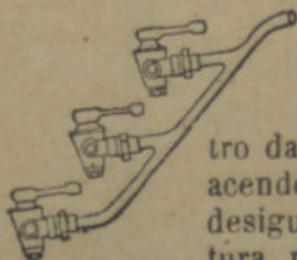


Fig. 40 — Torneiras de prova

Circuladores e agitadores, são os aparelhos que têm por fim promover a circulação da água dentro da caldeira quando esta acende e assim evitarem as desigualdades de temperatura na grande massa de água que ela comporta, tornando mais iguais as dilatações das chapas.

O *circulador* é um ejector de cones múltiplos, ordinariamente em bronze, (fig. 41). O vapor vin-



Fig. 39 — Vidro Klinger

do de outra caldeira em actividade entra no aparelho e arrasta a água que com êle se dirige à parte superior da caldeira.

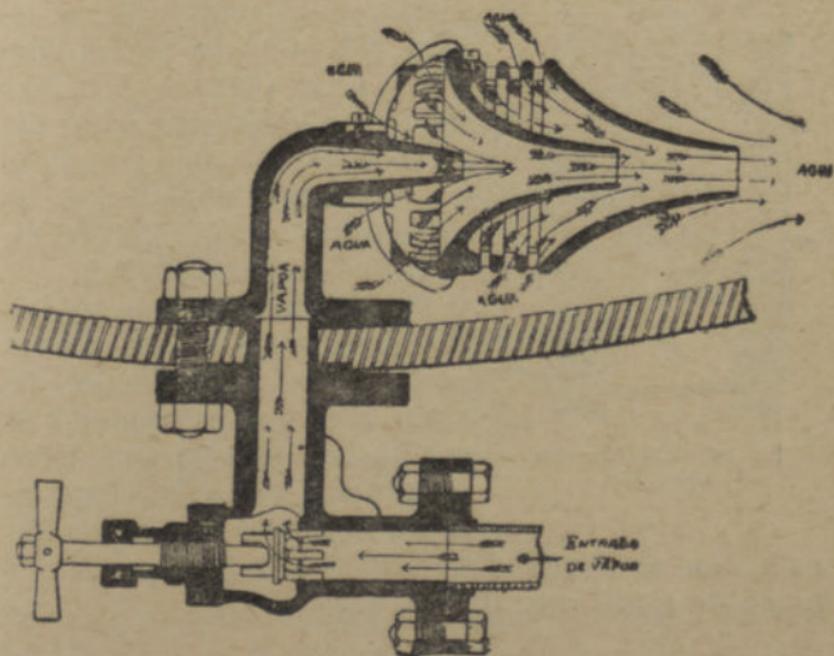


Fig. 41 — Circulacão

Os *agitadores* são pequenas turbinas movidas à mão se não há caldeira acesa, ou a vapor, quando dêle



Fig. 42 — Porta de visita

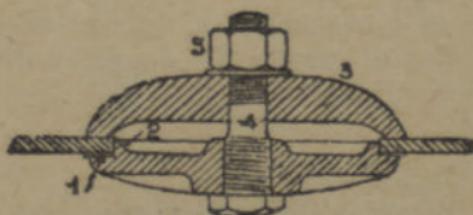


Fig. 43 — Porta de visita

podemos dispôr, as quais vão aspirar a água por cima das fornalhas e a comprimem para a parte de baixo.

As *portas de visita*, (figs. 42 e 43), têm por fim

permitir que se inspecionem e limpem interiormente as caldeiras e ebulidores.

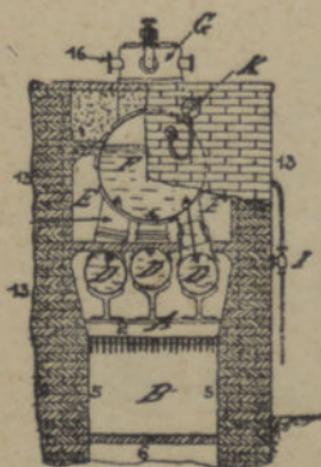


Fig. 44 — Caldeira com ebulidores

São aberturas, n.ºs 35 e 36, (figs. 17 e 18), feitas nos sítios mais convenientes, que se tapam por meio de portas com guias, n.º 2, (fig. 43), para lhes impedir o escorregamento; em torno da guia põe-se a guarnição e o todo mantem-se por meio de prisioneiros, n.º 4, com porcas, n.º 5, e tranquetas, n.º 3.

Em alguns tipos de caldeiras terrestres aumenta-se a superfície de aquecimento, fazendo com que os produtos da combustão passem em torno de grossos tubos de chapa de ferro, dispostos na própria for-

nalha ou ao longo dos condutos, tubos que têm o nome de *ebulidores*, D, (fig. 44).

Parte reservada ao vapor

Depósito de vapor, M, (fig. 17) — Como o seu nome parece indicar, *depósito de vapor* é a parte da caldeira onde o vapor se acumula. É limitado pelo nível da água e por parte do corpo da caldeira.

Fazem parte do depósito de vapor os seguintes acessórios:

- Manómetros;
- Válvulas de segurança;
- Válvulas de passagem;
- Válvula atmosférica;
- Aparelhos de alarme;
- Esquentador de vapor.

Manómetro, n.º 44, (fig. 18), é um instrumento, (figs. 45 e 46), que por meio de um ponteiro, n.º 6, girando em

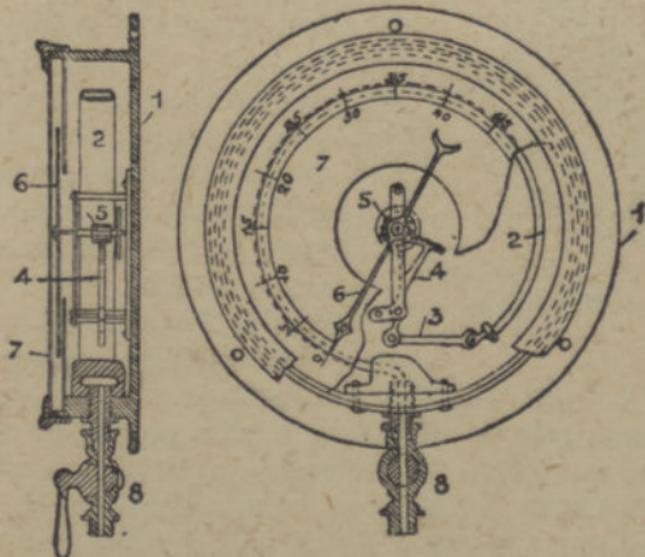


Fig. 45 — Manómetro

tôrno de um eixo, mostra num sector graduado de mostrador, n.º 7, qual a pressão efectiva do vapor que com êle está em franca comunicação. O movimento do ponteiro é produzido pela maior ou menor distensão de um tubo curvo de secção elíptica, n.º 2. O vapor entrando por um dos extremos dêsse tubo desenrola-o mais ou menos, conforme a pressão e, por meio de um pequeno tirante, n.º 3, articulado ao extremo fechado do mesmo tubo, faz mover um sector denta-

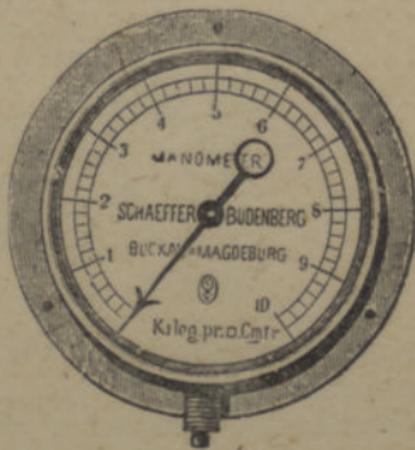


Fig. 46 — Manómetro

do, n.º 4, engrenando com um pequeno carrêto n.º 5; no eixo do carrêto está montado o ponteiro, n.º 6, que

se deslocará mais ou menos, conforme a distensão do tubo. Os manómetros são graduados em libras por polegada quadrada, em quilos ou atmosferas por centimetro quadrado. Mais tarde veremos qual a correspondência entre estas graduações.

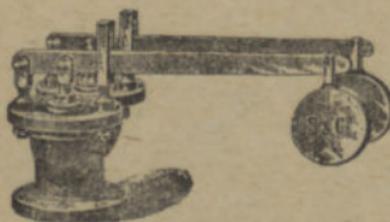


Fig. 47 — Válvulas de segurança

As *válvulas de segurança*, n.º 45, (fig. 18), são destinadas a dar saída automaticamente para a atmosfera a uma porção de vapor, quando a pressão dêste exceder aquela para que estão graduadas aquelas válvulas, mantendo-se abertas até que a pressão desça e o equilíbrio se restabeleça.

As *válvulas de péso*, (fig. 48), que só se empregam em pressões baixas, constam de uma caixa, n.º 1, (fig. 49),

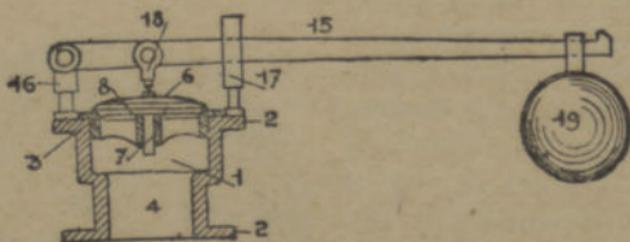


Fig. 48 Válvula de segurança de péso

ligada à parte mais elevada das caldeiras, sôbre a qual se adaptam uma ou duas válvulas, n.º 6, mantidas de encontro às sedes, n.º 3, pela pressão de uma alavanca interpotente, n.º 15, sendo a resistência um péso, n.º 19, colocado no extremo do braço maior. Algumas vezes o

pêso é substituído por dinamómetros, (fig. 49), como por exemplo nas locomotivas.

Nas válvulas de segurança de mola, (figs. 50 e 51), é uma forte mola de aço, n.º 10, que se apoia numa parte da haste, n.º 9, com maior diâmetro, sendo a tensão da mola calculada por forma a permitir que a válvula se abra quando a pressão do vapor exceder a pressão máxima que a caldeira deve su-

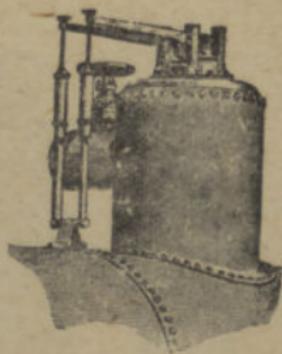


Fig. 49 — Válvulas de segurança de balança

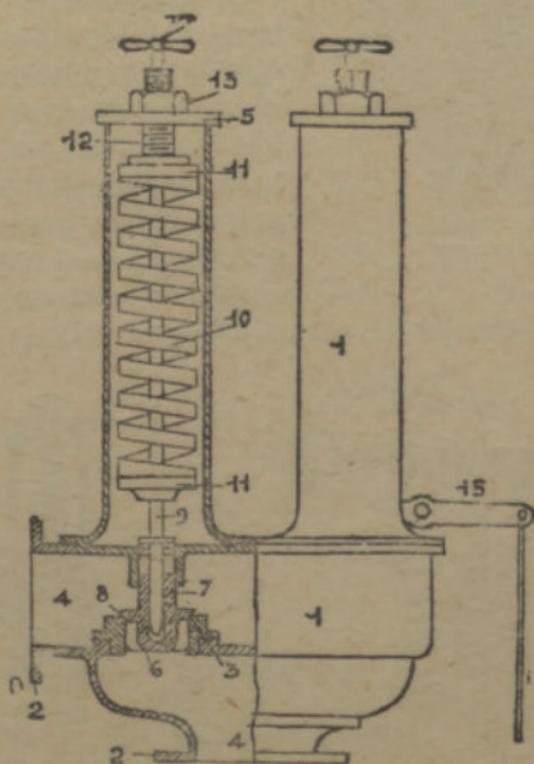


Fig. 50 — Válvulas de segurança

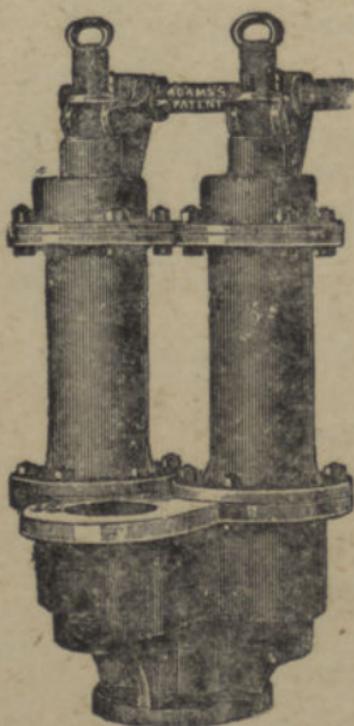


Fig. 51 — Válvulas de segurança

portar. O todo está encerrado numa caixa, (fig. 51), comunicando com o exterior por um *tubo de descarga*, que se abre ao ar livre.

A caixa de válvulas de segurança tem em geral um *tubo de purga* que descarrega para o exterior a água que nela se junta, obstando assim a que o vapor a arraste pelo tubo de descarga.

Diz-se *carga das válvulas de segurança*, à pressão a que elas se abrem.

Ordinariamente um sistema de alavancas, n.º 15, (fig. 50), permite que as válvulas de segurança se abram à vontade de quem as manobrar, independentemente da pressão para que estão reguladas, a qual em caso algum deve ser excedida.

Válvula atmosférica é uma pequena válvula de peso.

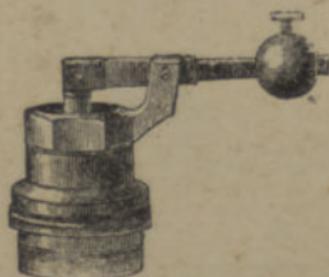


Fig. 52



Fig. 53

Válvulas atmosféricas

(fig. 52), ou de mola, (fig. 53), hoje pouco empregada

e cujo fim é fazer com que na caldeira nunca haja pressão inferior à pressão atmosférica, porque então ela abrindo permite que entre algum ar restabelecendo-se o equilíbrio.

Chamam-se *válvulas de passagem*, n.º 47, (fig. 18), às válvulas que servem para estabelecer a comunicação entre as caldeiras e os tubos condutores e são válvulas de passagem *principais* ou *auxiliares* segundo servem para estabelecer a comunicação com os tubos de passagem de vapor para as máquinas principais ou para máquinas auxiliares.

Estão montadas na parte mais elevada da caldeira e manobram-se com um manipulo de roda B, (figs. 54 e 55).

Empregam-se muitas vezes válvulas automáticas em que é a pressão do vapor que as faz abrir. Para isso o manipulo P, (fig. 56), dá o movimento a um esbarro ôco dentro do qual passa a haste T da válvula S. Fazendo girar convenientemente o manipulo, esse

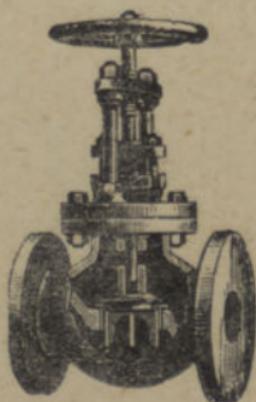


Fig. 54 — Válvula de passagem

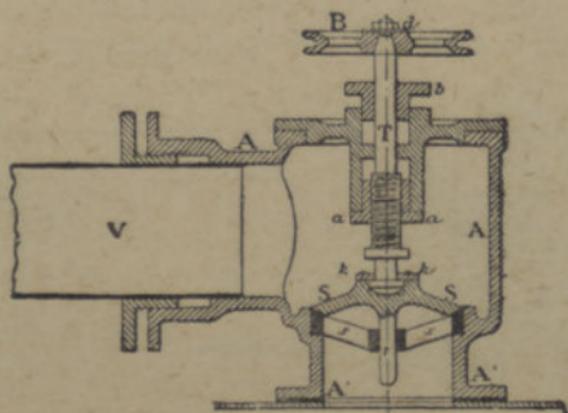


Fig. 55 — Válvula de passagem

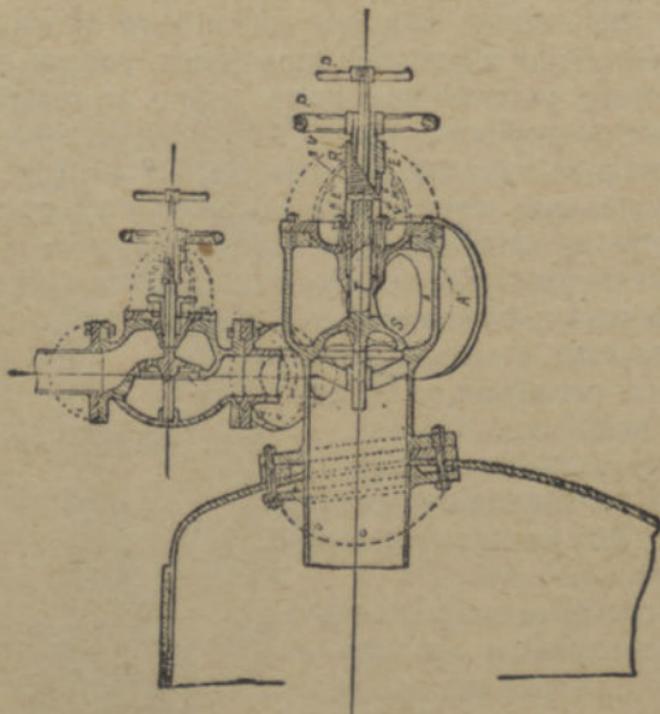


Fig. 56 - Válvulas automáticas de passagem

esbarro afasta-se de uma mordente que tem a haste da válvula, e a pressão do vapor desloca-a até encostar novamente ao esbarro, ficando assim aberta.

Quási nunca o vapor passa directamente da caldeira para a caixa da válvula de passagem, mas sim

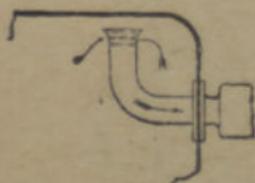


Fig. 57



Fig. 58

Tubos condutores

por intermédio de um tubo, (figs. 57 ou 58), que forma

como que o prolongamento da caixa da válvula de passagem dentro da caldeira, e no qual se abrem muitos furos ou fendas na parte mais elevada.

Os aparelhos de alarme, apitos, sereias ou timbres, estão em comunicação com a caldeira e têm geralmente uma válvula junto à caldeira, se é lá que vão receber o vapor, ou junto do tubo condutor a que se ligam, caso não vão directamente à caldeira. Além disso junto do próprio aparelho há outra válvula ou torneira que deixando passar o vapor através dêsses aparelhos deixa ouvir sons mais ou menos fortes e extensos.

O *esquentador de vapor*, F, (fig. 17), tem por fim sobreaquecê-lo e fazer com que alguma água arrastada por êle se vaporise. Montam-se na base da chaminé e são constituídos por várias filas de tubos, em tórno dos quais passam os produtos da combustão que lhes transmitem calor.

Além dêstes acessórios encontram-se muitas vezes outros, tais como:

Válvulas de comunicação entre caldeiras, destinadas a pôr em comunicação entre si as diferentes caldeiras.

Válvula de descarga silenciosa, para descarregar o vapor para o condensador.



Fig. 59



Fig. 60

Válvulas de sentinela

Valvulas de sentinela, (figs. 59 e 60), pequenas válvulas semelhantes às de segurança com ou sem timbre, que avisam quando a pressão excede aquela para que estão reguladas.

Bujões fusíveis, (fig. 61), constituídos por ligas de

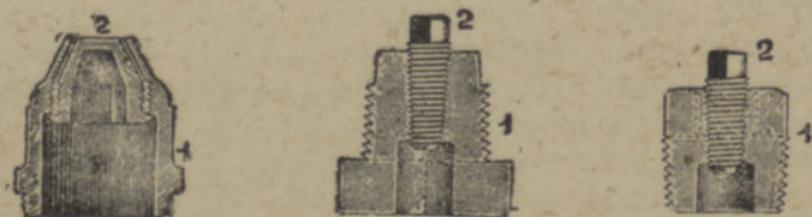


Fig. 61 — Bujões fusíveis

metais, fundindo-se a baixas temperaturas; quando não estejam cobertos de água fundem-se passando pelo orifício por êles deixado um jacto de vapor que apaga o fogo e evita maior avaria. Estes bujões estão em geral no teto das fornalhas e só se empregam em caldeiras pequenas.

Tubos condutores

Tubos condutores, são os que conduzem o vapor das caldeiras às diferentes máquinas. Chamam-se *princi-*

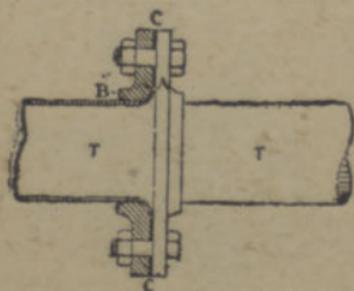


Fig. 62

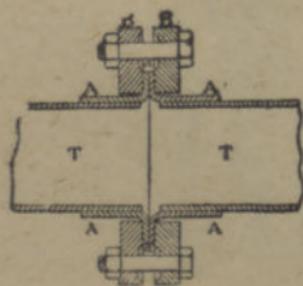


Fig. 63

Tubos condutores

pais ou *auxiliares*, segundo servem para o conduzir às máquinas principais ou auxiliares.

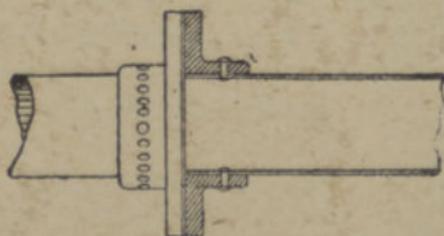


Fig. 64 — Tubo condutor



São constituídos, (figs. 62 e 63), por várias quarteladas, T, de tubo de cobre, ligadas umas às outras pelas manilhas, A, por meio de parafusos e porcas. Para permitir a livre dilatação provocada pelo aumento de tem-

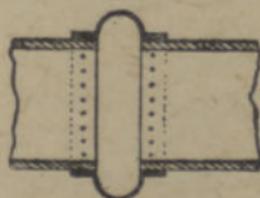


Fig. 65 — Compensador de anel

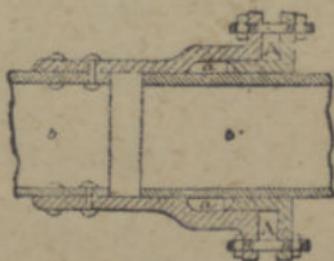


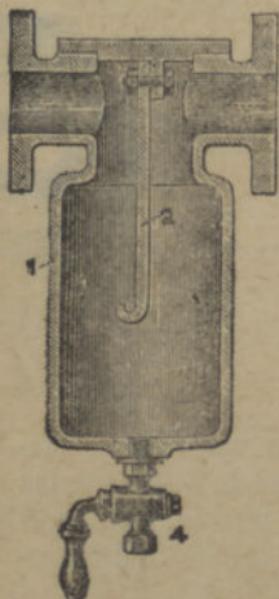
Fig. 66 — Compensador de buçim

peratura, são os tubos condutores munidos de *compensadores de anel*, (fig. 65), ou de *buçim*, (fig. 66).

Separadores

Assim se denominam os aparelhos destinados a separar mecânicamente o vapor da água por êle arrastada.

O separador mais simples e vulgar, (fig. 67), é formado por uma caixa cilíndrica, n.º 1,



[Fig. 67 — Separador

interposta no percurso do vapor antes da sua entrada na válvula da garganta. Essa caixa é dividida até quasi ao fundo em dois compartimentos pelo diafragma n.º 2. O vapor entrado por um dos lados, contorna o diafragma e sai pelo lado oposto, deixando no fundo da caixa a água que por ele era arrastada. A torneira da purga, n.º 4, permite despejar de tempos a tempos essa água. Os outros tipos de separadores diferem do descrito, no número e disposição dos diafrámas, em serem munidos de um aparelho indicador do nível e em geralmente estarem em comunicação

com um purgador automático.

Válvulas redutoras

Empregam-se sempre que se pretende uma redução de pressão, como por exemplo nas passagens de vapor e para camisas, etc., empregando-se também para manter constante a pressão além do lugar em que elas se acham montadas, como por exemplo na passagem do vapor para máquinas e aparelhos auxiliares como dinamos, vaporizadores, etc.

Deve porém dizer-se que o seu funcionamento não é tão exacto e regular como seria para desejar, razão porque elas foram banidas dos tubos condutores que fornecem vapor às máquinas principais.

Há muitos tipos de válvulas redutoras, todos mais ou menos semelhantes entre si e fundando-se no mesmo principio.

Válvula redutora sistema Colombier, (fig. 68).

Uma válvula dupla de sede cilíndrica A e B ajusta-se dentro da caixa M, onde o vapor entra por C e vai sair por D. A válvula A B, é construída de maneira que a sua secção em A é um pouco superior à secção em B. Além disso, em A encontram-se vários canais *a* que permitem a passagem do vapor de C para D.

O vapor entrando na caixa M, por C e canais *a*, passa para D, exercendo pressão sobre as duas faces da válvula, e como a de A, é superior à de B, a válvula tende a descer, tapando os canais *a*. A mola R, que se fixa dum lado ao parafuso tensor T, e do outro à válvula A, opõe-se mais ou menos à descida da válvula segundo a maneira como foi regulada a sua tensão por intermédio do manipulo V.

Vejamos agora como funciona o aparelho. Se chamarmos S à diferença de secções da válvula, em A e em B, e P à pressão do vapor em D, a válvula tende a descer em virtude da pressão P S que sobre ela se exerce. Regulando portanto a tensão da mola de maneira a opôr à descida da válvula uma resistência P S, a válvula manter-se há em equilíbrio. Se a pressão em D subir, a pressão sobre a válvula vencerá a que lhe é

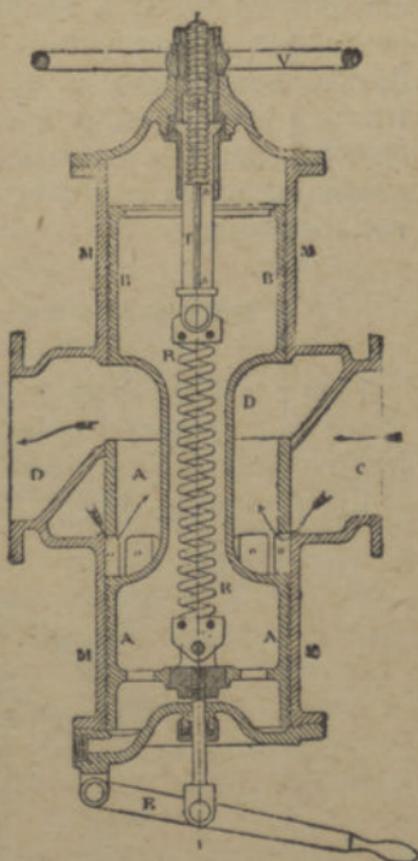


Fig. 68 — Válvula redutora

oposta pela mola, a válvula desce e reduz a secção dos canais *a*, por onde o vapor passa para D e, reduzida essa secção, reduz-se a pressão. Se pelo contrário, a pressão em D desce, prevalece o esforço exercido pela mola, a válvula sobe, descobrem-se mais os canais *a*, passa portanto mais vapor e o equilíbrio restabelece-se.

Purgadores automáticos

Têm por fim captar a água que vai arrastada pelo vapor ou a proveniente de condensações. Empregam-se frequentemente dois tipos destes aparelhos.

Um (*purgador Normand*) (fig. 69), é formado por

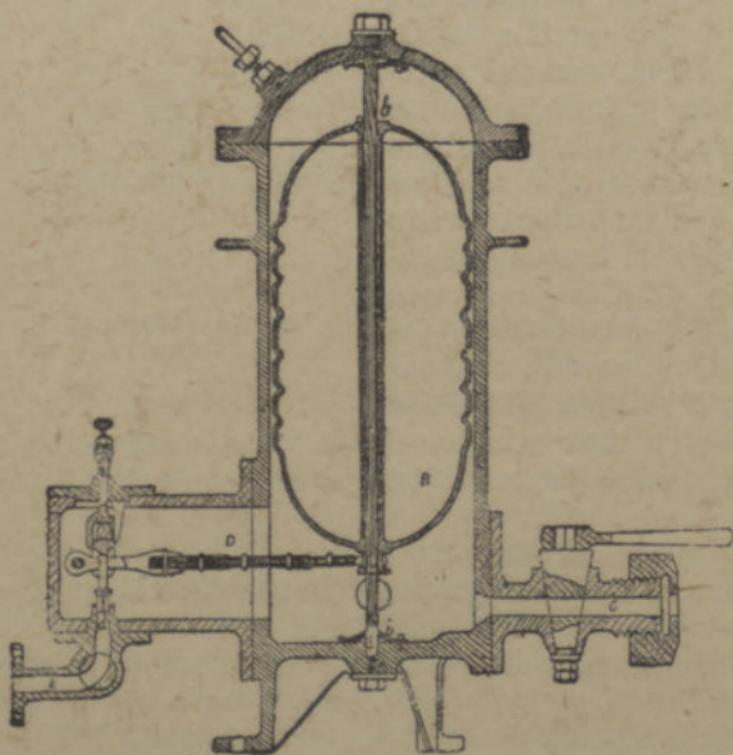


Fig. 69 — Purgador automático

um reservatório A, dentro do qual um flutuador B pode por meio da alavanca D abrir ou fechar a válvula *d*. Nas caixas da válvula de passagem, nas partes mais baixas dos colectores de vapor e emfim onde se supõe que possa haver condensações de vapor, adaptam-se torneiras que por tubuladuras apropriadas vão estabelecer a comunicação em C, com o purgador que está sempre montado num plâuo inferior. A água vem assim para A, de onde, atingido um certo nível, passa por D e E para um tanque ou cisterna, por o flutuador B ter aberto a válvula *d*. Baixando o nível, o flutuador desce e torna a fechar a válvula.

Noutros aparelhos, dentro do reservatório em vez de um flutuador fechado, há um balde ou flutuador aberto, tendo a meio da base a sede de uma válvula fixa ao reservatório. A água entra no reservatório e faz flutuar o balde, que assim encosta à válvula. Attingido o nível da borda do balde, a água passa para dentro dêle até que pelo excesso de pêso o obriga a cair no fundo da caixa, deixando aberta a comunicação entre o aparelho e a cisterna ou tanque apropriados, para onde se esgota tôda a água que o aparelho continha.

Geralmente a cada purgador automático vai ligar-se um feixe de purgas.

Assim descritas em detalhe cada uma das partes das caldeiras e os seus acessórios, vejamos agora qual a disposição geral dos diferentes tipos mais empregados.

É nas máquinas fixas que se encontra uma maior variedade de tipos, sendo em maior número as caldeiras cilíndricas horizontais de chama directa ou invertida, fornalha exterior ou interior, caldeira com ebulidores, caldeira Galloway, Cornish, as caldeiras aquitubulares Niclausse, Babcock e Wilcox, etc., e nas instalações mais pequenas, caldeiras verticais de tubos cruzados, gástubulares, de chama directa ou invertida,

e outras que são pequenas variantes dos tipos apontados e que pela simples indicação do tipo claramente se deduz a sua disposição interna.

Na marinha empregam-se ordinariamente as caldeiras cilíndricas gástubulares de chama directa ou invertida e as caldeiras aquitubulares. Nas pequenas embarcações, caldeiras verticais de chama directa ou invertida, caldeira Field e alguns aquitubulares.

As locomotivas formam um tipo único de caldeiras gástubulares de chama directa, com pequenas variantes nas suas disposições internas.

Nas locomóveis empregam-se caldeiras do tipo locomotiva, conquanto se empreguem alguns tipos em que a caldeira é vertical.

Caldeira cilíndrica com fornalha exterior. — É a forma mais simples duma caldeira, pois é formada por

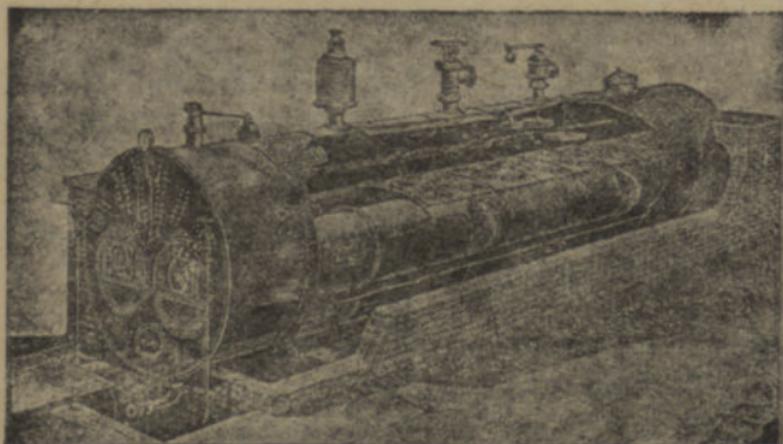


Fig. 70 — Caldeira Galloway

um corpo cilíndrico fechado por calotes esféricas. O corpo cilíndrico pode ser horizontal ou vertical, sendo a última disposição a adoptada nas caldeiras que utilizam os gases quentes provenientes de fornos de puldagem, de recozer, etc.

A caldeira cilíndrica com ebulidores, (figs. 15 e 44), é

uma variante dêste tipo em que para aumentar a superfície de aquecimento, à parte cilíndrica já descrita (*corpo principal*) se ligam inferiormente em número variável outros corpos também cilíndricos de menor diâmetro, sempre cheios de água e destinados a serem completamente cercados pelos produtos da combustão; êstes corpos secundários denominam-se *ebulidores*.



Fig. 71 — Tubo
Galloway

Algumas vezes só o corpo principal é aquecido directamente, collocando-se os ebulidores em condutos pelos quais se fazem passar os produtos da combustão. O todo é encerrado em paredes e abóbas de tijolo, deixando entre si os intervalos (*condutos*) *m* por onde passam os gases quentes, que são conduzidos da fornalha à chaminé. Estas caldeiras eram as mais empregadas nas instalações de máquinas fixas antes de aparecerem as

caldeiras aquitubulares que em grande parte as têm substituído.

A *caldeira cilíndrica com fornalha interior*, tem uma ou mais fornalhas cilíndricas collocadas à entrada e no interior do corpo principal, sendo portanto completamente cercadas pela água. Os gases quentes percorrem internamente o corpo da caldeira, passando depois para condutos que os fazem passar por debaixo do mesmo corpo e em contacto com êle.

A *caldeira Galloway*, (fig. 70), é uma caldeira cilíndrica com duas fornalhas interiores. Na caixa de fogo os dois tubos cilíndricos que formam as fornalhas ligam-se num só tubo achatado, atravessado por vários troncos de cone por dentro dos quais circula a água (*tubos Galloway*, fig. 71).

As caldeiras gástubulares foram empregadas primeiramente nas locomotivas, tornando-se depois o seu emprêgo quasi geral, tanto nas máquinas terrestres como marítimas. Como já foi dito, caracterizam-se por se obrigarem os produtos de combustão a atravessar

grande número de tubos cercados pela água, obtendo-se assim um considerável aumento na superfície de aquecimento.

A *caldeira locomotiva*, (fig. 72), é formada por um corpo cilíndrico horizontal C, atravessado pelo feixe tubular D, tendo à frente uma caixa de secção rectan-

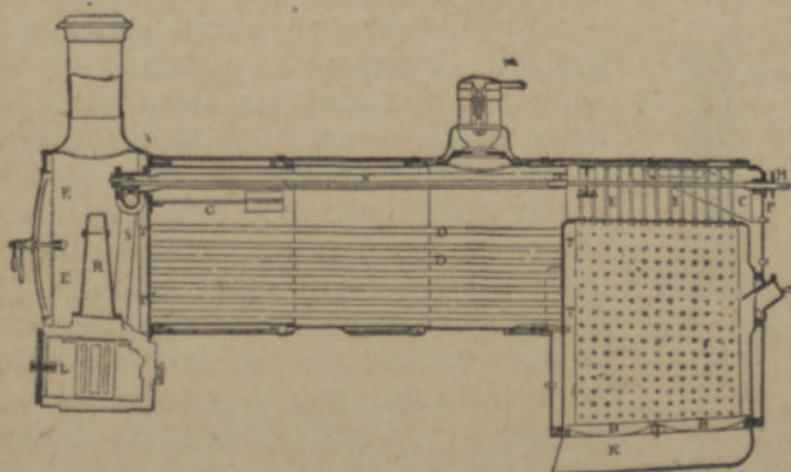


Fig. 72 — Caldeira locomotiva

gular, faces planas T, que se prolonga para baixo do corpo da caldeira até à altura da grelha B. A fornalha é assim limitada pela frente onde se abrem as portas, o teto, as paredes laterais, a chapa tubular e a grelha.

Grande número de esteios ligam as paredes da frente e laterais ao corpo da caldeira, do qual estão separados por estreitas *lâminas de água*. Inferiormente à fornalha adapta-se outra caixa K, que constitui o cinzeiro, cujas paredes não estão em contacto com a água. O corpo da caldeira é atravessado pelo feixe tubular D, que se abre na caixa de fumo E, montada no extremo oposto àquele em que está a fornalha.

A *caldeira Lenz*, (fig. 73), afasta-se do tipo descrito em ter a fornalha cilíndrica de chapa ondulada e tód cercada pela água.

Empregam-se algumas vezes *tubos Serve*, (fig. 74), cuja particularidade é o terem interiormente um certo número de abas, o que tem por fim, aumentando a superfície em contacto com os produtos da combustão, aumentar a quantidade de calor que a caldeira deve absorver. Estes tubos precisam ter um diâmetro um pouco maior do que os tubos ordinários.

O *tubo Beré*, (fig. 75), é uma variante do primeiro, sendo as diversas abas substituídas por uma parede no sentido do diâmetro, dividindo o tubo em duas partes.

Nas locomotivas tanto a fornalha, como os esteios que a consolidam, são ordinariamente de cobre ou de aço macio. O feixe tubular é ordinariamente de cobre.

As caldeiras deste tipo são empregadas não só nas

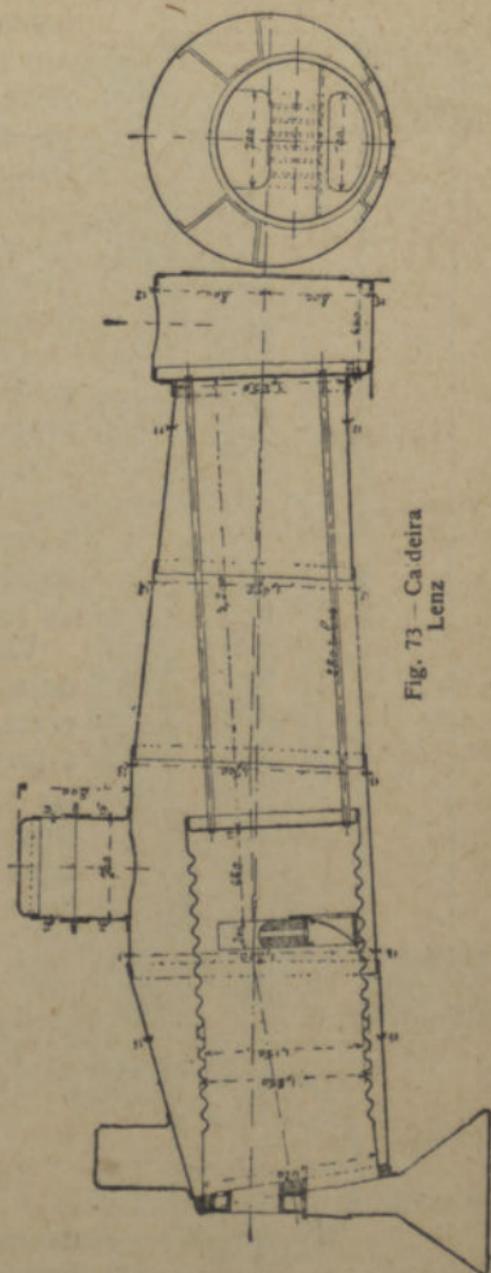


Fig. 73 — Caldeira Lenz

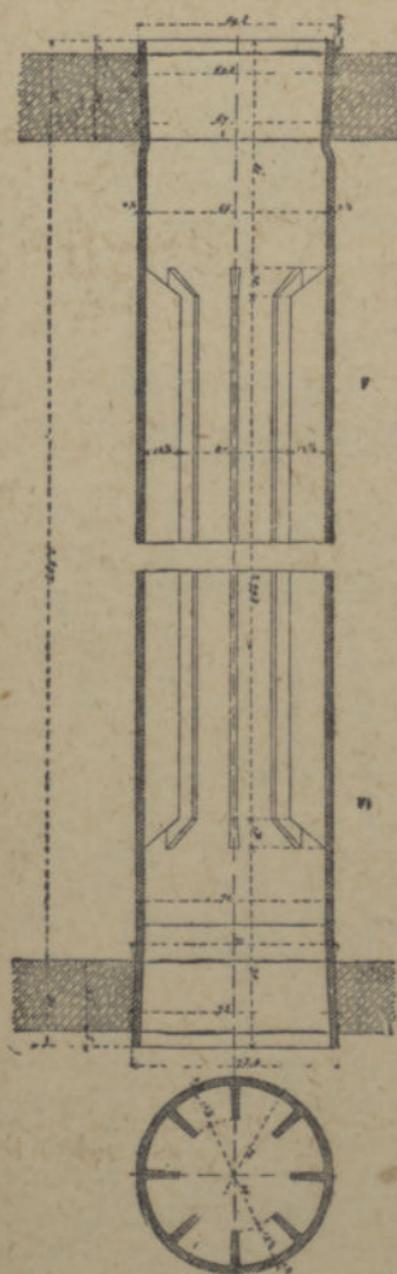


Fig. 74 — Tubo Serve

locomotivas mas também nas locomóveis, máquinas semi-fixas e ainda em muitas máquinas fixas, sendo muitas vezes preferidas, pela facilidade com que se faz a sua instalação. Também são bastante empregadas em barcos torpedeiros.

As caldeiras cilíndricas gástubulares são muito empregadas nas máquinas fixas, podendo ser de chama directa ou invertida, terem ou não ebulidores e serem de fornalha exterior ou inferior.

Vários tipos desta caldeira, tanto de chama directa como invertida têm a fornalha e o feixe tubular amovíveis, (fig. 76). Para isso, a frente da caldeira e as chapas tubulares fazem junta com o corpo



Fig. 75 — Tubo Beré

da caldeira, ao qual estão ligadas por parafusos com porca. Estas juntas são facilmente desmontáveis, e isso feito também com muita facilidade se tiram para fora

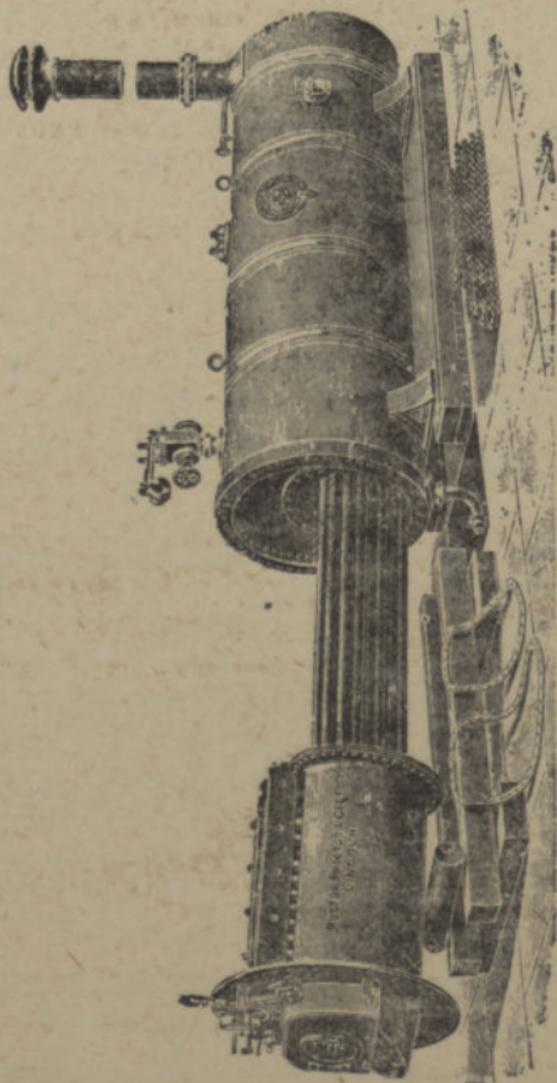


Fig. 76 — Caldeira gástubular

do corpo da caldeira a fornalha e o feixe tubular, o que muito facilita as limpezas e reparações.

As caldeiras gástubulares empregadas na marinha são quasi de um tipo uniforme, sendo pequenas as variantes que apresentam. Num corpo cilíndrico, ordinariamente de diâmetro superior ao comprimento da caldeira, estão dispostas conforme as suas dimensões

uma ou mais fornalhas. Um feixe tubular é atravessado pelos produtos da combustão que passam então à caixa de fumo por cima da qual está a chaminé. Estas caldeiras podem ser de chama directa ou invertida e as fornalhas serem lisas ou onduladas.

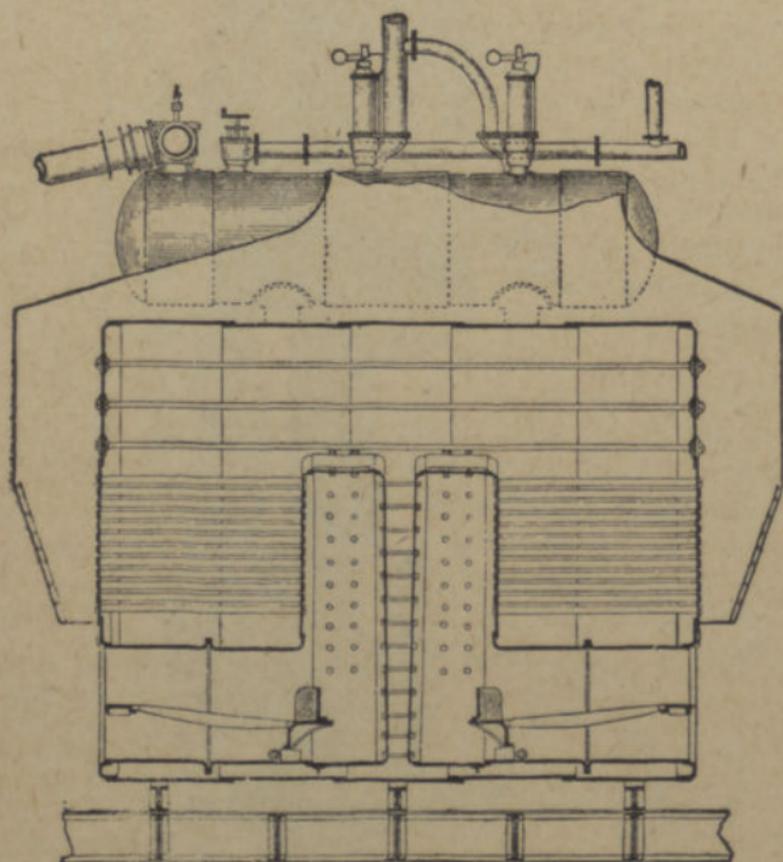


Fig. 77 — Caldeira de frente dupla

Quando se empregam fornalhas dos dois lados da caldeira, estas dizem-se *caldeiras de frente dupla*, (fig. 77).

Nas *caldeiras aquitubulares* ao contrário das caldeiras gastubulares, a água anda dentro dos tubos e os gases quentes por fora deles, disposição que per-

mite que em pequeno volume se obtenham grandes superfícies de aquecimento e grande redução do depósito de água, o que além de tornar mais curto o tempo preciso para pôr uma caldeira em actividade, diminui consideravelmente os riscos das explosões.

Varia muito a forma como as caldeiras aquitubulares são classificadas em grupos distintos uns dos outros.

Entre as várias classificações a mais racional é sem dúvida a que se baseia na forma como a água circula no interior da caldeira, mas para a sua boa compreensão, necessita-se um estudo bastante completo do funcionamento da caldeira. Assim, as caldeiras classificam-se em três grupos a saber :

de circulação limitada (ex. Belleville, Nayer, etc.)
de circulação livre (ex. Oriolle, d'Allest, Niclausse.)
de circulação acelerada (ex. Dutemple, Ywarrow, etc.)

Tendo em vista apenas a aparência das caldeiras podemos dividi-las em

caldeiras de tubos largos,
caldeiras de tubos ebulidores independentes e
caldeiras de tubos estreitos.

Caldeiras de tubos largos

A *caldeira Belleville* é uma das caldeiras aquitubulares mais antigas, sendo bastante empregada tanto em terra como a bordo dos navios, (figs. 78 e 79).

É formada por uma série de elementos verticais paralelos, sendo cada elemento constituído por uma fila simples ou dupla de tubos de aço R em zigue-zague cujos extremos atarracham em caixas de ferro fundido, *a*. Cada elemento é ligado inferiormente ao colector de alimentação C. As caixas *a*, apoiam-se umas sôbre

as outras sem qualquer forma de ligação, podendo portanto fazerem-se livremente as dilatações provenientes das diferenças de temperatura.

No colector de vapor D, estão dispostos diafrá-

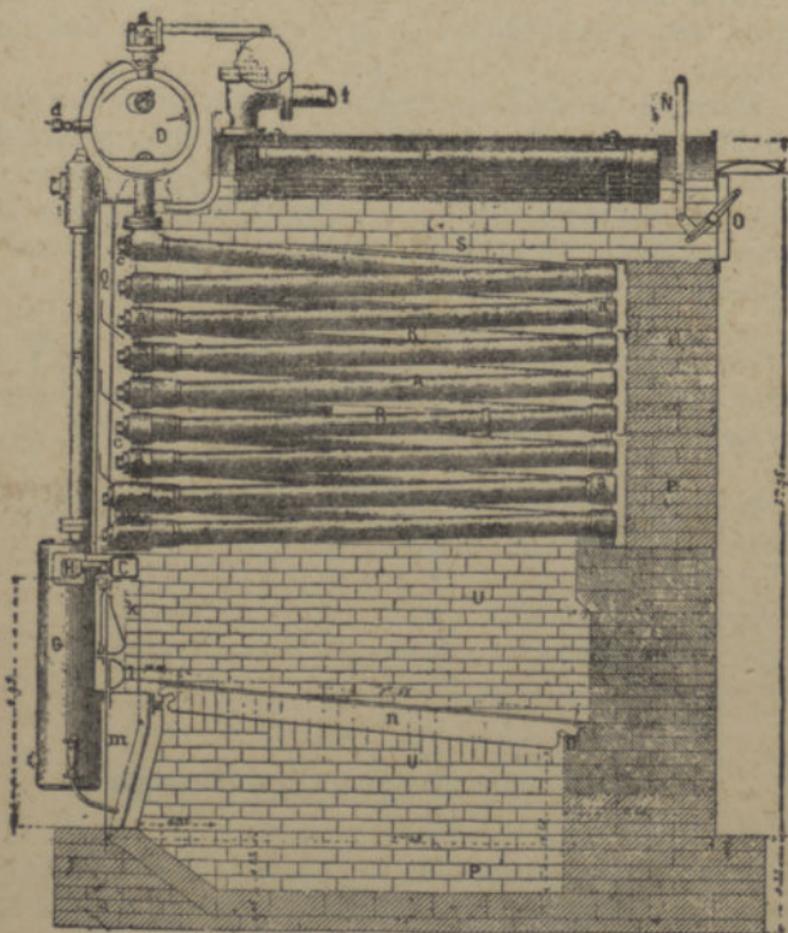


Fig. 78 — Caldeira Belleville

gmas que separam o vapor de alguma água por êle arrastada, água que volta ao colector de alimentação pelo tubo F, disposto ao lado da caldeira. Êste tubo

denomina-se *tubo de retórno*, assim como o colector superior se denomina *colector separador de vapor*.

O *regulador automático de alimentação*, (fig. 80), é

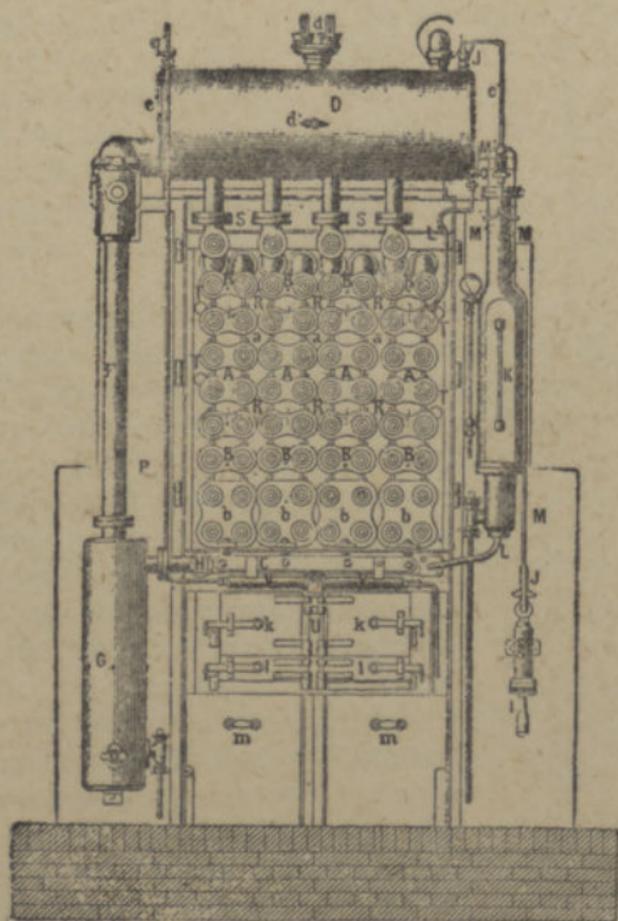


Fig. 79—Caldeira Bellevill

formado por um recipiente fundido K, fixo à caldeira a meia altura do feixe tubular com o qual por meio de tubuladuras especiais está em comunicação, sendo portanto a altura do nível de água igual na caldeira

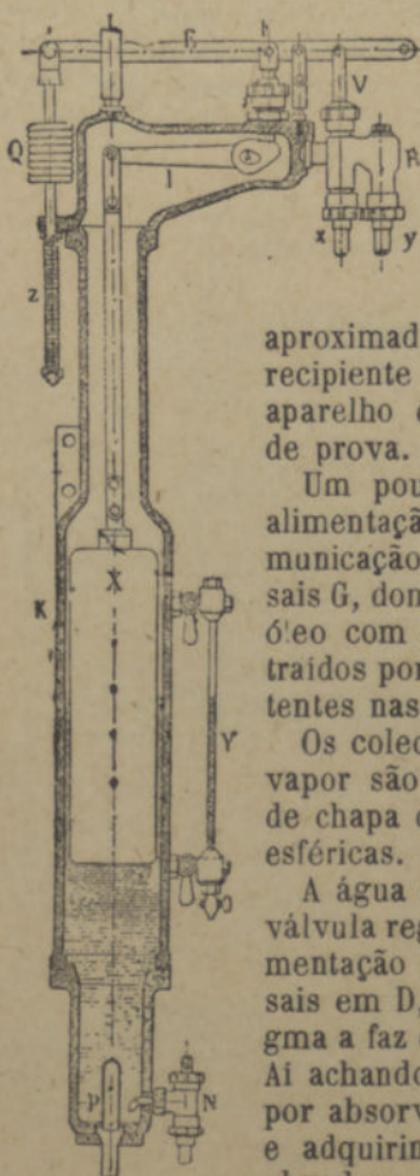


Fig. 80—Regulador
automático
de alimentação

e no recipiente K. Dentro da caixa K, sobe ou desce um flutuador X que por meio de um sistema de alavancas vai abrir ou fechar a válvula de alimentação V, mantendo assim uma altura do nível de água

aproximadamente constante. É no recipiente K que estão montados o aparelho de nível Y e as torneiras de prova.

Um pouco abaixo do colector de alimentação com o qual estão em comunicação, acham-se os depósitos de sais G, donde, juntamente com algum óleo com que se aglutinam, são extraídos por torneiras de sangrar, existentes nas bases destes depósitos.

Os colectores de alimentação e de vapor são formados por um cilindro de chapa de aço fechado por calotes esféricas.

A água de alimentação passando a válvula reguladora automática de alimentação entra em um separador de sais em D, (fig. 78), onde um diafragma a faz entrar em forma de chuva. Ai achando-se em contacto com o vapor absorve-lhe rapidamente o calor e adquirindo uma alta temperatura abandona os sais calcáreos e alguns óleos que se precipitam nos depósitos de sais donde de tempos a tempos são extraídos pela torneira de

sangrar. A água passa então ao colector de alimentação elevando-se a pouco e pouco nos tubos de um mesmo

elemento que apresenta a forma de uma serpentina de ramos achatados; aí é vaporizada e passa então ao colector separador de vapor, onde como atrás fica dito atravessa os vários diafrágmás, abandonando alguma água que por êle venha arrastada.

A grelha é formada por barras onduladas ligadas duas a duas por meio de rebites e casquilhos. O invólucro é de chapa de ferro e de qualquer matéria isoladora nas máquinas marítimas e de tijolo nas máquinas terrestres.

Afim de tornar estas caldeiras mais económicas adaptaram-se-lhe aquecedores de água de alimentação.

Êstes aparelhos são formados por vários tubos de pequeno diâmetro, dispostos perto da base da chaminé, por forma que os produtos da combustão ao passarem por êles, transmitem-lhes calor que é aproveitado em aquecer a água de alimentação forçada à atravessar por dentro dêsses tubos antes de entrar na caldeira.

As caldeiras Belleville são muito resistentes e podem suportar pressões muito elevadas. Ocupam pouco espaço, são bastante leves e como têm um pequeno volume de água e grande superficie de aquecimento, depressa se põem em actividade bastando entre 25 a 50 minutos, conforme as dimensões, para acender e ter na caldeira a pressão de regimen.

A caldeira Nayer, (figs. 81 e 82), compõe-se de um feixe tubular disposto no sentido do comprimento da caldeira, sendo os tubos paralelos e com uma inclinação de 10° sôbre a horizontal; cada par de tubos é ligado por uma caixa *c*, comunicando com o par que lhe fica imediatamente superior por tubos curvos de aço *t*. Cada série vertical de pares de tubos constitui assim um elemento.

Dois reservatórios prismáticos de ferro R, R, atravessados um pela parte de cima e à frente e o outro pela parte inferior e posterior do feixe tubular estão em co-

municação com os tubos extremos de cada elemento. O reservatório inferior é o colector de alimentação. A água

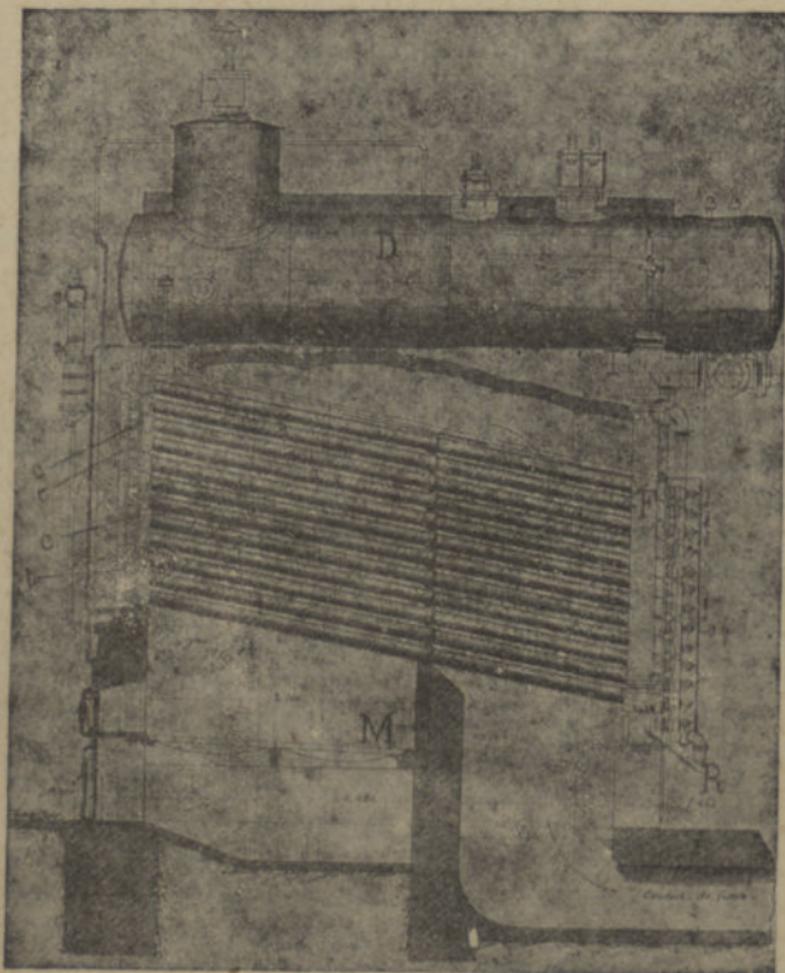


Fig. 81 — Caldeira Nayer

enche este colector, todos os tubos, o reservatório superior e ainda parte do colector de vapor D que é cilíndrico e se estende sobre a caldeira. Neste colector está montado o aparelho de nível e pela parte de trás

sai o tubo de retorno F, ligando os dois colectores.

Os produtos da combustão detidos a meio comprimento do feixe tubular por um muro de tijolo M, são obrigados a subir e passando sobre esse muro descem por detrás dele para irem para a chaminé, fazendo assim dois percursos, um ascendente e outro descendente. O comprimento dos tubos varia entre três e cinco metros e o seu diâmetro regula por doze centímetros.

Nestas caldeiras o volume de água é maior do que nas caldeiras Belleville, mas o nível da

água e a pressão mantêm-se com maior regularidade e as reparações são mais fáceis de executar; é bastante usada em máquinas fixas.

Caldeira americana Root, (fig. 83). Nesta caldeira cada elemento é formado por fiadas duplas e inclinadas de tubos I, ligadas cada uma por uma caixa rectangular. n.º 3, (fig. 84), a qual é posta em comunicação com a que lhe fica superiormente colocada por um tubo em forma de cotovêlo.

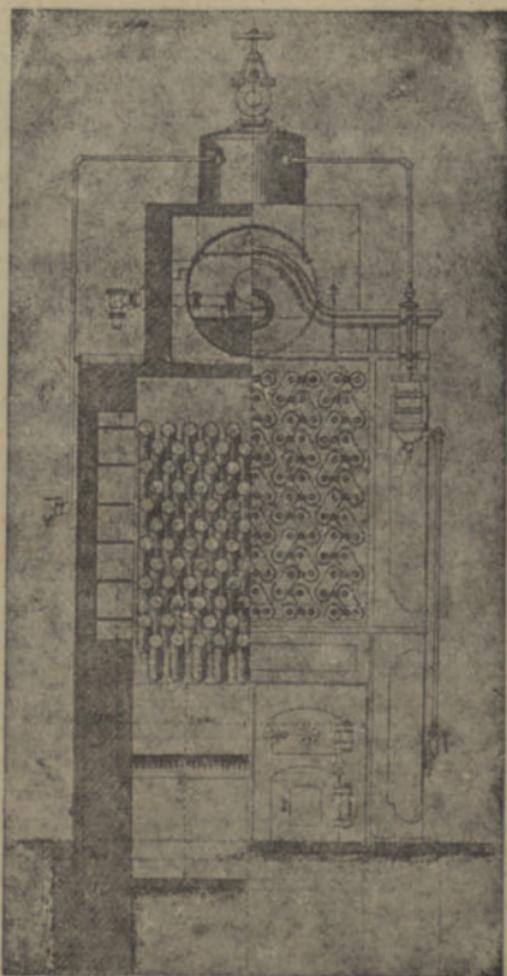


Fig. 82 — Caldeira Nayer

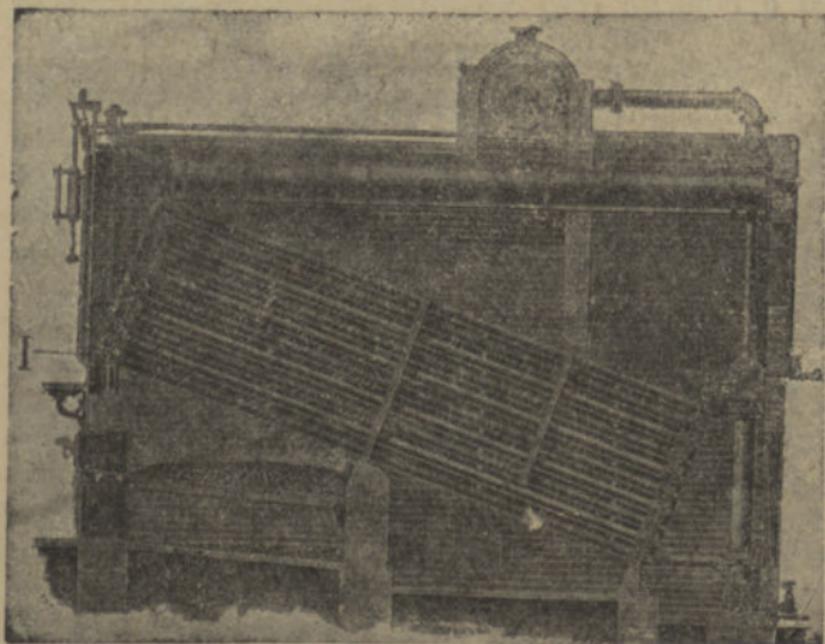


Fig. 83 — Caldeira Root



Fig. 84 — Tubos da caldeira Root

O colector superior é formado por uma série de cilindros paralelos e horizontais D, (fig. 85), dispostos no sentido do comprimento da caldeira e em comunicação com o depósito de vapor V. Esses colectores superiores estão ligados do lado da frente aos vários elementos da caldeira por meio de cotovêlos semelhantes aos que ligam as fiadas de tubos; do lado detrás estão os tubos de retorno A, F, P, E, I, que se ligam a um colector intermédio r, por sua vez ligado aos vários elementos tubulares e ao cole-

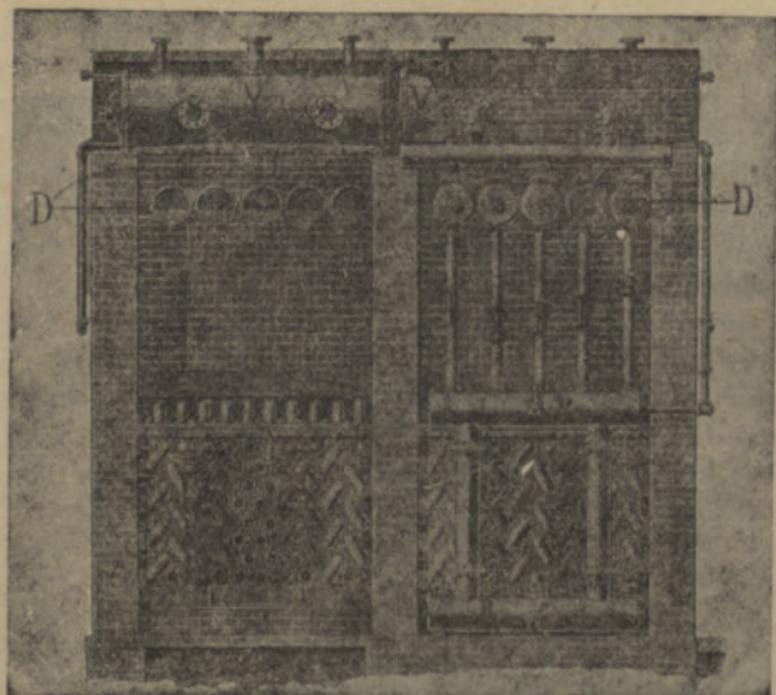


Fig. 85 — Caldeira Root

ctor de alimentação R o qual está da parte detrás da caldeira transversal e inferiormente à primeira fiada de tubos.

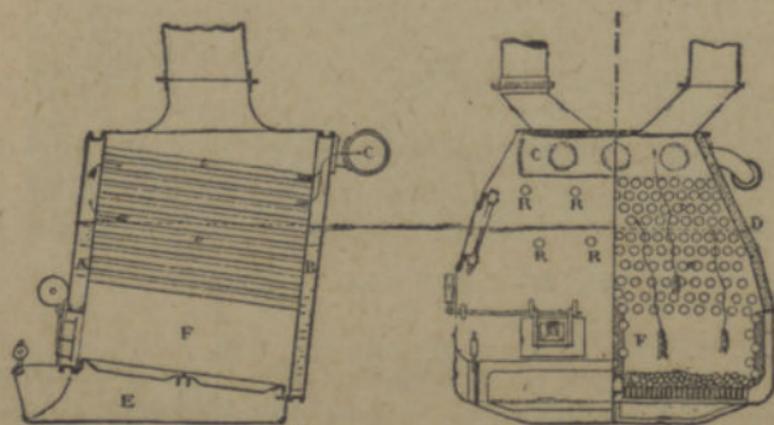


Fig. 86 — Caldeira Oriolle

A *caldeira Oriolle*, (fig. 86), é formada por duas caixas prismáticas, paralelas e verticais A e B, ligadas por tubos *t*; na parte superior da caldeira estende-se um colector de vapor C, cilíndrico e horizontal. Na direcção do eixo de cada tubo encontram-se, na face externa das caixas prismáticas, portas para inspecionar e limpar interiormente os tubos. O todo tem um invólucro duplo de chapa de ferro sendo o intervalo cheio de algodão silicatado ou então invólucro de tijolo e argamassa, conforme o fim a que a caldeira se destina.

Nestas caldeiras a altura do nível de água anda bastante baixa, fazendo parte do depósito de vapor algumas das fiadas superiores de tubos.

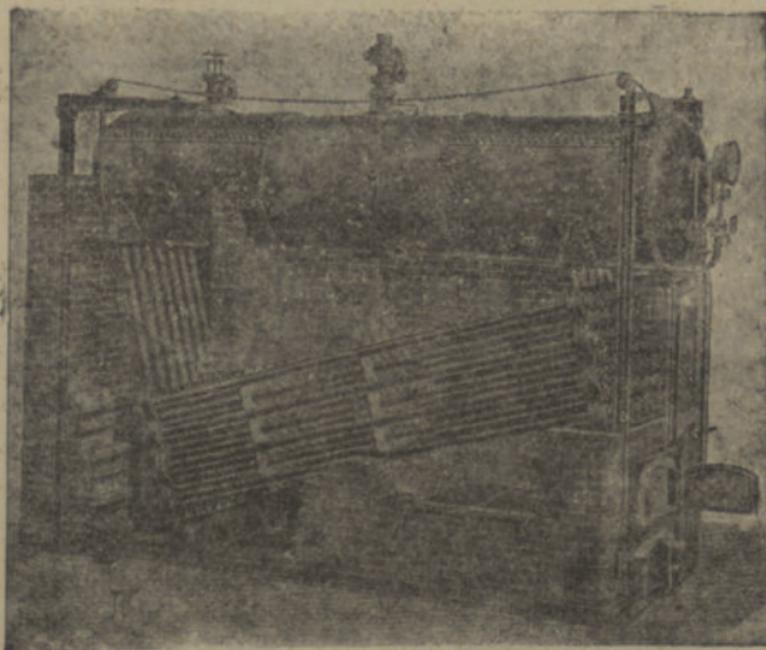


Fig. 87— Caldeira Babcock e Wilcox

Caldeira Babcock e Wilcox, (figs. 87 e 88). Cada elemento é formado por uma fiada de tubos em zigzag *t*, ligados nos extremos por caixas de ligação C,

uma por cada fiada ou elemento tubular. Estas caixas estão em comunicação, do lado da frente com o colector de vapor, D, que é cilíndrico e está no sentido do comprimento da caldeira e do lado detrás também com o mesmo colector pelos tubos de retôrno. F, e com o colector de alimentação, R, de forma cilíndrica e colocado transversalmente debaixo dos primeiros tubos.

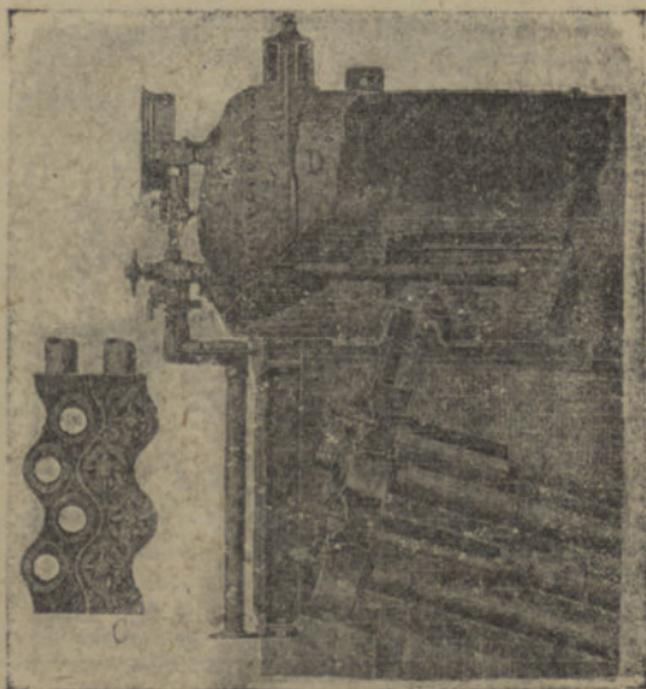


Fig. 88 — Detalhes da caldeira Babcock e Wilcox

Os gases de combustão elevam-se no feixe tubular no têrço da frente da caldeira, descem depois no têrço médio, e sobem no têrço posterior donde saem para a chaminé. Esta divisão da caldeira em três partes, obtem-se por meio de paredes ou *muros* de tijolo.

O todo é encerrado em um invólucro de chapa nas caldeiras marítimas ou de tijolo nas terrestres.

A caldeira Lagrafel e d'Allest, (figs. 89 e 90), é formada por dois corpos independentes B, B, tendo cada um a sua grelha D, mas com uma caixa de fogo comum.

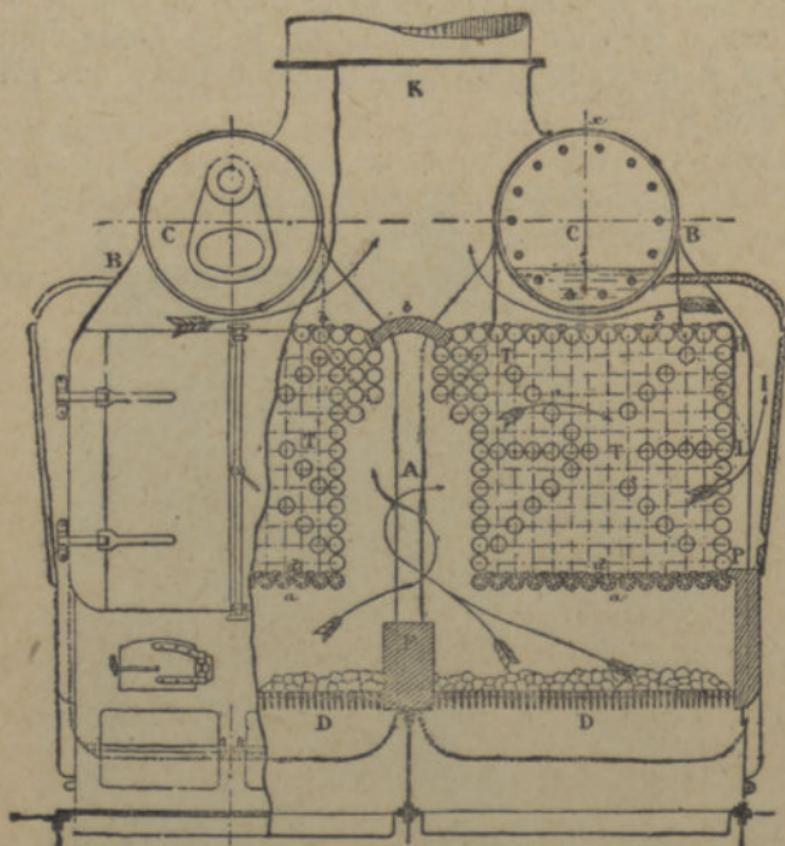


Fig. 89 — Caldeira Lagrafel e d'Allest

Cada corpo compõe-se de um feixe tubular T estabelecendo a comunicação entre duas caixas prismáticas M, N, que formam as faces da caldeira. Cada caixa comunica com um colector de vapor C, cujo eixo é horizontal. Afim de facilitar a circulação da água e vapor os tubos são inclinados ficando mais baixos à parte detrás.

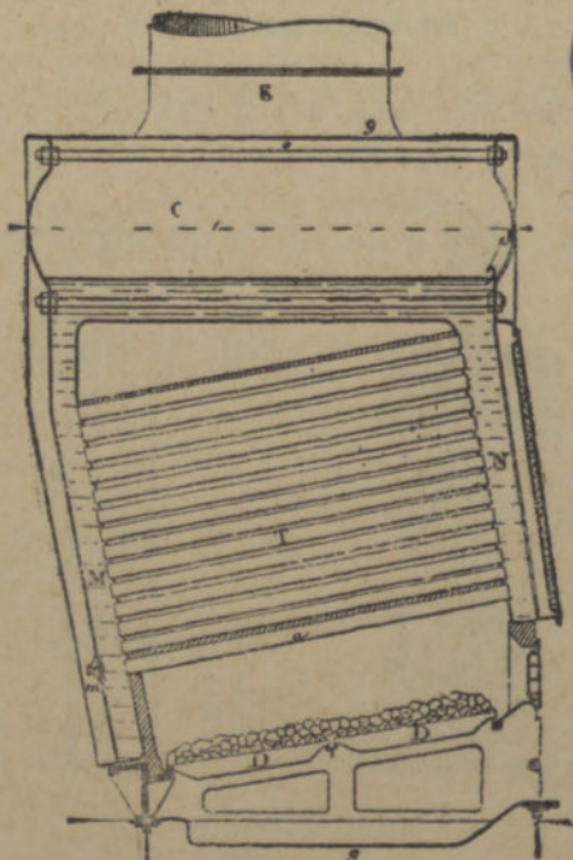


Fig. 90 - Caldeira Lagrafel e d'Allest

A grelha está por debaixo da primeira fiada *a* toda formada por tubos, do sistema Serve, os quais são cobertos por uma parede de tijolo *d*, formando o teto da fornalha. Os produtos da combustão passando sobre o muro *F*, voltam em sentido contrário atravessando o feixe tubular, cuja fiada superior também é coberta de tijolo *b*; passam depois por cima dessa parede, banham parte do colector de vapor *C* e dirigem-se para a chaminé *K*.

Caldeiras de tubos ebulidores independentes

A caldeira *Field*, (fig. 91), é uma caldeira de vaporização rápida empregada em algumas pequenas em

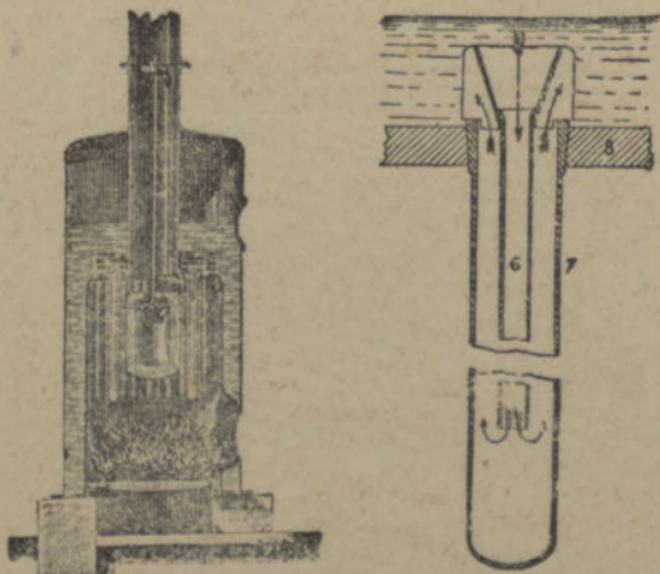


Fig. 91 — Caldeira Field

barcações a vapor, nas bombas de incêndio, etc. Compõe-se de um corpo cilíndrico envolvendo a fornalha, também cilíndrica e separado daquela por uma estreita lâmina de água. Do teto da fornalha sai um grande número de tubos, com um extremo fechado virado para a grelha. Dentro de cada um destes tubos, n.º 7, há outro de menor diâmetro, n.º 6, aberto de ambos os lados, terminando na parte de cima em forma de funil e apoiando-se ao outro por três pequenas abas que saem da parte afunilada. A água aquecendo sobe ao longo das superfícies em contacto com os gases quentes enquanto que a água mais fria desce pelo tubo de menor

diâmetro e passando imediatamente a subir pelo primeiro, aquece e vaporiza-se.

A circulação assim estabelecida é muito activa e rapidamente se consegue elevar a pressão, pelo que é esta caldeira a preferida para os motores das bombas de incêndio.

Na *caldeira Montupet*, (figs. 92 e 93), o feixe tubular é formado por tubos de circulação *t*, e ebulidores *T*, semelhantes aos tubos da caldeira Field, mas fazendo com a horizontal um ângulo de 16° .

A obturação do extremo dos tubos ebulidores faz-se por meio dum tampão roscado, *a*. O colector *M*, que liga os extremos abertos de todos os tubos é em ferro forjado, e dividido a tôda a altura em dois compartimentos, n.^{os} 1 e 2, por um diafragma onde se fixam os tubos, mas onde se abrem sómente os tubos de circulação *t*, abrindo-se os tubos ebulidores *T*, na parte n.^o 2, com-

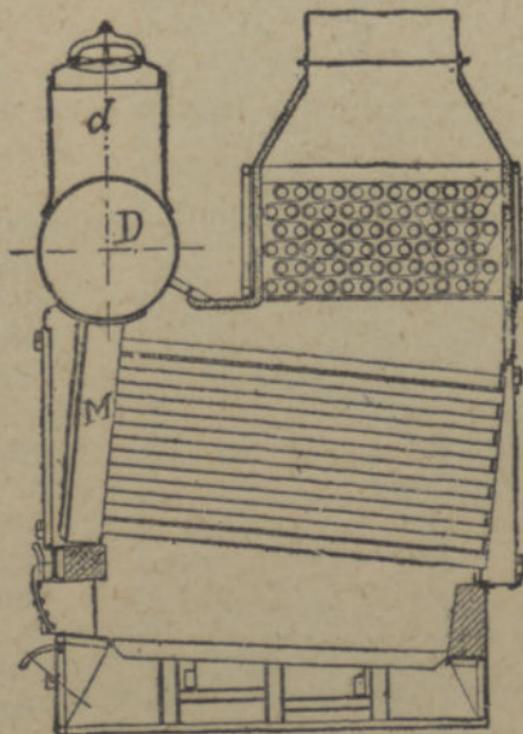


Fig. 92 — Caldeira Montupet

preendida entre o diafragma e a parede posterior do colector. Este comunica superiormente com um colector de vapor *D*, ao qual se sobrepõe o depósito de vapor *d*.

A água entrando no colector de alimentação, per-

corre o tubo de circulação *t*, passa em seguida ao

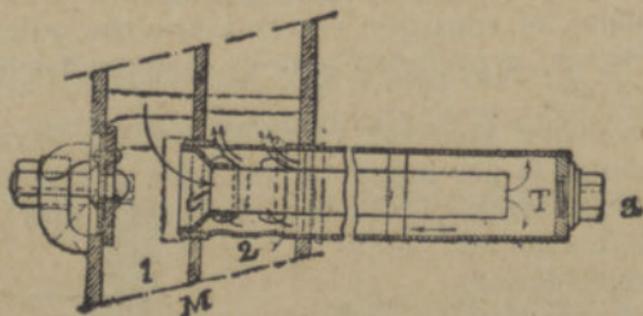


Fig. 93 — Detalhe da caldeira Montupet

tubo ebulidor T, onde se vaporiza, e pelo compartimento n.º 2, do collector de alimentação dirige-se ao collector de vapor D.

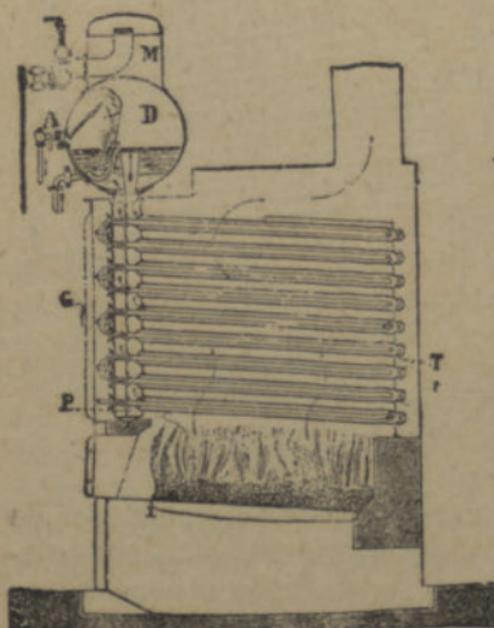


Fig. 94 — Caldeira Niclausse

Empregam-se três tipos desta caldeira.

O tipo industrial, de tubos compridos com o diâmetro de 80 a 100 milímetros e de chama invertida.

O tipo marítimo, com tubos de 60 a 80 milímetros de diâmetro e de chama directa.

O tipo para torpedeiros, com tubos curtos de 30 a 40 milímetros de diâmetro e de chama directa.

A caldeira Niclaus-

se, (fig. 94), é também muito usada em máquinas fixas e em algumas marítimas. É constituída por uma série de elementos, (fig. 95), paralelos, constituídos por um grupo de tubos ebulidores T, de 82 milímetros de diâmetro que se fixam do lado da frente da caldeira a um colector C que superiormente está ligado ao colector D colocado transversalmente ao feixe tubular, de forma a ligar-se aos vários elementos tubulares que constituem a caldeira.

O tubo ebulidor T de que falámos e que é fechado no extremo oposto ao que se liga ao colector, contém um tubo de circulação *t*, de 40 milímetros de diâmetro. Todo o feixe tubular é inclinado sobre a horizontal cerca de 10.º.

O colector da alimentação C, é formado por uma caixa de ferro fundido, ondulada, de secção rectangular e dividida transversal e perpendicularmente ao eixo dos tubos por uma parede ou diafragma P, de maneira a formar dois compartimentos; o tubo ebulidor termina junto da parede mais retirada do colector, enquanto que o tubo de circulação termina no diafragma P. Esse diafragma P do colector de alimentação, prolonga-se até cerca do nível de água no colector superior D mas alargando para a parte mais elevada. É no colector superior, parte do qual

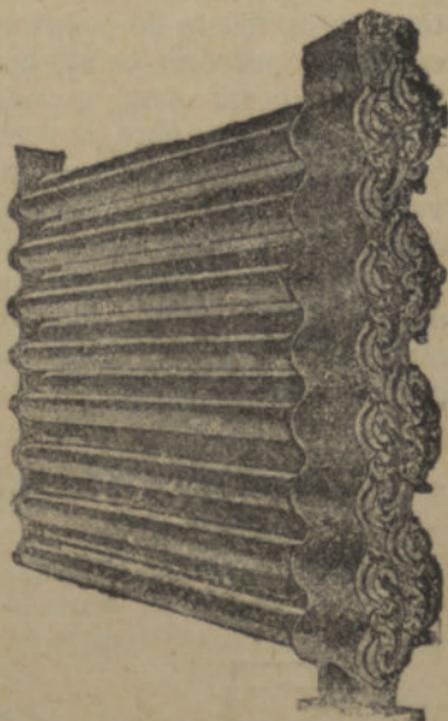


Fig. 95 — Tubos da caldeira
Niclausse

ainda tem água, que estão montados os acessórios como manómetros, aparelho de nível, etc. O conjunto é encerrado em um invólucro de tijolo e argamassa.

A água de alimentação entra no colector superior por A, desce no colector da alimentação pelo compartimento da frente do colector, entra nos tubos de circulação *t*, percorre-os até ao fim passando pela extremidade aberta para o tubo ebulidor T, onde se vaporiza e daí para o compartimento posterior do colector de alimentação donde sobe para o colector de vapor D e daí para o depósito M que sobre êle está colocado.

Os tubos podem ser inspeccionados e limpos através de furos do colector de alimentação, na direcção do eixo de cada tubo, furos que se tapam por meio de portas com tranquetas.

Caldeiras de tubos estreitos

A Caldeira Dutemple, (fig. 96), tem muita analogia

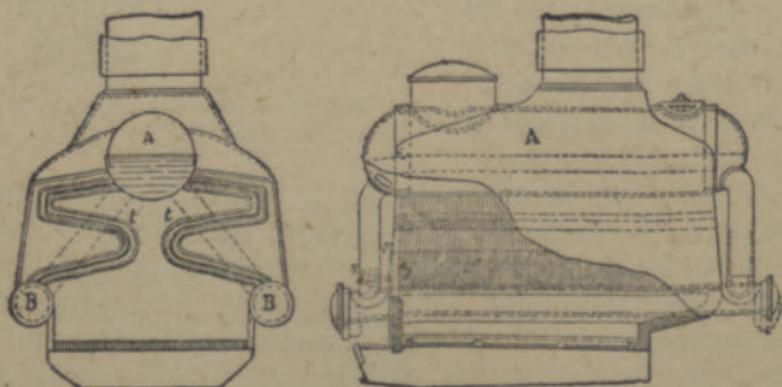


Fig. 96 — Caldeira Dutemple

com a caldeira Belleville. Um colector de vapor cilíndrico A, colocado superiormente e no sentido do com-

primento da caldeira, liga-se a dois colectores de alimentação B B, colocados aos lados da grelha, por tubos t, curvados em forma de S. A ligação dos tubos aos colectores faz-se como mostra a (fig. 98).

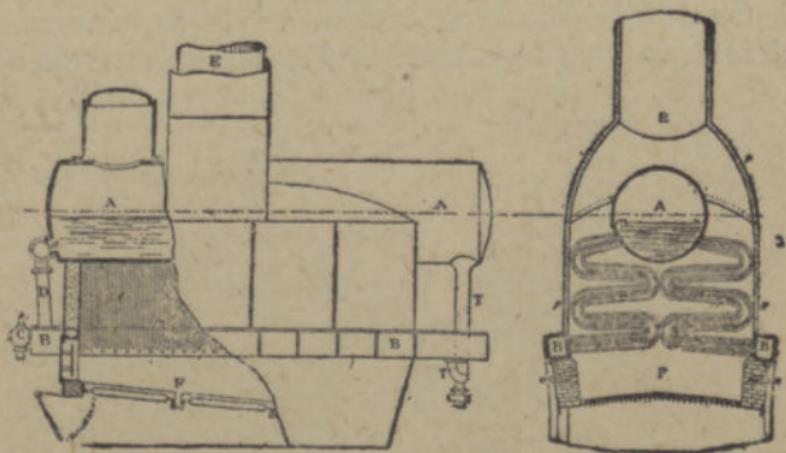


Fig. 97 — Caldeira Dutemple

Nos primeiros tipos, (fig. 97), os colectores de alimentação eram de secção rectangular e os tubos tinham mais curvas, mas nos tipos mais recentes, os colectores são cilíndricos e os tubos têm só três curvas como na (fig. 96).

Tubos de retôrno D e T ligam de ambos os lados o colector de vapor A aos colectores de alimentação B B.

O diâmetro dos tubos varia entre 19 e 24 milímetros e a sua espessura é de 2,5 milímetros.

O todo assenta sobre uma caixa de tijolo refractário, suportado por uma armção de ferro que forma a fornalha e a caixa de fogo.

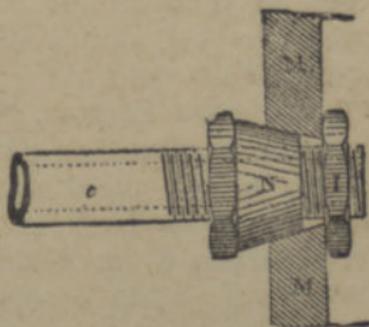


Fig. 98 — Tubo da caldeira Dutemple

A caldeira Thornycroft, (fig. 99), é muito semelhante à precedente; da mesma forma há um colector de vapor A, ligando-se por tubos curvos *t*, aos colectores de alimentação B B. A diferença consiste em que no colector de vapor, os tubos abrem-se na parte superior acima do nível de água, curvam-se depois em arco de círculo paralelo ao colector até quasi se juntarem aos

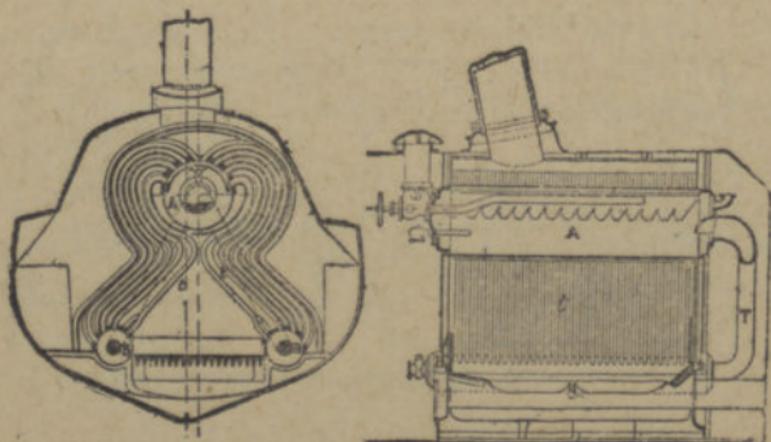


Fig. 99 — Caldeira Thornycroft

que partem do lado oposto, onde curvando-se outra vez se dirigem aos colectores de alimentação aos quais os dois tubos de retôrno T ligam também o colector de vapor.

A caldeira Yarrow, (fig. 100), difere da precedente em serem rectos os tubos *t*, que ligam o colector de vapor A, aos colectores de alimentação B B, os quais são dispostos também aos lados das fornalhas, mas cuja secção é um semicirculo invertido. Os tubos de retôrno T, ligam o colector de vapor aos de alimentação.

O regulador automático de alimentação é formado por um tubo que se abre logo acima do nível de água e que conduz o vapor aos motores das bombas de alimentação. Subindo o nível de água além do nível de regimen, pelo tubo condutor passará água em vez de vapor e

como o volume dos cilindros do motor é superior ao volume dos corpos das bombas, a quantidade de água

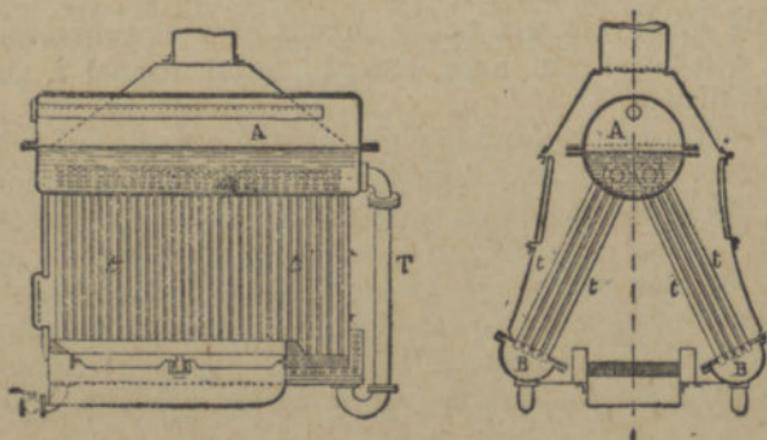


Fig. 100 — Caldeira Yarrow

que sai é superior à da água que entra, pelo que o nível desce, até que pelo tubo passe sómente vapor.

O modelo mais recente dèste tipo de caldeiras aproxima-se um pouco do tipo Normand.

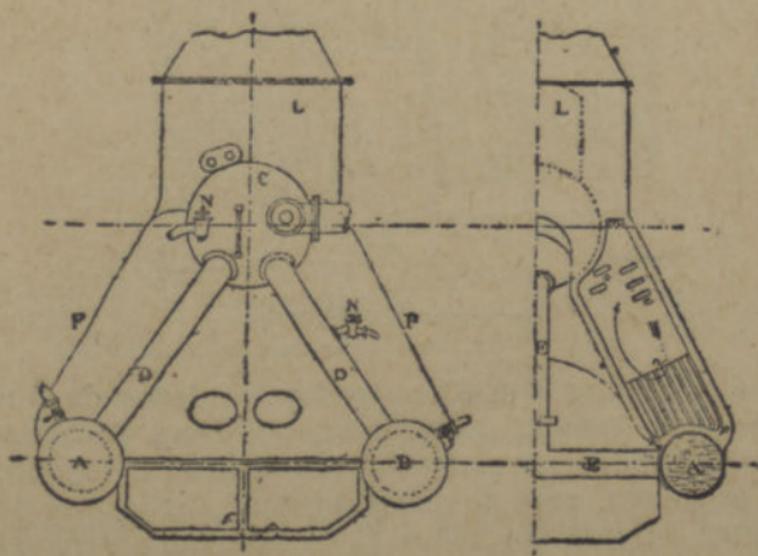


Fig. 101 — Caldeira Normand

Os colectores de alimentação em vez de terminarem por uma superfície plâna, terminam por uma superfície curva muito achatada.

Os tubos são um pouco curvos para atravessarem os colectores em uma direcção quasi normal à sua superfície.

Os tubos de retôrno que passaram a ser seis em cada fachada ligando os colectores de alimentação ao colector de vapor são agora apenas dois de diâmetro bastante maior e só de um lado, cada um dos quais sai de um dos colectores de alimentação, juntando-se a certa altura em um só tubo ligado ao colector do vapor.

As caldeiras *Normand*, (figs. 101, 102 e 103), usadas nas maquinas marítimas, são formadas por dois colec-

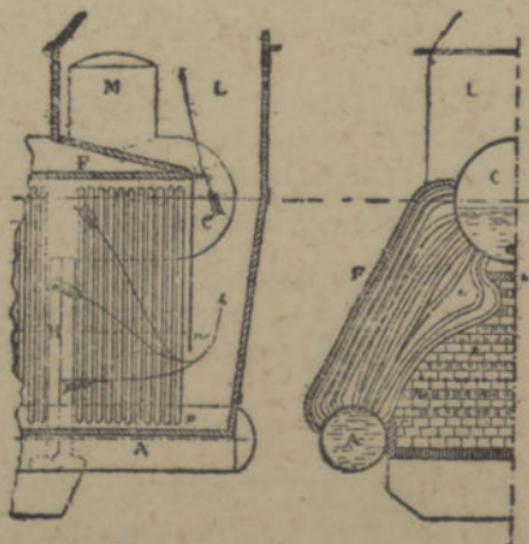


Fig. 102—Caldeira Normand

tores cilíndricos A e B, colocados aos lados da fornalha e no sentido do comprimento desta. Superiormente e a meio está montado outro colector C, idêntico aos primeiros, mas de maior diâmetro, ligando-se ao colector inferior por tubos t , de curvatura variável conforme a sua posição.

As duas fiadas laterais e externas de tubos, são dispostas de maneira que os tubos da segunda fiada, vêm adaptar-se entre os tubos da primeira, quasi a tocarem-se, formando uma parede que impede os gases quentes de tomarem contacto com o invólucro exterior F, o qual é formado por duas chapas com o intervalo preenchido por uma matéria isoladora.

A mesma disposição de tubos se vê nas duas primeiras fiadas do lado de dentro, mas só de meio comprimento da grelha para trás o que obriga os gases da combustão a voltarem para a frente da fornalha, passarem entre os tubos da frente e atravessarem depois feixe tubular a todo o comprimento dos colectores, passando então à caixa de fumo e daí à chaminé L. A câmara da combustão é limitada à frente por uma

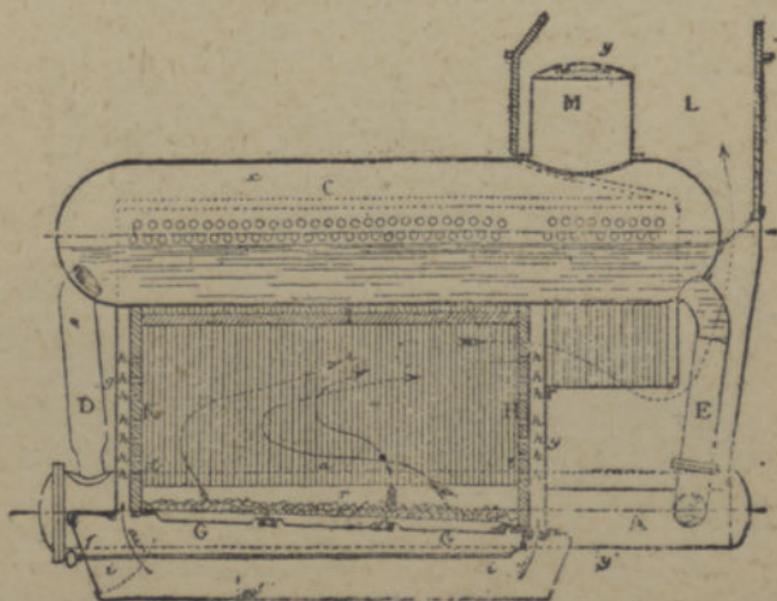


Fig. 103 — Caldeira Normand

parede de tijolo refractário *h*, da parte detrás outra parede *h*, idêntica à primeira, no teto por uma abóbada também de tijolo *I* e pela parede formada pelos

tubos das duas fiadas interiores; lateralmente, pelos dois feixes tubulares cujas fiadas exteriores formam como já dissemos uma parede isoladora.

Depois de saírem do feixe tubular *t*, os gases encontram uma chapa vertical *mn*, que os obriga a descer dirigindo-se depois para a chaminé *L*.

O colector superior *C*, liga-se aos colectores inferiores *A* e *B* por tubos oblíquos de retôrno *D*, do lado anterior da fornalha e por um outro *E*, em forma de *T* invertido, na parte posterior da caldeira. A válvula de alimentação abre-se no colector de vapor *C*.

O nível de água fica a meio do reservatório superior e os tubos têm de diâmetro 30 milímetros e de espessura 2,5 a 3 milímetros.

Estas caldeiras são muito leves, levam pouco tempo a pôr em actividade e prestam-se a mudanças bruscas de regimen.

Têm o inconveniente de difficilmente se fazer a

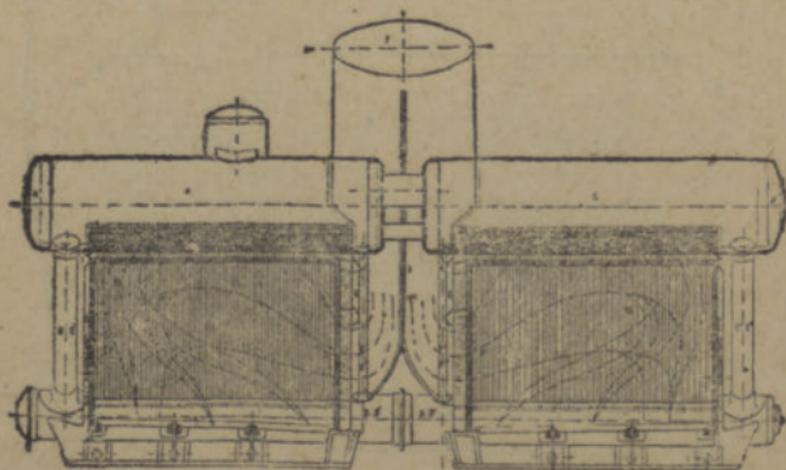


Fig. 104 — Caldeira Normand Sigaudy

limpeza interna dos tubos, embora a rápida circulação da água impeça até certo ponto que alguns sais e óleos levados pela água aí se depositem, tornando portanto essa limpeza menos freqüente.

Uma modificação deste tipo é formada por uma caldeira em que a parede formada pelas fiadas internas de tubos se estende até à frente da caldeira onde se acha a chaminé.

Os gases da combustão percorrem a fornalha no sentido do seu comprimento e voltam para trás por

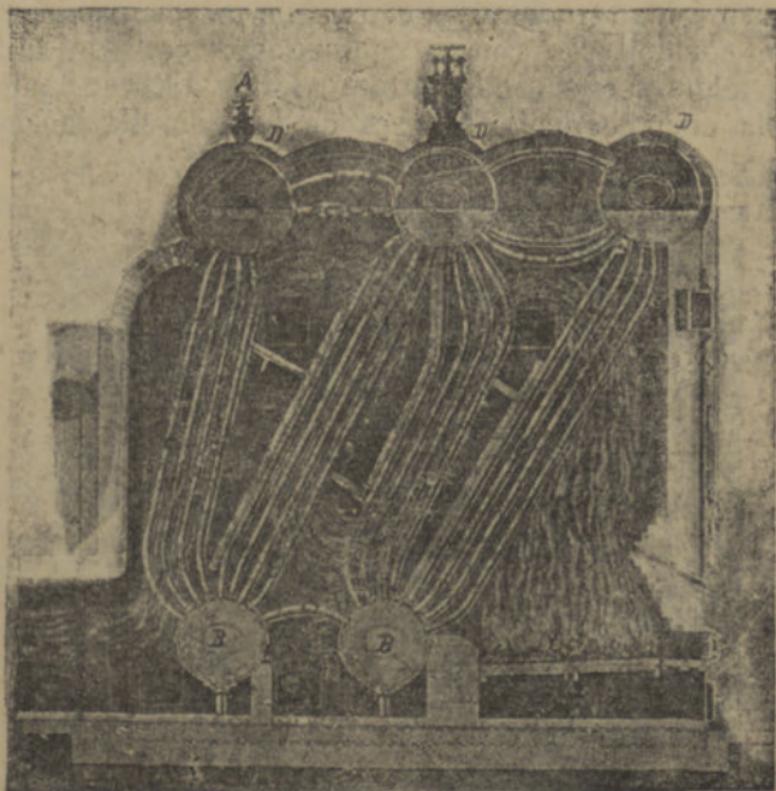


Fig. 105—Caldeira Sterling

dentro do feixe tubular para se dirigirem à chaminé, formando assim uma caldeira de chama invertida.

As caldeiras *Normand Sigaudy*, (fig. 104), são formadas por duas caldeiras do tipo precedente, ligadas pelos fundos dos respectivos colectores de vapor C que comunicam entre si, formando assim uma caldeira

dupla mais leve e menos volumosa do que os dois corpos que a constituem quando isolados. Além disso, tendo um maior volume de água é menos sensível a variações de regimen.

Os reguladores de alimentação, Normand, são formados por uma caixa montada acima do nível de água da caldeira, comunicando com ela por um tubo que se abre à altura do nível de água. A mesma caixa está em comunicação com o condensador por um tubo de muito pequeno diâmetro por forma a haver dentro dela uma pequena diferença de pressão. Na mesma

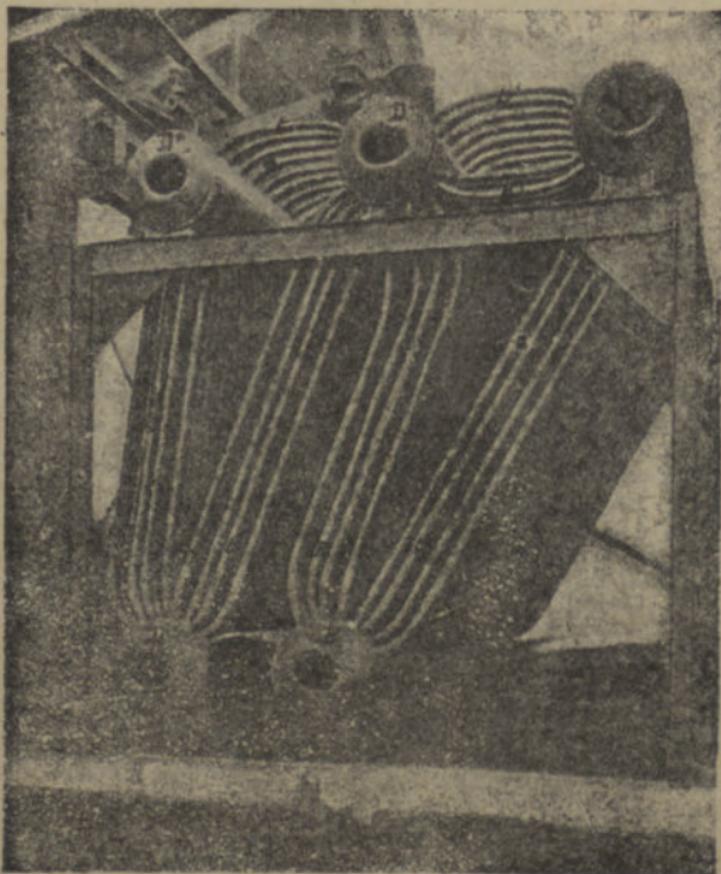


Fig. 106 — Caldeira Sterling

caixa há um flutuador ligado a uma alavanca que transmite movimento a uma válvula montada no tubo de alimentação.

Se o nível de água subir até afogar o extremo do tubo que comunica com o regulador, como neste a pressão é inferior à da caldeira, a água sobe e vem fazer levantar o flutuador que, por intermédio da alavanca, faz fechar a válvula reguladora da alimentação, isto até que o nível desça, o tubo se descubra e, esvasiando-se a água ao regulador, o flutuador desça e a válvula se abra.

A *caldeira Sterling*, (figs. 105 e 106), tem alguma analogia com as caldeiras Normand, mas os tubos têm um diâmetro maior (82 milímetros).

Superiormente à caldeira e embebidos em alvenaria, há três colectores cilíndricos transversais D, D' e D''. A alimentação faz-se por A, no colector posterior da caldeira, D''. Inferiormente há só dois colectores B B, também cilíndricos e transversais. Estes colectores comunicam com os colectores superiores por tubos mais ou menos recurvados. Os colectores superiores comunicam entre si por tubos *t*.

Os tubos formam assim quatro secções afastadas umas das outras e separadas por muros de tijolo E, por forma a obter-se o seguinte percurso dos gases quentes. Saíndo da fornalha, contornam os tubos da 1.^a secção em to-

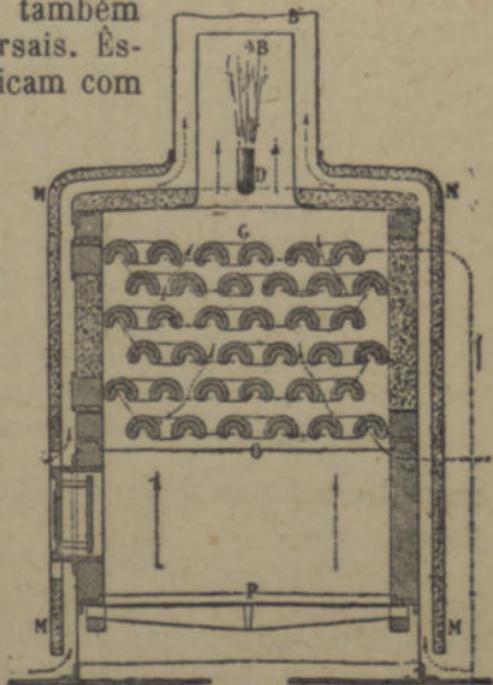


Fig. 107 — Caldeira Serpollet

do o seu comprimento; chegando acima, contornam também parte dos dois colectores, anterior e médio, e descendo ao longo dos tubos da 2.^a secção contornam parte dos colectores inferiores; subindo depois por entre os tubos da 3.^a secção contornam parte dos colectores médio e posterior, descem contornando os tubos da 4.^a secção e dirigem-se à chaminé passando em contacto com o colector posterior B.

Além destes tipos de caldeiras há ainda muitos outros, todos mais ou menos semelhantes aos que foram descritos.

Caldeiras de vaporização instantânea

Caldeira Serpollet, (fig. 107). — O princípio funda-

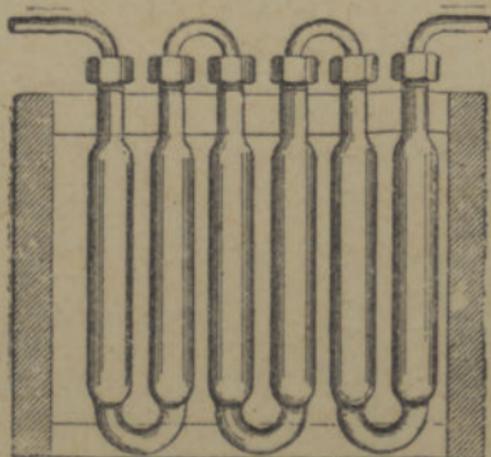


Fig. 108 — Tubos de uma caldeira Serpollet

mental e a forma de funcionamento desta caldeira são os seguintes:

Ao contrário das caldeiras ordinárias, em que é o volume de água que conserva e transmite o calor, são as paredes metálicas dos tubos que desempenham esse papel. Por essa razão e para suportarem a pressão a que estão sujeitos, têm esses tubos uma grande espessura.

Os tubos são achatados de maneira a ficar entre as suas paredes uma fenda capilar, curvam-se depois em serpentina e expõem-se directamente à acção do fogo.

O extremo inferior da serpentina está em comunicação com a bomba de alimentação e o extremo superior com o tubo condutor de vapor.

Segundo as dimensões da caldeira empregam-se uma ou mais serpentinas sobrepostas. Estas caldeiras não tendo depósito de água são completamente inexplosíveis e por isso não têm aparelhos de segurança.

Este sistema de tubos em serpentina foi posto de parte, adoptando-se outro do mesmo autor em que os tubos de aço são dobrados em forma de U, (fig. 108).

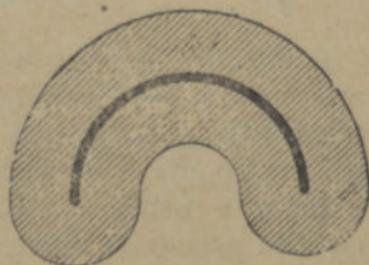


Fig. 109 — Secção de um tubo Serpollet

Em parte dos ramos rectos d'esses tubos faz-se embutir metade da sua secção na outra metade, de maneira a ficar entre as duas paredes um espaço muito estreito, (fig. 109). Só as partes embutidas dos tubos estão em contacto com o fogo, estando resguardados da sua acção tanto os extremos roscados como os cotovêlos. Estes tubos são experimentados a 100 atmosferas e têm dimensões duplas das indicadas pela (fig. 109).

Estas caldeiras funcionam da seguinte forma: aquecidos os tubos introduz-se neles por meio de uma bomba de mão uma porção de água que imediatamente é vaporizada e vai-se prosseguindo a operação até se atingir a pressão de regimen. Faz-se funcionar a máquina, e então é o próprio motor que faz funcionar a bomba de alimentação. Querendo fazer elevar a pressão basta introduzir com a bomba de mão um suplemento de água na caldeira, para que esta vaporizando-se imediatamente, aumente de vapor e portanto se eleve a pressão.

CAPITULO II

Utilizador

O *cilindro* é um recipiente de ferro fundido ou de aço, cuja superfície interna M N P Q, (fig. 110), é rigorosamente cilíndrica. A sua forma externa também é proximamente cilíndrica, mas cortada por uma face plana *x x*, sobre a qual desliza a válvula distribuidora quando esta é de corredeira.

Partindo dessa face plana (*espelho*) e estabelecendo

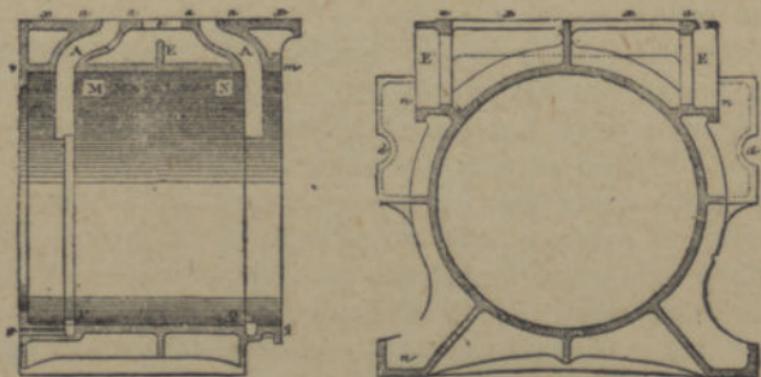


Fig. 110—Cilindro

a comunicação entre ela e as bases do cilindro encontram-se os *canais de admissão* A A, e entre estes o *canal de evacuação*. E, que estabelece a comunicação com um reservatório intermédio, entre cilindros, com o condensador ou com a atmosfera. O espelho é muitas vezes amovível, fixando-se ao corpo do cilindro por parafusos ou prisioneiros e porcas.

O cilindro, (fig. 111), tem nas extremidades *abas*, onde por meio de prisioneiros ou parafusos, se fixam a *tampa* A e o *fundo* B, sendo o fundo que está voltado para o veio motor, e a tampa a do lado oposto. Na maioria das máquinas só a tampa, (fig. 112), é amovível, vindo da fundição o cilindro e o fundo em uma só peça.

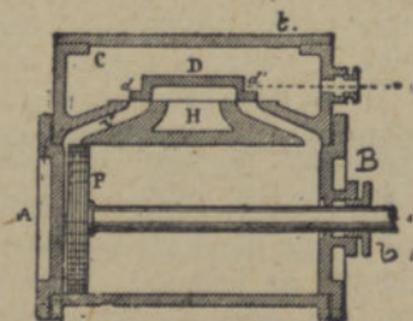


Fig. 111 — Cilindro e distribuidor

Varias nervuras e esquadros ou patilhas *n*, (fig. 110),

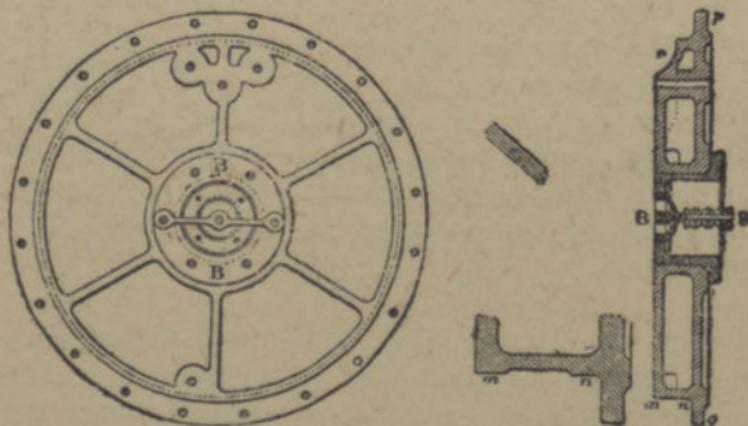


Fig. 112 — Tampa de cilindro

consolidam o sistema ou servem para fixar os cilindros aos suportes e entre si.

Actualmente quasi todos os cilindros se acham dentro de outro, havendo entre êles um espaço *a*, (fig. 113), onde se faz circular o vapor. Êste espaço denomina-se *camisa de vapor* e o cilindro interno (*casquilho*) pode vir da fundição formando uma só peça ou ser independente, ajustando-se perfeitamente nos extremos de ma-

neira a não haver nenhuma comunicação entre a camisa de vapor e a parte interna do cilindro.

Além dos canais de admissão e evacuação nos cilindros e nas tampas encontram-se as seguintes aberturas:

As *caixas de buçins b*, (fig. 111), por onde passam para o exterior as hastes e contra-hastes dos êmbolos e quaisquer outras que venham transmitir movimento a bombas, etc.

Portas de visita B, (fig. 112), que se adaptam à tampa e ao fundo, quando êstes são de grandes dimensões e portanto pouco manejáveis.

Orifícios para a saída da água pelas *torneiras de purga* ou pelas *válvulas de escape*.

Orifícios para entrada de óleos lubrificantes.

Orifícios que por meio de tubagem apropriada põem o cilindro em comunicação com o aparelho de tirar diagramas.

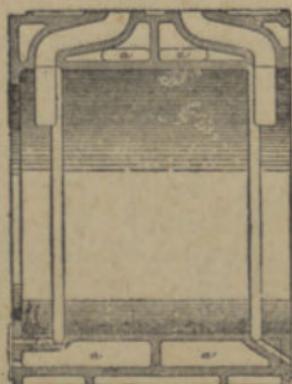


Fig. 113—Cilindro

Dentro do cilindro, (fig. 111), acha-se o *êmbolo P*, que se ajusta perfeitamente de encontro às paredes, e sôbre o qual se exerce a pressão do vapor que o faz mover.

O êmbolo é um disco metálico cujo eixo coincide com o eixo do cilindro, na direcção do qual se move alternadamente para os lados da tampa e do fundo. Deve ajustar-se perfeitamente à parede do cilindro sem todavia oferecer grande resistência ao movimento, mas impedindo completamente a passagem do vapor dum lado para o outro.

Para satisfazer estas condições tem a seguinte forma:

O corpo do êmbolo, (fig. 114), de ferro fundido, ferro

ou de aço forjado, tem dois rebaiços aa e $a'a'$, tendo o que fica a meio, aa , maior altura. Nesse rebaiço aa entram os aros $g g'$ que são anéis metálicos abertos, afim de se poderem apertar para entrar no seu alojamento e aí pela sua elasticidade



Fig. 114— Êmbolo e guarnição

e a das *molas* interpostas entre êles e o corpo do êmbolo, ajustarem-se de encontro às paredes do cilindro. Mantem-se a *guarnição* (o aro e as molas) no seu lugar por meio da *coroa c c*, que ajustando-se no rebaiço $a'a'$ do corpo do êmbolo, a êste se fixa por meio de parafusos d , ou de prisioneiros com porcas e freios.

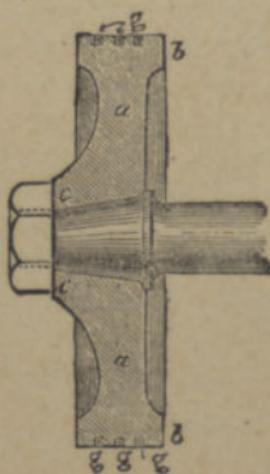


Fig. 115— Êmbolo

Os êmbolos de pequenas dimensões, (fig. 115), não têm corôa, e a guarnição é formada por um ou mais aros de aço forjado g , abertos e de pequena altura, os quais são metidos em outros tantos rebaiços do corpp do êmbolo, bastando a elasticidade do aro para se obter o ajustamento preciso.

As molas empregadas variam muito com os construtores, sendo todavia as *molas em chapeu armado a*, (fig. 116), as mais empregadas.

O corpo do êmbolo, quando êste tem grandes dimensões, é ôco cc , (fig. 114), afim de o tornar mais leve. Ao centro tem o furo B onde passa a haste.

As *válvulas de escape*, muito semelhantes às válvulas de segurança das caldeiras, estão adaptadas uma na tampa outra no fundo do cilindro, abrem de dentro para fora e servem para automaticamente dar saída à água que ali se encontra proveniente da condensa-

ção do vapor, ou por ter sido por êle arrastada da caldeira. Servem também para dar saída ao vapor quando êste tiver uma pressão superior àquela que o cilindro deve suportar e para o qual devem estar reguladas as molas que apoiam a válvula de encontro à sede.

A válvula e a mola estão encerradas em uma caixa com uma abertura disposta por forma a evitar que a

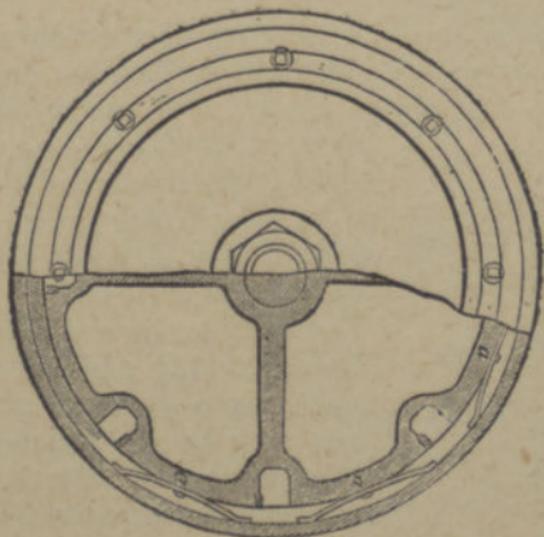


Fig. 116 — Êmbolo com molas de chapeir armado

água saindo vá queimar o pessoal encarregado da condução da máquina.

Com o mesmo fim têm os cilindros torneiras de purga, que se manobram directamente, ou por meio de alavancas e outras transmissões, descarregando em geral a água, por tubagem apropriada, para um colector de purgas que a conduz ao condensador, à cisterna, a um tanque próprio para a receber, ou então a despeja ao ar livre.

Distribuidor é o aparelho destinado a fazer com que o vapor vá actuar alternadamente em cada uma das faces do êmbolo,

São vários os processos e os aparelhos destinados a este fim, sendo o mais empregado o distribuidor de concha.

Vejamus como é formada a válvula distribuidora de concha. Duas chapas planas *a b* e *c d*. (fig. 117), denominadas *barretas*, escorregam sobre o espelho tapando cada uma o seu canal de admissão e ficando entre elas o canal de evacuação. Estas barretas são ligadas por uma caixa *D*, voltada sobre elas de maneira que o canal de evacuação está sempre em comunicação com a parte cavada, e nunca pode comunicar com a parte externa.

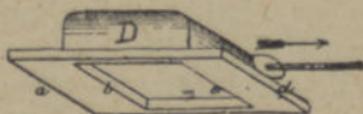


Fig. 117—Válvula de concha

Esta válvula está encerrada na *caixa do distribuidor C*, (fig. 111), que pode vir da fundição com os cilindros ou adaptar-se-lhe depois, e que é fechada por uma tampa amovível *t*, que permite revistar e consertar a válvula. As caixas do distribuidor têm um orifício para entrada do vapor, outro para entrada da haste que faz mover a válvula, e outros para lubrificação, válvula de escape e torneiras de purga.

A válvula move-se, como já dissemos, sobre o espelho, ajustando-se por efeito da pressão do vapor exercida sobre ela.

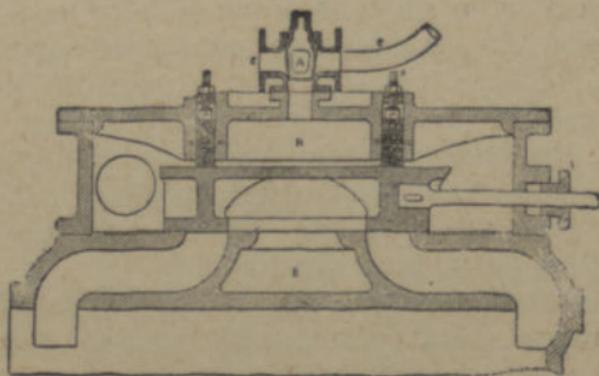


Fig. 118—Compensador de pressão

Nas máquinas de grandes dimensões, em que as válvulas têm grande superfície, a pressão do vapor ocasionaria um grande atrito que aumentaria consideravelmente a resistência que a válvula oferece ao seu movimento. Para obviar a este inconveniente, subtrai-se grande parte da superfície da válvula à acção da pressão do vapor, por meio de *compensadores de pressão*, (fig. 118).

Um aro circular ou rectangular C entra em um rebaixo que a válvula distribuidora, ou a tampa têm nas costas, ficando entre a face deste aro e a face do rebaixo tiras de guta-percha *g*, de outra substancia elástica ou molas que o obrigam a ajustar-se sobre a tampa do distribuidor ou sobre as costas da válvula. O vapor entrando no distribuidor circula sobre a válvula em torno deste aro para dentro do qual não pode passar. Essa parte da válvula põe-se em comunicação com o condensador por intermédio da torneira A, o que ainda mais pequena torna a pressão que a válvula exerce sobre o espelho.

Também com o fim de tornar menor o esforço preciso para fazer mover as válvulas distribuidoras empregam-se nas máquinas verticais os *compensadores de peso*.

Para isso a haste do distribuidor prolonga-se do outro lado da válvula até se ligar a um êmbolo que se ajusta em um cilindro montado sobre a caixa do distribuidor. A parte de cima desse cilindro está em comunicação com o condensador enquanto que na parte de baixo, em comunicação com a caixa do distribuidor, circula o vapor que sobre esse êmbolo exerce pressão, tendendo portanto este a subir e a suspender a válvula. Calcula-se a secção desse cilindro de maneira que a pressão nele exercida pelo vapor equilibre o peso da válvula distribuidora.

Em outros tipos, como por exemplo o compensador Joy, o vapor actua de ambos os lados do êmbolo do compensador, anulando assim completamente a acção do peso da válvula,

Vejam os agora o funcionamento da válvula distribuidora.

A válvula D, (fig. 111), move-se até que a barreta *d* começa a descobrir o canal de admissão V, e o vapor entrando por aí vai actuar sobre o êmbolo P; quando a válvula distribuidora chega ao fim do seu curso, (fig. 119), volta em sentido contrário até que a barreta

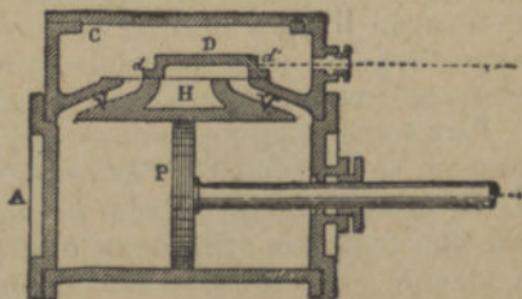


Fig. 119 - Funcionamento do distribuidor

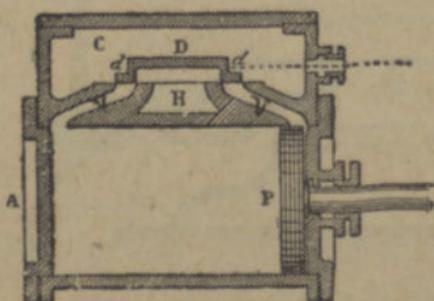


Fig. 120 - Funcionamento do distribuidor

trário até que a barreta vem tapar completamente o canal de admissão V, (fig. 120), e deixa de entrar vapor dêsse lado do cilindro; continuando a válvula no seu movimento, a barreta descobre novamente o canal de admissão, mas da parte de dentro da válvula, (fig. 121) e o vapor que estava no cilindro é então expulso pelo êmbolo, que passou a ca-

lindro é então expulso pelo êmbolo, que passou a ca-

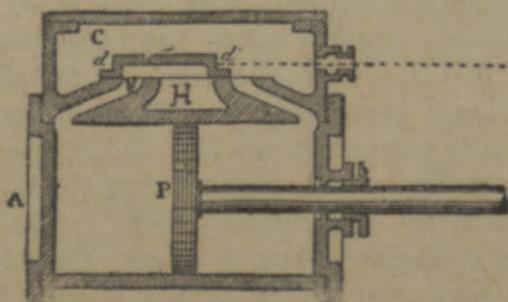


Fig. 121 - Funcionamento do distribuidor

minhar em sentido contrário, e vai pelo orifício V, para a parte cavada da válvula e daí pelo canal de evacuação H para o reservatório intermédio, para a atmosfera ou para o condensador. Do outro lado passa-se exactamente a mesma coisa.

Para tornar mais pequeno o curso do distribuidor, empregam-se distribuidores de *orifícios duplos*, (fig. 122). Estes distribuidores diferem do precedente, em que o espelho tem dois orifícios, *a b*, *c e d*, de cada lado, e a válvula em vez de só ter uma barreta de cada lado, tem duas, formando assim uma grade. Vê-se perfeita-

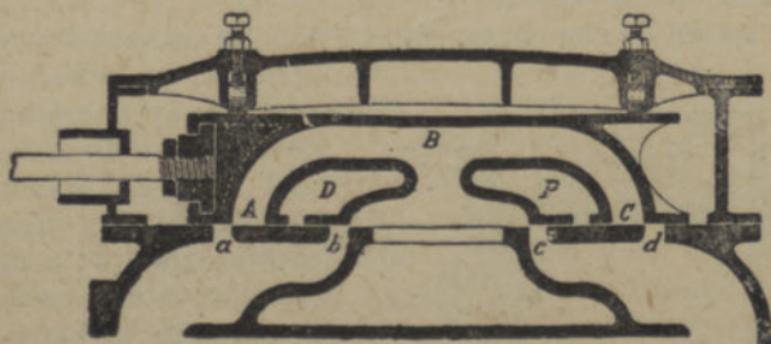


Fig. 122 — Distribuidor de orifícios duplos

mente que com uma válvula da forma ordinária, para abrir o canal de admissão de modo que a sua secção fôsse igual à soma das secções dos dois orifícios, tornar-se-ia necessário que o distribuidor se movesse duma quantidade igual à soma das larguras dos dois orifícios *a e b*, enquanto que sendo o distribuidor de duplos orifícios e abrindo-se os dois ao mesmo tempo, basta a válvula mover-se apenas de uma quantidade igual à largura de um desses orifícios, ou seja metade do que se moveria no primeiro caso.

Válvula distribuidora em D curto, (fig. 123). Esta válvula é formada por dois blocos curtos *A A'*, cuja secção *B C D*, perpendicular ao eixo, tem a forma de

um D. Êstes dois blocos são ligados por uma haste T, e ajustam-se sôbre sectores metálicos *a*, na caixa do

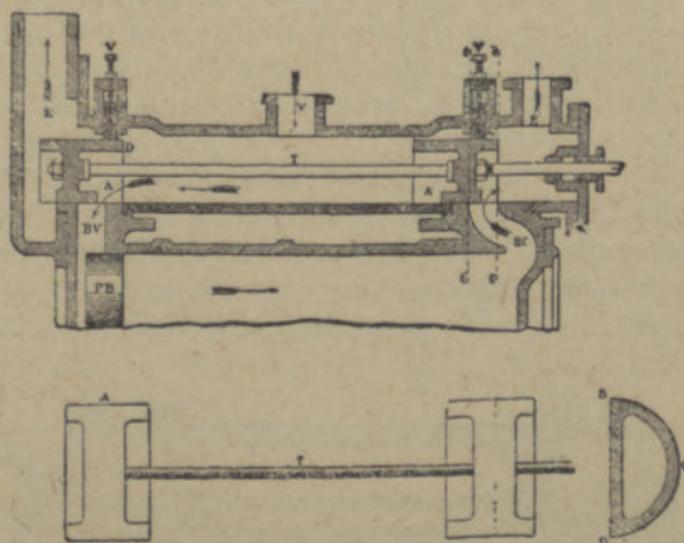


Fig. 123 — Válvula distribuidora em D curto

distribuidor, por forma a impedir a passagem de vapor para fora da parte compreendida entre êles,



Fig. 124

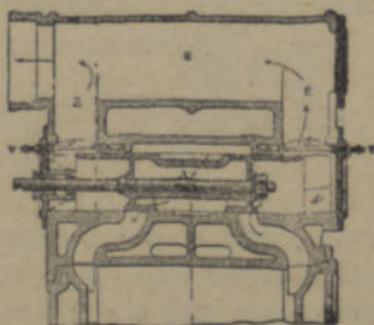


Fig. 125

Válvula distribuidora em D longo

Válvula distribuidora em D longo, (figs. 124 e 125). Difere esta válvula da precedente, em que os blocos

em vez de serem independentes e ligados pela haste, formam uma só peça.

O vapor entra entre os dois blocos, cerca a parte central A, que as reúne, e passa para os canais de admissão pelas arestas interiores da válvula, fazendo-se a evacuação pelas arestas exteriores, como sucede no caso precedente.

Válvulas distribuidoras de séde cilíndrica. Estes distribuidores muito empregados para altas pressões, têm a vantagem de estarem equilibrados em todos os sentidos pela pressão do vapor, e são mais leves e resistentes do que os precedentes. Dividem-se em dois

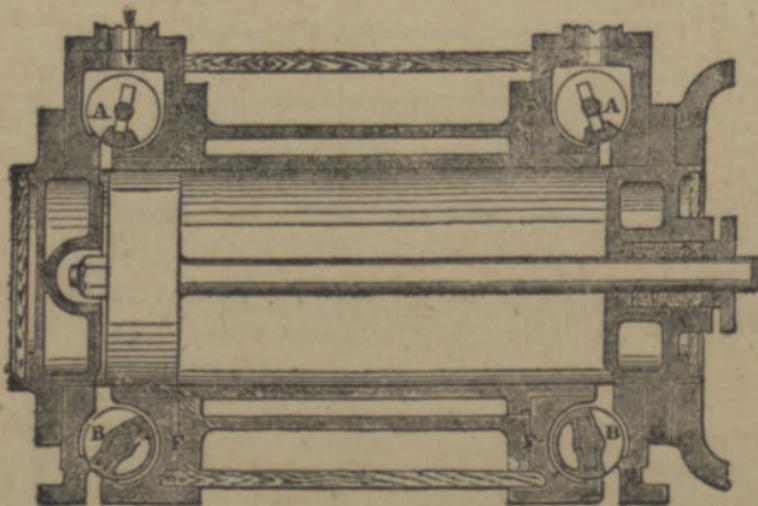


Fig. 126— Distribuidores de torneira

grupos: um, em que o distribuidor se move em tórno do eixo e por isso se chama *distribuidor de torneira*, o outro, em que o seu movimento é na direcção dêsse eixo.

Os primeiros são usados nas *máquinas Corliss*, (fig. 126), e constam de quatro torneiras, duas para admissão A A, e duas para evacuação B B. Essas torneiras são manobradas por tirantes, que as fazem oscilar.

Os segundos, (fig. 127), que são os mais empregados

nas máquinas verticais, são formados por dois êmbolos A, ligados pela mesma haste, os quais se movem dentro de uma caixa cilíndrica onde vão abrir os canais de admissão S S. Esta pode fazer-se pelas arestas exteriores dos êmbolos, e a evacuação pelas interiores ou inversamente a admissão fazer-se pelas arestas interiores e a evacuação pelas exteriores. O ajustamento dos êmbolos obtem-se empregando guarnições *g*, semelhantes às dos êmbolos dos cilindros de vapor. Na caixa do distribuidor os canais

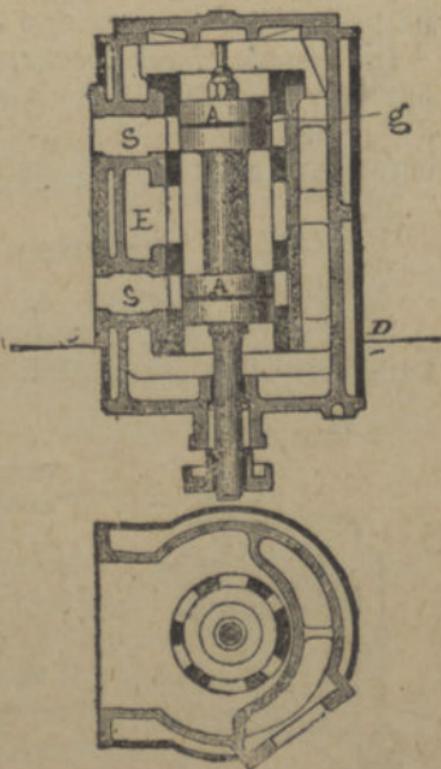


Fig. 127 — Distribuidor cilíndrico

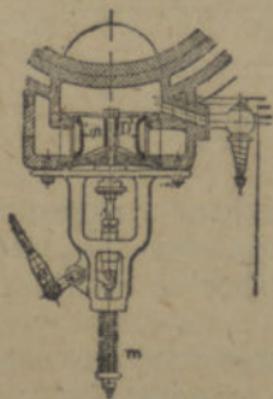


Fig. 128 — Distribuidor Sulzer

são interrompidos por umas barretas estreitas que impedem que o aro do êmbolo entre por êles.

Quando a admissão se faz pelas faces exteriores dos êmbolos, estas põem-se em comunicação empregando uma haste ôca.

Para se aliviar o aparelho de marcha do pêso dêstes distribuidores, basta que um dos êmbolos, o de baixo quando a admissão se faz pelo exterior, ou o de cima no caso inverso, tenham um diâmetro um

pouco maior do que o outro, conseguindo-se assim que a pressão do vapor se exerça sôbre maior superfície de baixo para cima do que de cima para baixo.

Os *distribuidores Sulzer*, (fig. 128), são formados por válvulas cilíndricas de sede dupla D, em número de quatro por cilindro, sendo uma para a admissão, outra para a evacuação, de cada lado do cilindro.

Condensador

Nas locomotivas, locomóveis e em outras máquinas, tanto terrestres como marítimas, o vapor depois de ter

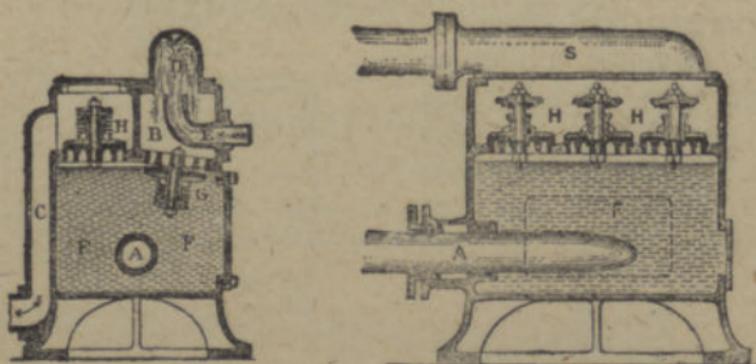


Fig. 129 — Condensador de mistura

actuado nos cilindros é evacuado para a atmosfera, porém na maior parte das máquinas a evacuação faz-se para um vaso fechado, onde o vapor se condensa e que se denomina *condensador*.

A condensação pode fazer-se misturando o vapor com a água nos *condensadores de mistura*, (fig: 129), ou fazendo-o passar em contacto com as paredes de muitos tubos arrefecidos pela passagem de uma corrente de água fria, nos *condensadores de superfície*, (fig. 130).

O *condensador de mistura*, (figs. 129 e 131), consta

de uma caixa de ferro fundido, de forma muito variável, consolidada por nervuras convenientemente dis-

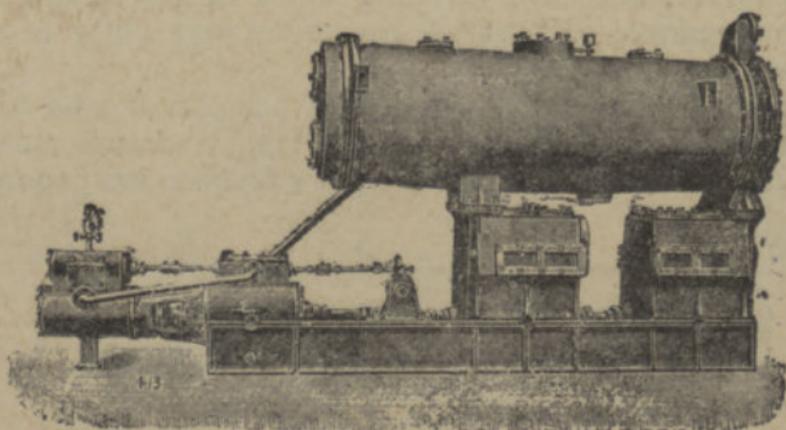


Fig. 130 — Condensador de superfície

postas. Portas de visita permitem a limpeza e inspecção interna do corpo do condensador.

A entrada da água é regulada por uma torneira ou *válvula de injecção* D, (fig. 131), que se abre dentro do condensador em um ralo com muitos furos ou fendas, o que faz com que a água se projecte muito dividida no meio do vapor que aí afluí pelo tubo de evacuação A, condensando-o.

A água entra para o condensador pelo tubo B em consequência da diferença de pressões, ou comprimida por uma bomba especial denominada *bomba de circulação*. Para evitar que o condensador se encha completamente e a água passe pelo tubo de evacuação para a caixa do distribuidor, emprega-se uma *válvula de descarga*, que, abrindo-se automaticamente, dá vazão ao excesso de água.

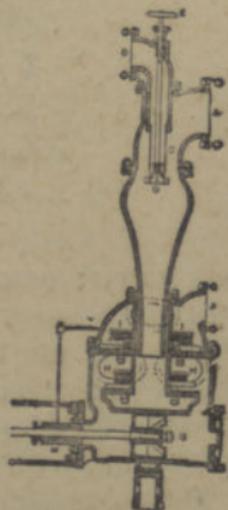


Fig. 131 — Condensador de mistura

Nas máquinas terrestres, quando se não pode dispor de bastante água, pode-se tornar a empregar a que já serviu, fazendo-a arrefecer antes de novamente a empregarmos. Há vários processos para obter êsse resfriamento.

Umaz vezes a água é elevada por uma bomba até certa altura donde cãí para um tanque atravessando várias séries de diafrãgmas que a dividem em peque-

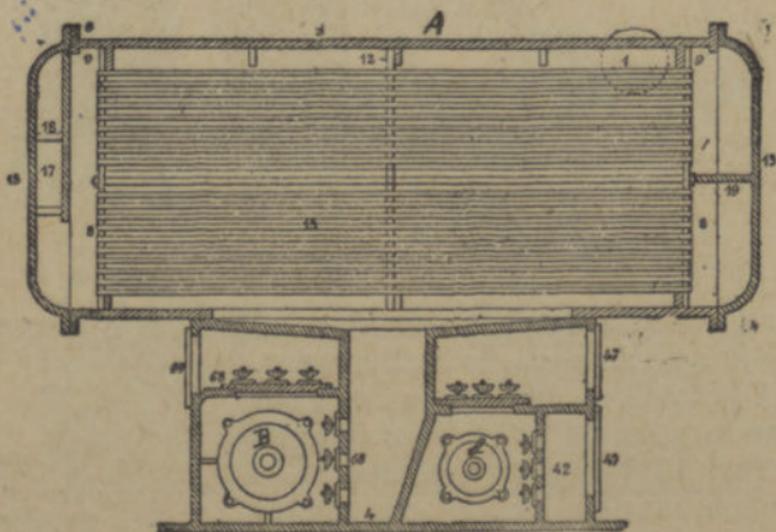


Fig. 132 — Condensador de superfície

nas gôtas; outras, a água é comprimida através de agulhetas que a lançam ao ar bastante dividida, caindo depois em um tanque donde passa novamente ao condensador; outras ainda, faz-se passar uma corrente de ar através de um tubo metido dentro de outro, pelo qual a água é obrigada a passar em sentido contrário.

O condensador de superfície, (figs. 132 e 133), é formado por uma caixa metãlica A, de forma bastante variãvel conforme o espaço de que se dispõe. Nesta caixa acham-se dispostos, horizontal ou verticalmente, um grande número de *tubos*, n.º 13, de latão e de pequeno diãmetro, mantido entre duas *chapas tubulares*,

n.º 8, onde por meio de *bucins*, n.º 11 e respectiva guarnição se obtém a devida vedação, (fig. 134). Quando

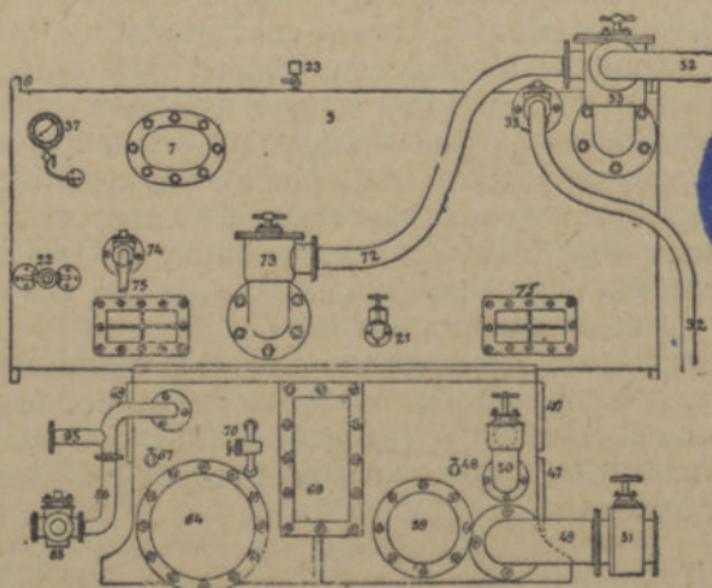


Fig. 133 — Acessórios do condensador

os tubos são muito compridos dispõe-se a meio comprimento uma chapa *média*, n.º 12, nos furos da qual eles se apoiam.

Portas de visita de pequenas dimensões, n.ºs 7 e 75, permitem limpar e revistar internamente o condensador e duas *portas* maiores, n.º 15, opostas e paralelas às chapas tubulares, servem para a limpeza interna e para se fazerem as precisas reparações.

A água, comprimida pela *bomba de circulação* *b*, passa por dentro dos tubos em todo o seu comprimento e torna novamente a sair pela *válvula de descarga*, n.º 53. Geralmente a água não faz um só percurso através do condensador. Para isso as portas têm um ou mais diafrágmata, n.º 19, por forma a fazerem com que a água entrando, só possa passar por um grupo de tubos, à saída do qual volta a passar por outro grupo e assim sucessivamente até sair do condensador.

O vapor vem pelo tubo de evacuação, n.º 1, para o condensador, e achando-se em contacto com as paredes frias dos tubos, cede-lhes parte do seu calor pelo que se condensa caindo no fundo do condensador, n.º 4.

O diâmetro dos tubos está compreendido em geral entre 15 e 21 milímetros e a sua espessura entre 1 e 1,5 milímetros. Algumas vezes faz-se passar a água de circulação por fora dos tubos e o vapor por dentro dêles, o que tem o inconveniente de tornar mais pequena a superficie refrigerante, sendo por isso mais empregado o sistema em que a água passa por dentro e o vapor por fora dos tubos.

A água para arrefecimento dos tubos é comprimida por uma bomba ou duas *bombas de circulação*, de simples ou duplo efeito, *b*, (figs. 132 e 133), ou ainda por bombas centrífugas movidas pela própria máquina ou com motor próprio, (fig. 135).

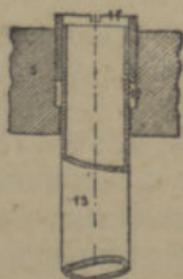


Fig. 134
Tubo de condensador

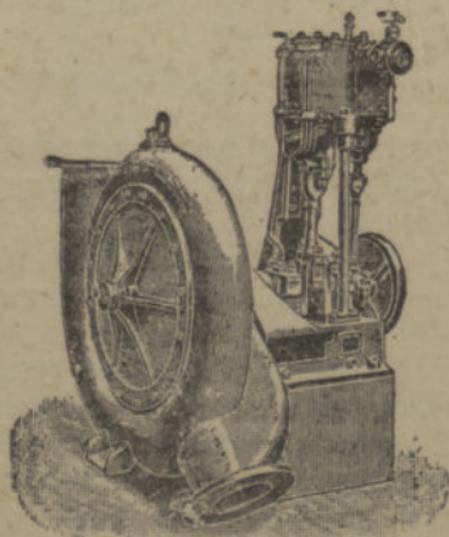


Fig. 135 — Bomba de circulação

O fim da *bomba de ar* G, (fig. 131), e B, (fig. 132), é extrair a água proveniente da condensação do vapor e algum ar que nela se ache em dissolução ou que

entre por juntas e outras vedações em mau estado, comprimindo-os para a *cisterna*.

Estas bombas podem ser movidas pela própria máquina ou terem motor próprio. São bombas alternadas de simples ou duplo efeito, colocadas mais baixo do que o condensador para que o pêso da água favoreça a abertura das válvulas de aspiração e portanto o trabalho da bomba.

Assim como as bombas de circulação *b*, que lhe são semelhantes, as bombas de ar B, têm as válvulas de aspiração e compressão, n.ºs 68 e 42, em guta-percha, fibra ou metal, sendo estas últimas bastante empregadas por não se alterarem com o calor como acontece com as primeiras. *Portas de visita*, n.ºs 47 e 69, servem para a inspecção dessas válvulas.

Quando se empregam condensadores de mistura, o volume da bomba de ar tem que ser maior, visto ela ter que tirar do condensador não só a água proveniente da condensação do vapor, mas também a água de circulação que com êle se mistura.

Uma *válvula atmosférica*, n.ºs 48 e 67, permite tanto nas bombas de circulação, como nas de ar, que entre uma pequena porção de ar, para os corpos das bombas o que tem por fim diminuir os choques das válvulas.

Um manómetro, n.º 37, graduado em polegadas ou centímetros indica qual a diferença entre a pressão existente no condensador e a pressão atmosférica.

Nos condensadores de superfície, um tubo com torneira estabelece a comunicação entre as câmaras de condensação e de circulação. Essa torneira, n.º 22, que se denomina *auxiliar de alimentação*, serve para deixar passar uma porção de água que vá substituir a que se tirou das caldeiras com as sangrias e escumações e ainda a que se perdeu pelas juntas e buçins, durante o percurso do vapor entre as caldeiras e o condensador.

O *copo de lavagem dos tubos*, n.º 23, serve para por êle se introduzir no condensador uma porção de

soda dissolvida em água, o que faz desagregar parte do óleo de lubrificação arrastado pelo vapor, o qual se vai depositar sobre os tubos com prejuizo da sua condutibilidade calorífica.

A *válvula de cauda* tem por fim dar saída automaticamente ao vapor ou água que haja no condensador quando a pressão exceda a pressão atmosférica.

A *cisterna* é um recipiente para o qual a bomba de ar comprime a água e o ar extraídos do condensador, e onde as bombas de alimentação vão aspirar a água para a introduzirem na caldeira, a menos que o não vão fazer a uma *cisterna suplementar* para onde passa da principal por tubagem apropriada.



Fig. 136— Condensador Weiss

O excesso de água que a cisterna possa ter, é despejado automaticamente por uma *válvula de descarga accidental*, n.º 73.

Descritos os condensadores mais vulgares vejamos agora alguns condensadores especiais.

Condensador Weiss, (fig. 136). Consiste em um tubo vertical T no qual a água entrando por *a*, sai por *b* correndo sobre os diaframas *d*. O vapor entra por *V*, e tende a subir em T; mas misturando-se com a água, condensa-se e cai pelo tubo *b*, com 10 metros de altura que o conduz a uma cisterna C na qual se acha mergulhado.

Uma bomba de ar aspira por Z simplesmente o ar. As pressões do ar e do vapor neste condensador, variam muito do vértice para a base, aumentando a pressão do ar e diminuindo a do vapor, mas sendo a pressão média mais pequena do que nos condensadores vulgares.

Ejector condensador Kötting, (fig. 137). O vapor entra por *a* com grande velocidade na câmara *c*, onde

recebe nm jacto de água fria vindo de d , por um tubo terminado em tronco de cone invertido. O jacto de água encontra depois o tubo divergente t , em que a sua velocidade diminui, aumentando a pressão. Êsse aumento de pressão é o bastante para fazer com que a água possa sair do aparelho vencendo a pressão atmosférica. No tubo de evacuação ha uma válvula v , que impede que o vapor ou a água da injeção invadam o tudo a .

Êste aparelho, que, como se vê, se assemelha ao injector para alimentação das caldeiras, emprega-se quando se pode dispor de grande quantidade de água com bastante pressão, instalando-se algumas vezes horizontalmente em uma corrente de água próxima da instalação do motor.

O *condensador Morton* difere do precedente em que a entrada da água pode ser determinada por um jacto central de vapor vindo da caldeira.

No *aero-condensador Fouché*, a água de circulação é substituída por uma corrente de ar enviada por uma ventoinha sôbre um feixe tubular, que recebe o vapor pelo tubo de evacuação. Êstes condensadores exigem em média 80 metros cúbicos de ar a 10 graus de temperatura, para condensarem 1 quilograma de vapor. Emprega-se êste aparelho quando há falta absoluta de água.

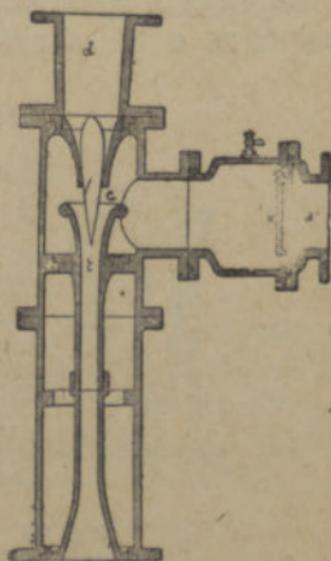


Fig. 137—Condensador Kloting

Bombas de alimentação

As *bombas de alimentação*, (fig. 138), empregadas em máquinas em que a velocidade não é muito grande,

são movidas pela própria máquina e são geralmente alternadas, de simples efeito e de êmbolo mergulhador P.

Aspiram a água da cisterna comprimindo-a para as caldeiras e tôdas são munidas de uma *válvula de*

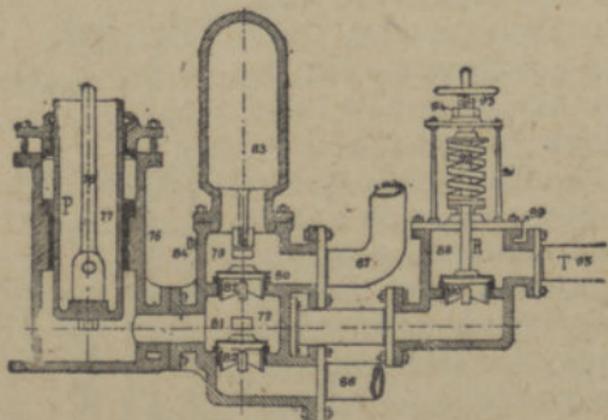


Fig. 138 - Bomba de alimentação

retôrno R, cujo fim é dar saída novamente para a cisterna à água comprimida pela bomba, quando a válvula de alimentação estiver fechada ou o tubo de alimentação obstruído.

As válvulas de retôrno são em tudo semelhantes às válvulas de segurança e de escape, e funcionam por forma perfeitamente idêntica.

CAPÍTULO III

Transmissor

O *transmissor* é constituído pelo conjunto de maquinismos que servem para a transmissão do movimento e da força, quer do êmbolo ao veio motor (*maquinismo principal*), quer às válvulas distribuidoras, bombas de ar, circulação, etc. (*maquinismos secundários*).

Maquinismo principal

Haste do êmbolo. — É cilíndrica, de ferro forjado ou

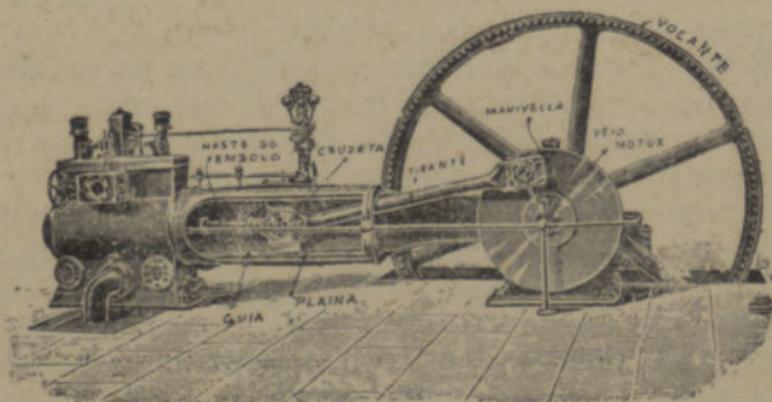


Fig. 139 — Maquinismo principal de uma máquina a vapor

de aço, ôca ou maciça, ligada ao êmbolo por uma

das suas extremidades (*pé*). Esta ligação pode-se fazer de várias maneiras, sendo a mais vulgar, (fig. 140), aquela em que a haste *H* termina por um tronco de cone *a*, ajustando-se no furo do corpo do êmbolo, e prolongando-se para fora dêste por uma espiga cilíndrica roscada *r*, na qual se atarracha a porca *E*, que um freio *m*, ou um trôço, impede de se desatarrachar. Algumas vezes a haste prolonga-se ainda por uma *contra haste* que, em um bucim, atravessa a tampa, à qual serve de guia ao movimento. A haste passa através

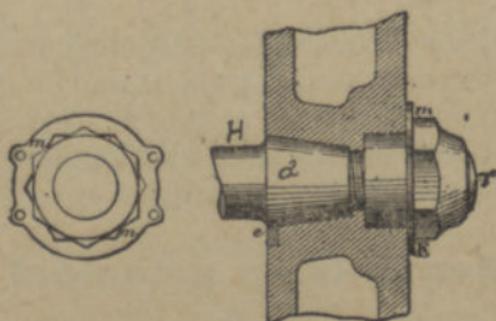


Fig. 140—Ligação da haste de um êmbolo

do fundo do cilindro em um bucim e termina em uma *cruzeta* na qual articula o *tirante*.

Êste é formado por uma peça de ferro ou aço forjado, ôca ou maciça, que transmite o movimento da haste do êmbolo à manivela, transformando-o de retilíneo alternado em circular contínuo.

A peça que estabelece articulação entre a haste do êmbolo e o tirante chama-se *cruzeta* e tem *guias*, que, como o seu nome indica, servem para a guiar no seu movimento. São muito variáveis as formas da cruzeta e do pé do tirante, sendo as mais usuais as seguintes:

A haste do êmbolo termina em forma de T. Nos extremos da haste que corta o T estão as guias, que podem ser uma por cima e outra por baixo, uma só por baixo, ou então duas laterais.

Quando, (fig. 141), as guias são laterais, a cruzeta D

termina aos lados por dois munhões A A, que vestem

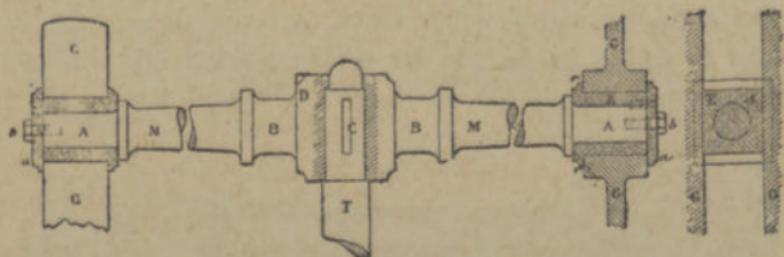


Fig. 141 — Guias de paralelos

em dados E, que se movem entre duas réguas paralelas G G, chamando-se então *guias de paralelos*.

Quando têm duas guias, uma por baixo outra por cima, é cada uma destas formada por uma régua plana (*plaina*), que desliza sôbre uma guia, (fig. 139).

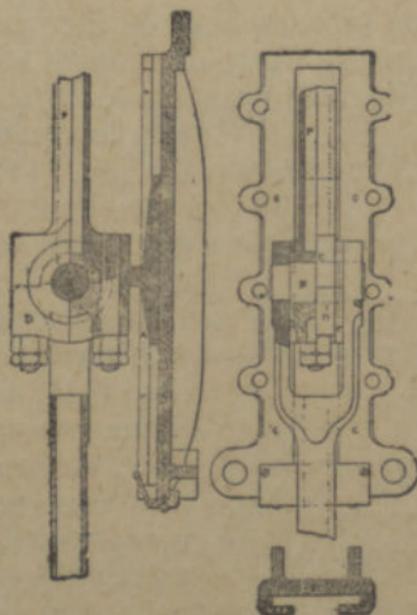


Fig. 142 — Guias de plainas

Quando há só guia do lado de baixo, (fig. 142), é esta também formada por uma plaina A, e guia G,

mas esta última tem um rebordo voltado sôbre a face de cima da plaina, o que substitui a outra guia.

O pé do tirante T, (fig. 143), tem a forma duma forqueta P, entre os ramos da qual se acha o munhão *m*,

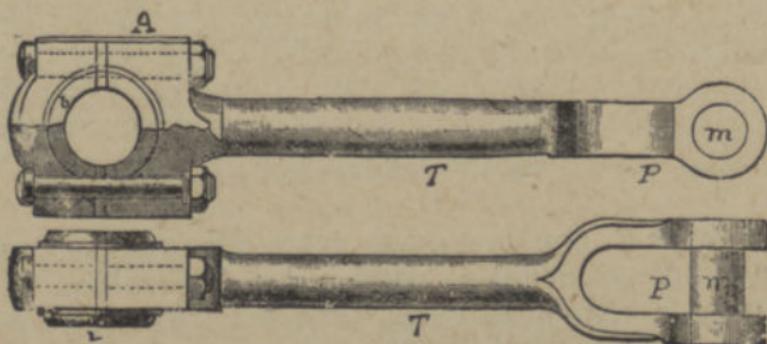


Fig. 143 - Tirante

e nesse caso os bronzes fixam-se à cruzeta; ou termina em T, ao qual se fixam os bronzes estando o munhão ligado á cruzeta, como em A, ou ainda a cruzeta

tem dois munhões laterais B B, (fig. 141), e o pé do tirante termina em forqueta, (fig. 144), sôbre cada um dos ramos da qual se fixam os bronzes. Nas locomotivas, o tirante T, (fig. 145), é em geral de forma prismática, tendo o pé P, também prismático mas com maior largura e espessura, e com uma caixa onde entram chavetas de ajustagem *c*, que servem para lhe ligar o estropo *a*, entre os ramos do qual estão os bronzes da cruzeta. Parafusos freios impedem as chavetas de saírem do seu lugar, uma vez regulado o seu apêrto.

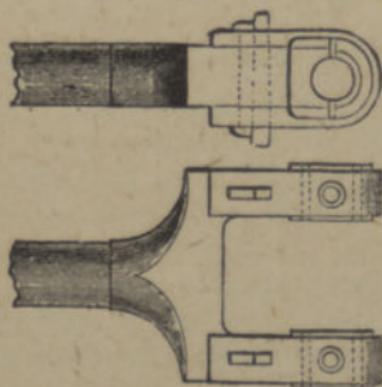


Fig. 144 - Pés de tirante

A cabeça A do tirante, (fig. 143), termina em T, sô-

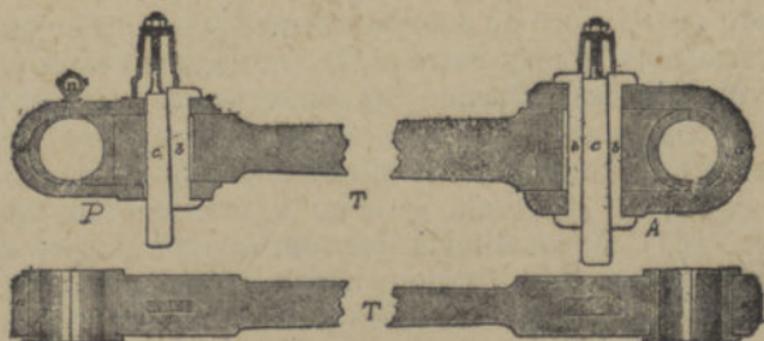


Fig. 145 - Tirante de locomotivas

bre o qual se fixam os bronzes *b*, da chumaceira da manivela, ou então também por uma chumaceira de estropo *A*, (fig. 145), nas locomotivas.

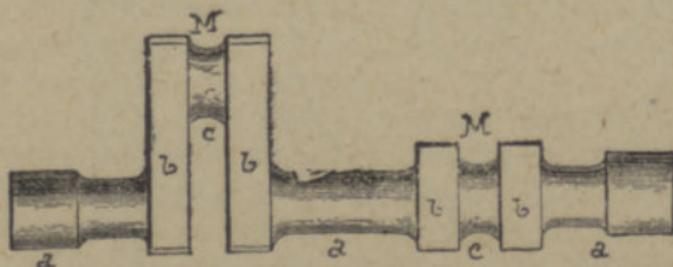


Fig. 146 - Veio motor com manivelas dobradas

Veio motor, ((fig. 146), é o veio que recebe o movimento transmitido pelos tirantes às manivelas. É de

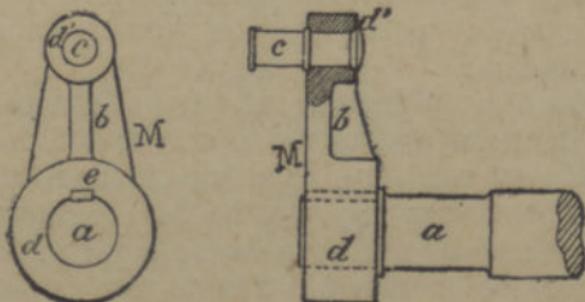


Fig. 147 - Manivela simples

ferro ou aço, ôco ou maciço, formado por uma ou mais quarteladas ligadas entre si, e tendo uma ou mais manivelas M nas extremidades do veio, ou então entre duas chumaceiras suportes, podendo essas manivelas fazerem parte do veio ou adaptarem-se-lhe depois.

Quando a manivela está no extremo *a* do veio, (fig. 147), é constituída por um *braço b* ou por um *braço p*, (fig. 148), fixado por uma *chaveta e* ao veio, e tendo a distância conveniente o *munhão c*, no qual

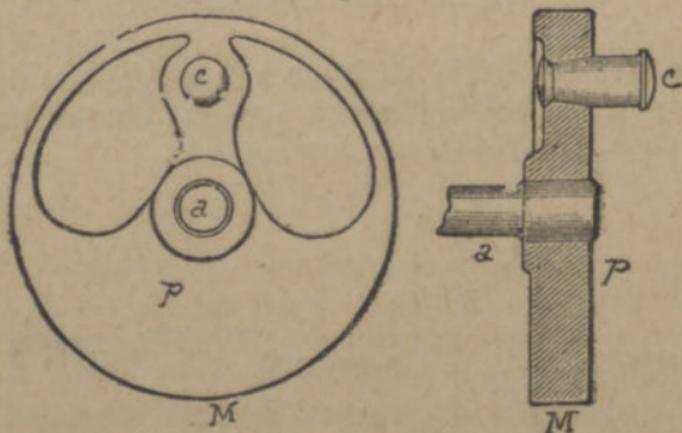


Fig. 148 - Manivela de prato

articula a chumaceira da manivela. Sendo entre chumaceiras, a manivela tem dois braços *b b*, (fig. 146), entre os extremos dos quais está o *munhão c*.

Algumas vezes ligam-se os braços, do lado oposto ao do munhão, contrapêsoes que têm por fim equilibrar o sistema.

O veio motor é mantido na sua posição por *suportes* que lhe permitem apenas o movimento de rotação em tórno do seu eixo. Para isso montam-se chumaceiras sôbre êsses suportes S, (figs. 149 e 150), as quais devem ficar o mais próximo possível umas das outras para se oporem á flexão do veio motor.

Todos os órgãos de uma máquina têm por fim trans-

mitir ao veio motor o movimento e a potência precisos para se obter um resultado variável com o fim a que a máquina se destina. É portanto sôbre este veio ou sôbre outros que o prolongam, que se montam nos navios os propulsores (*rodas ou hélices*), nas locomotivas as rodas motoras e nas outras máquinas as engrenagens ou os tambores que põem em movimento as ferramentas ou quaisquer outras máquinas industriais.

E também sôbre o veio motor que se monta o *volante* destinado a servir de moderador de velocidade e de acumulador de energia.

O *volante* é constituído por uma roda de grande diâmetro e grande massa, formada por uma só peça ou por vários sectores ligados entre si por parafusos.

Tendendo a velocidade da máquina a aumentar ou a diminuir, a grande massa do volante teria que aumentar ou diminuir de velocidade, se a sua inércia e a energia da velocidade adquirida não se opusessem a essas perturbações.

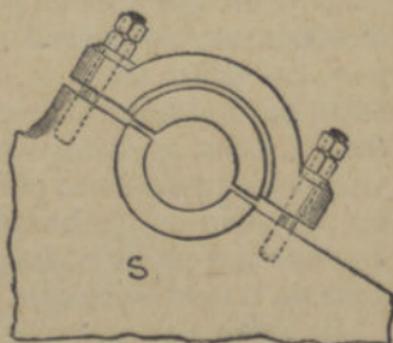


Fig. 149 — Chumaceira suporte

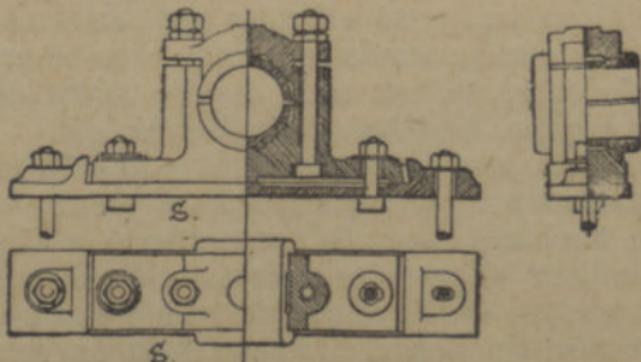


Fig. 150 — Chumaceira suportê

Sómente nas locomotivas o veio motor está ligado directamente ao operador, que são as rodas motoras, pois em quási tôdas as outras máquinas, entre um e outro há um certo número de veios, denominados *intermedidrios*, apoiados sôbre chumaceiras de formas diversas e ligando-se ao veio motor, e entre si, por *uniões* ou por meio de tambores e correias, de cabos, rodas de engrenagem ou rodas de fricção, ou ainda outros órgãos de transmissão cujo estudo faz parte da mecânica.

As rodas de engrenagem empregam-se para transmitir movimento entre veios não muito afastados uns dos outros, podendo modificar a velocidade angular de um para outro, assim como alterar a direcção do movimento.

As correias transmitem movimento entre veios colocados a maior distância, podendo também modificar a relação da velocidade angular entre um e outro.

As correias são simples quando são formadas por uma só tira de couro, e duplas quando se sobrepõem duas correias simples, o que se faz sempre que o esforço a transmitir seja grande. Os extremos das correias cosem-se com atilhos ou pregam-se com rebites ou colchetes metálicos.

Para grandes potências as correias teriam que ter dimensões consideráveis, e por isso se preferem as transmissões por cabos de cânhamo, de aloés, algodão e algumas vezes cabos metálicos, em número variável segundo o esforço a transmitir, e que têm a vantagem de se prestarem a formar agrupamentos destinados a transmitir movimento, cada cabo ou grupo, a um veio diferente, isto além das vantagens da diferença de custo, facilidade de reparação, etc.

O diâmetro dos cabos varia entre 30 e 70 milímetros; passam por gargantas abertas no próprio volante ou em tambores especiais, aumentando a aderência em resultado das pressões oblíquas sôbre as faces dessas gargantas. Os extremos dos cabos ligam-se por uma *costura de laborar*, formando assim um cabo sem fim, de diâmetro uniforme.

Para transmitir movimento entre veios a pequena distância, empregam-se algumas vezes as rodas de fricção.

Quando os veios estão no prolongamento um dos

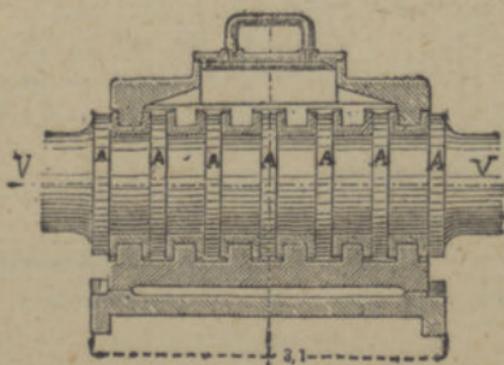


Fig. 151 — Chumaceira de impulso

outros, as transmissões fazem-se ligando os veios por pratos de união.

Nas turbinas e nos navios em que o hélice é empregado como propulsor, os veios estão sujeitos a esforços longitudinais bastante grandes, havendo, portanto, uma certa tendência para se deslocarem no sentido em que se exerce êsse esforço; impede-se-lhe êsse deslocamento por meio da *chumaceira de impulso*.

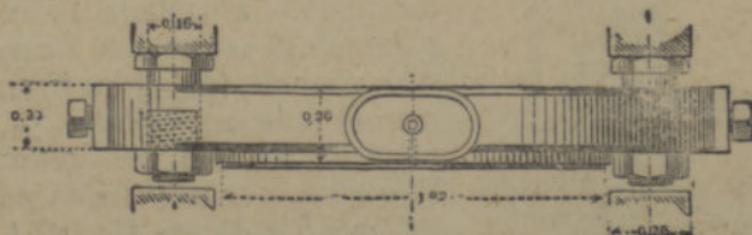


Fig. 152 — Anel de impulso

Esta chumaceira, (fig. 151), sólidamente fixada, é formada por bronzes com rebaios transversais de secção rectangular, onde se ajustam *aneis de impulso*

A, que fazem parte do veio. Outras vezes (*chumaceira Maudslay*) é formada por uns poucos de bronzes ou

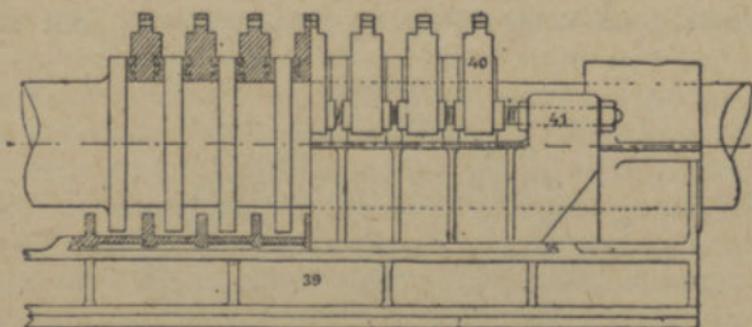


Fig. 153 — Chumaceira de impulso Maudslay

pequenas chumaceiras, (fig. 152), em forma de ferradura, entrando em caixas abertas no suporte, ficando um bronze entre cada dois anéis do veio do motor, (fig. 153).

Maquinismos secundários

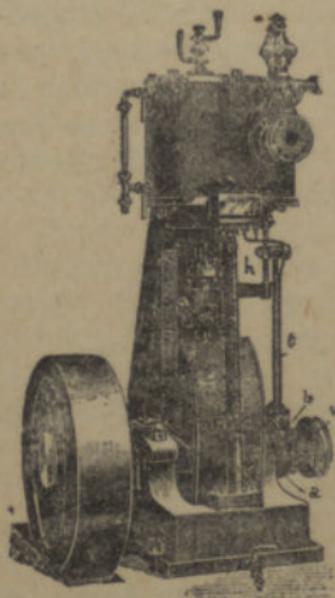


Fig. 154 — Maquinismo secundário

Transmissão de movimento à válvula distribuidora — Aparelhos de mudança de marcha. — A transmissão de movimento à válvula distribuidora faz-se, na sua forma mais simples, (fig. 154 e 155), por meio de um *excêntrico a*, montado sôbre o veio motor *V*, o qual, por intermédio de um *aro b* e de um *tirante t*, transmite movimento à *haste h*, da válvula distribuidora, transformando êsse movimento de circular continuo em rectilíneo alternado.

Esta transmissão emprega-se simplesmente nas máquinas em que o movimento do veio é sempre no mesmo sentido, mas quando é necessário que êle tenha

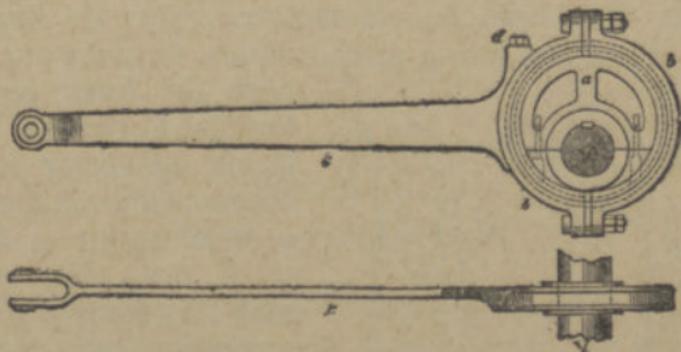


Fig. 155 — Excêntrico e tirante

movimento em uma e outra direcção como por exemplo nas locomotivas e nas máquinas marítimas, precisamos empregar dois excêntricos, correspondendo cada um a uma direcção de movimento.

Neste caso, (fig. 156), as cabeças P P', dos tirantes

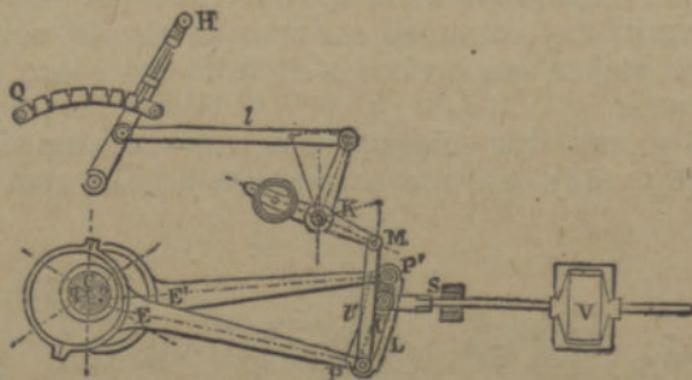


Fig. 156 — Aparelho de marcha

de marcha E E', ligam-se aos extremos de uma *corredieça* L, que permite que um *dado* U articulado com a *haste* S, possa, quando a *corredieça* seja convenientemente manobrada, (por intermédio de um sistema

de alavancas, l , H , ou rodas dentadas, parafusos sem fim, sarilho, etc.), colocar no prolongamento da haste S do distribuidor, o tirante do excêntrico correspondente ao movimento na direcção que se pretende.

Esta disposição denominada *corrediça de Stephenson*, é, na sua forma mais simples, formada por uma

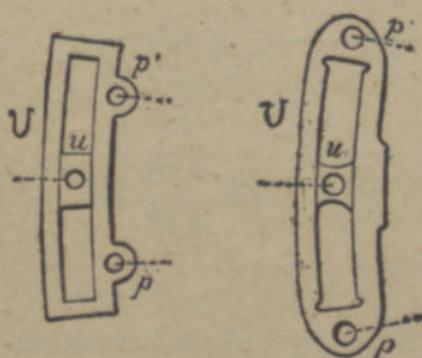


Fig. 157 — Corrediças e dados

peça de ferro ou aço forjado, U , (fig. 157), em forma de sector com a concavidade voltada para o veio motor e tendo perto dos seus extremos dois furos $p p$ para entrarem as cavilhas que estabelecem a articulação entre os tirantes e a corrediça; em um dos extremos, ou a

meio, fixa-se o tirante de suspensão para manobra da corrediça.

Empregam-se algumas variantes desta forma, em que, por exemplo, a corrediça é formada por duas réguas paralelas curvadas em arco de circulo, réguas que se alojam em cavidades do dado que sôbre elas escorrega.

Nas locomotivas emprega-se muitas vezes um sistema, (fig. 158), em que a corrediça articula com um

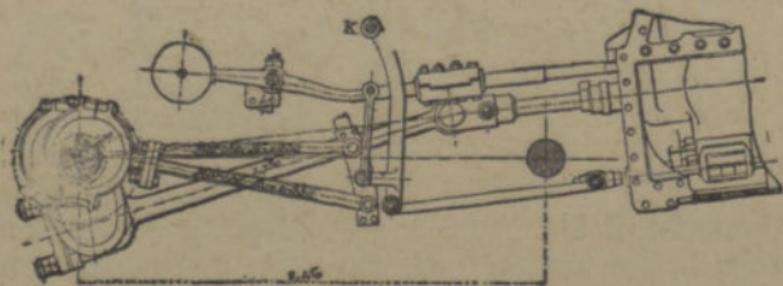


Fig. 158 — Aparelho de marcha de uma locomotiva

balanceiro que, por sua vez, transmite movimento à válvula por intermédio de tirante.

A *corredieça Goock*, (fig. 159), difere da de Stephenson

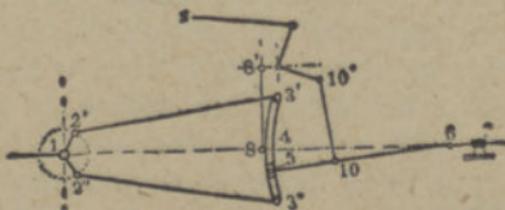


Fig. 159 — Corredieça de Goock

em ter a *corredieça* também em sector, n.º 3' 3'', com a convexidade voltada para o veio, e em ser invariável a sua posição relativa, seja qual fôr a direcção da marcha, por se achar suspensa do tirante, n.º 8, 8', oscilando em tórno do ponto, n.º 8. A haste, n.º 7, do distribuidor está ligada a um *tirante da válvula*, n.ºs 5, 6, cujo pé n.º 5 articula com o dado. Um sistema de alavancas pode fazer deslizar de um extremo n.º 3', ao outro, n.º 3'', o dado e assim a válvula receber movimento de um ou de outro excêntrico.

Corredieça de Allan, (fig. 160). — Esta *corredieça*, n.ºs 3', 3'', em vez de ser em sector, é recta e está suspensa pelo tirante, n.ºs 8, 8', do extremo, n.º 8', de um balanceiro. Do outro extremo, n.º 9', do mesmo balanceiro está suspenso, pelo tirante de suspensão,

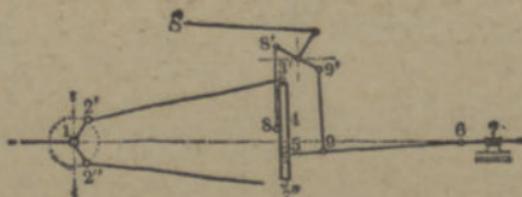


Fig. 160 — Corredieça de Allan

n.ºs 9', 9, o tirante, n.ºs 5, 6, da válvula. Fazendo oscilar o balanceiro, a *corredieça* desce e o pé do tirante sobe, ou vice-versa.

Com um só excêntrico também se pode obter a mudança de marcha, adoptando disposições mais ou menos complicadas e engenhosas. Está neste caso o *aparelho Marshall*, bastante empregado, principalmente em máquinas marítimas. É constituído, (fig. 161), por um *excêntrico* montado sobre o veio. O balanceiro E, do excêntrico articula com um tirante de suspensão, *a b*, por sua vez, articulado com um braço de suspensão Q, que pode deslocar-se por meio do movimento dado ao veio de mudança de marcha *d*. O balanceiro do excêntrico está articulado como tirante V, da válvula, ao qual transmite movimento. Fazendo-se

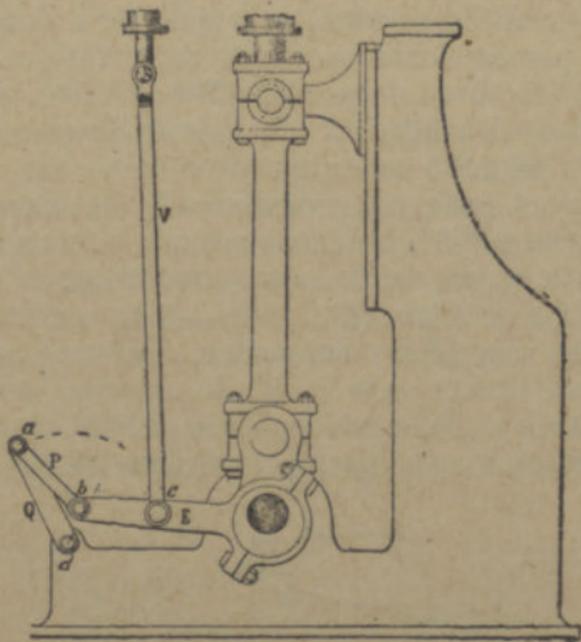


Fig. 161 — Aparento Marshall

variar a posição do braço de suspensão, faz-se com que o tirante do excêntrico mude de posição e assim se obtém a inversão no sentido do movimento.

Aparento Joy, (fig. 162). — Neste aparelho não há excêntricos. A meio do tirante articula o extremo *b* de

um primeiro balanceiro $b d$, que tem o outro extremo d , articulado com uma guia T. A meio dêste primeiro balanceiro em D, articula o extremo c do segundo balanceiro C o qual no extremo oposto a , articula com um dado que se move em uma guia B em forma de

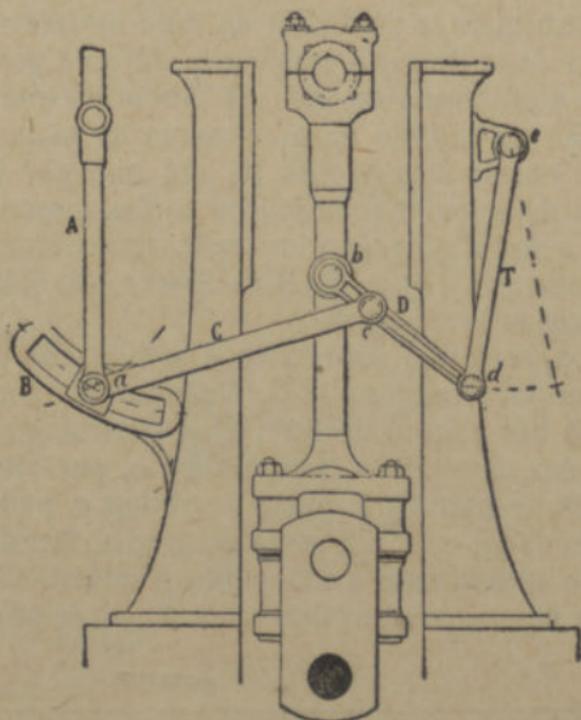


Fig. 162—Aparelho Joy

corredia. Por meio duma transmissão apropriada, pode fazer-se com que a guia tome a posição indicada na figura pelo arco pontuado, correspondendo uma das posições à marcha a vante e a outra à marcha a ré. Com o dado articula o tirante da válvula A, que dêle recebe movimento.

A simples inspecção da figura mostra que o dado movendo-se alternadamente de um para outro extremo da corredia, faz com que o tirante da válvula, e portanto a própria válvula tenham movimento rectilíneo al-

ternado como se pretendia. Também na mesma figura se vê que fazendo com que o sector vá ocupar a posição indicada pela linha ponteada o movimento do dado se faz ao contrário do que sucedia no primeiro caso, isto é, se no primeiro caso o dado ia para o extremo mais elevado do sector e portanto a válvula subia permitindo a admissão do lado da haste, no segundo, o dado desce e com êle a válvula permitindo portanto a admissão do lado da tampa do que resulta a inversão do sentido do movimento da máquina.

Muitas outras disposições há em que por meio de artificios mais ou menos felizes se faz a mudança de marcha sem o emprêgo de excêntricos, merecendo especial menção o *aparelho Walschaest* muito empregado em máquinas locomotivas.

Neste aparelho o excêntrico é substituído por uma contramanivela *m*, (fig. 163), fazendo com a manivela motora *M* um ângulo de 90° ; essa contramanivela faz oscilar, em tórno de *a*, a corrediça *c*, por intermédio do tirante de marcha *T*. Nessa corrediça *c*, pode escorregar um dado, que, por meio do tirante da válvula, *b*, transmite movimento a um ponto *D* intermédio duma alavanca, cujos extremos articulam, *B*, com o pé da haste

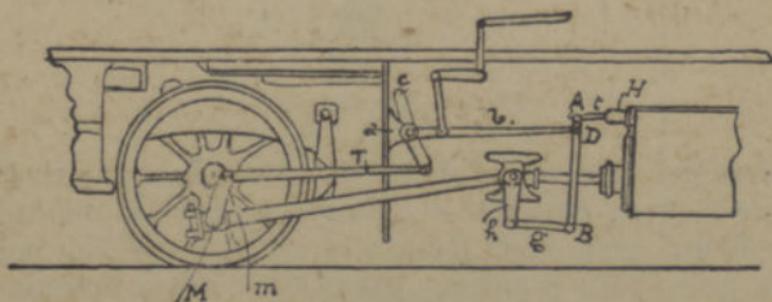


Fig. 163 - Aparelho Walschaest

do êmbolo por intermédio da guia *g* e braço *h* e *A*, com a haste *H* da válvula, por intermédio do tirante *t*. O tirante da válvula, *b*, está suspenso por um tirante de suspensão de um balanceiro, oscilando em tórno do veio

de marcha, de maneira a poder fazer variar a posição do dado de um para outro lado da corredeira, e assim alterar o sentido do movimento da máquina.

Empregam-se, a distribuição e a mudança de marcha Stephenson, Goock, Allan e Walchaest quando os eixos do cilindro, do distribuidor e do veio motor estão no mesmo plano. A distribuição Marshall, Joy e outras semelhantes, no caso contrário.

A *distribuição Corliss*, (fig. 164), tem sobre as ante-

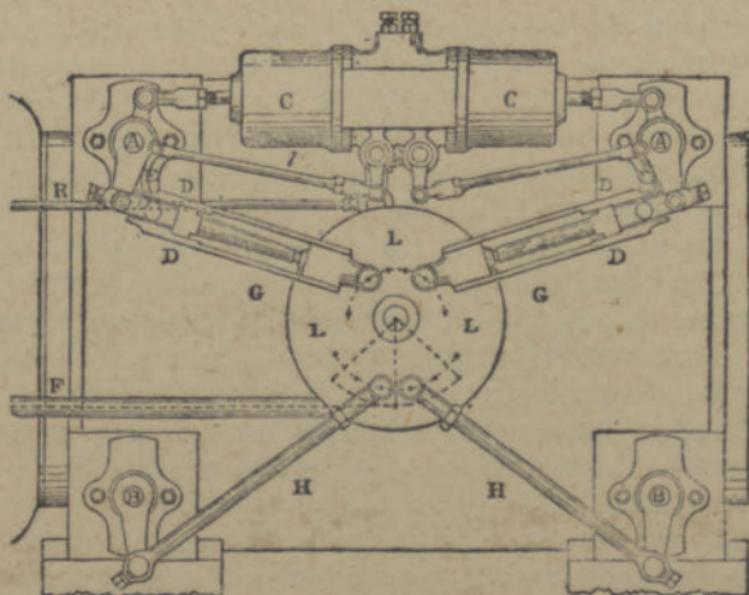


Fig. 164 — Distribuição Corliss

cedentes a vantagem de tornar muito menores os espaços nocivos, não haver laminagem de vapor durante a admissão e serem muito curtos os períodos de avanço à admissão e à compressão, vantagens que sobrelevam a complicação resultante das transmissões de movimento que têm de ser empregadas.

As *torneiras* AA e BB, estão dispostas duas de cada lado do cilindro, servindo uma A, para a admissão e a outra B, para a evacuação. Nas máquinas horizontais, as que correspondem à evacuação estão colocadas na

parte mais baixa do cilindro, com o fim de favorecer a saída da água que nele possa haver.

Os machos das torneiras distribuidoras são cilíndricos e movem-se em caixas onde se abrem os canais de admissão ou evacuação. Fora destas caixas saem as hastes das torneiras, às quais é transmitido movimento circular alternado, empregando disposições diversas.

Uma das mais empregadas é assim disposta: um *excêntrico* montado sobre o veio motor transforma o movimento circular continuo do veio em circular alternado de um *veio transmissor*. Sobre este veio, está montado um *prato distribuidor* L, no qual articulam os quatro *tirantes* G, G, H, H, correspondendo cada um à sua torneira. Estas torneiras assim manobradas funcionariam como as válvulas de concha, se várias disposições, constando de pesos e molas contidos na caixa de molas C e de linguetes, balanceiros, etc., não fizessem com que em determinada posição os tirantes das válvulas de admissão as soltassem e estas se fechassem rapidamente. Seguindo no seu movimento, o tirante da torneira vem de novo pegar no respectivo balanceiro, arrasta-o no seu movimento, abrindo a admissão de vapor até que, soltando-o, de novo a torneira se fecha automaticamente.

São muitos os maquinismos empregados para se obterem estes resultados, variando de construtor para construtor.

Distribuição por válvulas, sistema Sulzer, (fig. 165).

Empregam-se quatro válvulas, duas para a admissão e duas para a evacuação.

Estas válvulas D, D', são de sede dupla, tendo uma delas diâmetro maior que a outra, por forma a ser a válvula solicitada de baixo para cima por um esforço equivalente ao seu peso, como acontece em tôdas as válvulas equilibradas.

Estas válvulas são manobradas por meio da seguinte disposição: Sobre o veio está montada uma roda de coroa, transmitindo movimento a um veio de trans-

missão, *v*, paralelo ao eixo do cilindro, perto do qual está montado. Neste veio há quatro ressaltos ou escapes *r*, correspondendo um a cada válvula. A máquina gira e um dos escapes *r*, vem fazer levantar o balan-

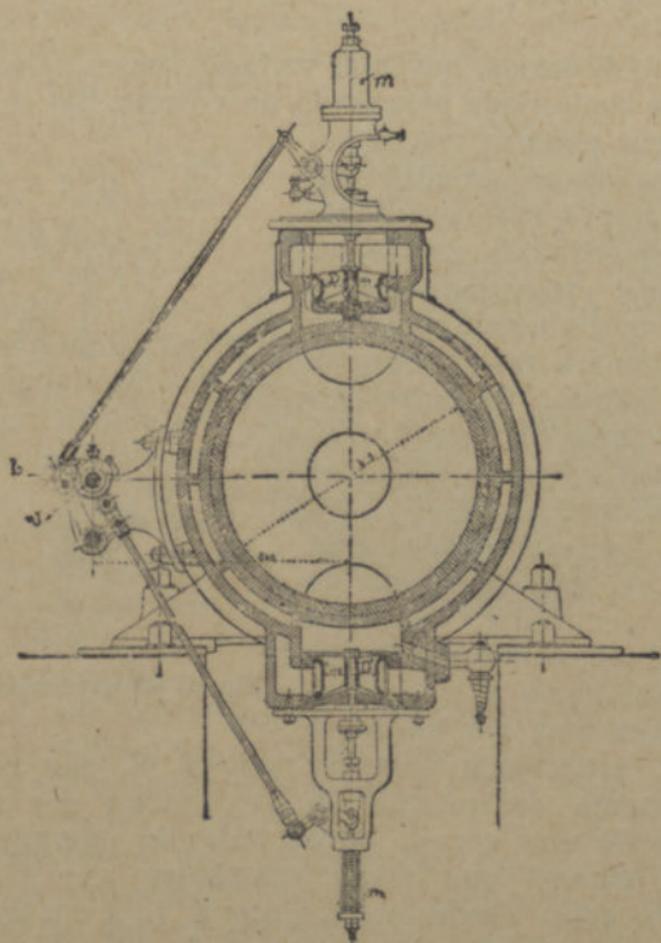


Fig. 165—Distribuição Sulzer

ceiro *b*, que faz abrir a válvula correspondente *D*. Continúa o veio de transmissão movendo-se, até que o escape *r* solta o balanceiro *b*, e uma mola antagonista *m*, faz a válvula *D*, voltar à sua posição primitiva, isto é, fechar-se. O mesmo que se dá com uma das válvulas dá-se com as outras.

As posições dos escapes podem-se fazer variar por meio de uma disposição adequada, o que tem por fim fazer com que as válvulas de admissão se fechem mais tarde ou mais cedo e assim se alterem os periodos de acção do vapor.

Como dissemos, qualquer variação brusca de velocidade é contrariada pela acção do volante. Mas se essa alteração persistir em consequência de se produzir um desequilíbrio entre o trabalho motor e o trabalho resistente, é preciso empregar um aparelho que altere o primeiro por forma a restabelecer-se o equilibrio. Os aparelhos empregados com êsse fim são variados e têm o nome de *reguladores*.

Os mais empregados, (fig. 166), são os reguladores de força centrífuga, formados por duas *massas* esféricas ou lenticulares A, D, suspensas cada uma por um *braço* M, N, articulando com um veio E, E, que recebe movimento de rotação do veio motor por intermédio de uma correia ou de rodas de engrenagem. Estas massas que assim constituem um pêndulo cônico, estão ligadas por *tirantes* K, L, a um anel H, que pode subir ou descer ao longo do veio E, E, do qual todo o aparelho está suspenso. Êsse anel H, subindo ou descendo, vai, por intermédio de um sistema de alavancas *a*, fazer funcionar uma válvula, que faz variar a pressão do vapor antes de êste entrar no distribuidor, estrangulando mais ou menos a sua passagem, ou então como nas máquinas Corliss e Sulzer faz variar a posição do escape que determina o

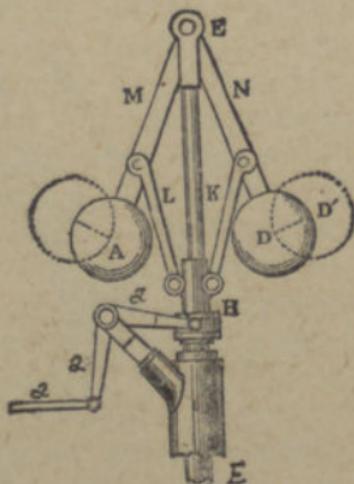


Fig. 166 — Regulador de Watt

momento em que as torneiras ou válvulas de admissão se soltam ou se fecham, alterando assim o periodo de admissão e, portanto, a potência e velocidade da máquina.

Aumentando a velocidade da máquina, a força centrífuga faz as massas afastarem-se do eixo, pelo que o anel sobe, e portanto, a válvula fecha. Se a velocidade diminui, dá-se o caso inverso.

Em máquinas de grande velocidade empregam-se reguladores que, actuando sobre o excêntrico, fazem variar a posição d'este e assim alterar os periodos de acção do vapor.

Empregam-se vários tipos destes reguladores, que em geral têm a seguinte disposição: O

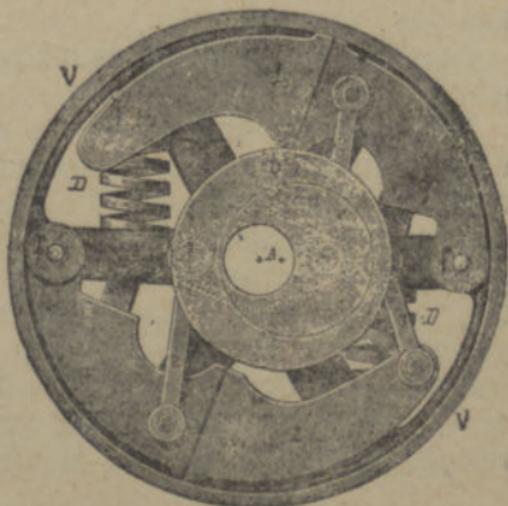


Fig. 167 — Regulador da força centrífuga

carro C, do excêntrico, (fig 167), em vez de estar montado sobre o veio A, está montado sobre o volante V, podendo deslocar-se por forma a fazer variar a sua posição relativa e, portanto, alterar os periodos de acção do vapor. Para se obter esse deslocamento do excêntrico articulam-se-lhe um ou mais tirantes, n.º 2, que por sua vez vão articular com as massas de ferro, n.º 1, que podem oscilar em torno de um ponto *f*. Molas helicoidais D, D, equilibram o sistema. Aumentando a velocidade da máquina, a força centrífuga, vencendo a resistência oposta pela mola, faz afastar do eixo o extremo livre da massa de ferro que no seu movimento arrasta o carro do excêntrico, cuja posição relativa é assim alterada.

Transmissão de movimento às bombas de ar e circulação.— Como já dissemos, estas bombas podem ser accionadas por motores próprios, fazendo-se a transmissão directamente na forma mais vulgar, (fig. 130). Para isso prolonga-se a haste do êmbolo do motor no comprimento preciso para se lhe ligarem os êmbolos das bombas, ficando neste caso os eixos do cilindro do motor e os dos corpos das bombas no prolongamento uns dos outros.

Recebendo movimento da máquina principal, a transmissão faz-se ordinariamente por dois processos.

No primeiro, empregado nas máquinas horizontais e em algumas verticais, a transmissão faz-se directamente do êmbolo motor ao êmbolo da bomba. Nesse caso os dois eixos do cilindro e da bomba devem ser paralelos. Ao corpo do êmbolo motor liga-se uma haste que, atravessando o fundo em um buçim, vai depois passar através do buçim da tampa da bomba, a cujo êmbolo se vai ligar. Ordinariamente as duas bombas de ar e circulação estão simetricamente dispostas, com relação ao eixo do cilindro motor.

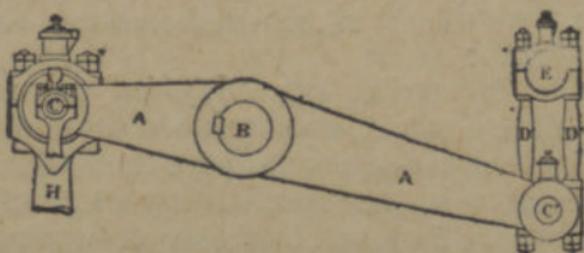


Fig. 168 — Balanceiro

No segundo processo, muito empregado nas máquinas verticais, a transmissão faz-se por meio de um balanceiro. Chama-se *balanceiro* à peça AA, (fig. 168), disposta de forma a poder oscilar em tórno do eixo do veio B, disposto entre os pontos extremos do balanceiro.

Este balanceiro dispõe-se perpendicularmente ao

eixo do cilindro e no seu extremo C' , articula o tirante da bomba D' D' , que em E articula com um munhão para esse fim disposto na cruzeta, que assim transmite movimento ao balanceiro. No outro extremo C , do balanceiro articula outro tirante H , que transmite movimento ao êmbolo da bomba, ordinariamente de tronco. Em geral na cruzeta há dois munhões, um de cada lado, transmitindo movimento a dois balanceiros paralelos montados sobre um eixo comum. Os extremos opostos dos balanceiros também estão ligados

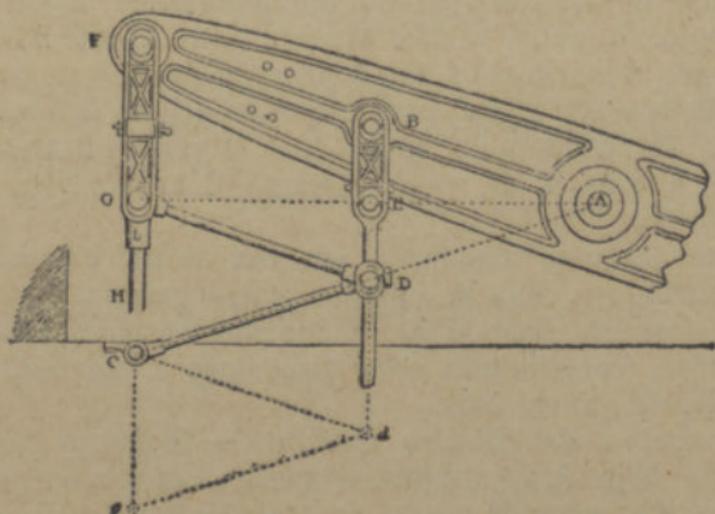


Fig. 169—Balanceiro com paralelogramo de Watt

por um veio, ao qual vão articular as hastes de várias bombas (de circulação, de ar, de alimentação, etc.).

A forma de transmissão do movimento que acabamos de descrever, e que é a mais vulgarmente empregada constitui, como já vimos, a transmissão por tirante directo.

Vejamos agora como são formados os outros sistemas de transmissão:

Máquinas de balanceiro. — Ao êmbolo liga-se a respectiva haste, cujo eixo é vertical. O tirante muito

curto articula do lado do pé com a cabeça da hasta do êmbolo, e do lado da cabeça com o extremo do balanceiro. No outro extremo do balanceiro articula o tirante de transmissão ao veio motor, hastes de bombas, etc. Estas articulações fazem-se, em geral, empregando chumaceiras de estropo.

Para guiar em linha recta o movimento da haste do êmbolo, emprega-se o *paralelogramo articulado de Watt*, (fig. 169).

Os dois vértices F e B do paralelogramo, estão no balanceiro e em um dêles F, se faz a articulação do tirante de transmissão de movimento da haste do êmbolo. No outro vértice articula outro tirante B D, do mesmo comprimento que o primeiro, e que se move paralelamente a êle, para o que se acham ligados os seus extremos pelo braço D G. O vértice D articula com a guia C D, cujo extremo C articula em um ponto fixo.

Em algumas máquinas, em vez de um balanceiro montado por cima do cilindro, empregam-se dois balanceiros ao lado e em plano inferior ao fundo do cilindro, constituindo essa disposição a *máquina de balanceiros invertidos*.

Máquina de cilindro oscilante. — É muito pouco usado hoje êste sistema e apenas em um ou outro barco de rodas. A haste do êmbolo articula directamente com o munhão da manivela, sem que haja qualquer guia.

As chumaceiras e outros órgãos de articulação, transmissão ou fixação, em nada se distinguem dos empregados em qualquer outra máquina, a não ser a caixa do bucim da haste do êmbolo que tem uma grande altura para prestar à haste um bom ponto de apoio.

A entrada do vapor para a caixa do distribuidor faz-se em geral por um dos munhões que suportam o cilindro, munhão que tem grande diâmetro e que é ôco. O grande diâmetro dos munhões tem também por fim dar-lhes grandes superfícies de fricção e, portanto,

maior duração, por lhes tornar menores os gastos resultantes do funcionamento na máquina.

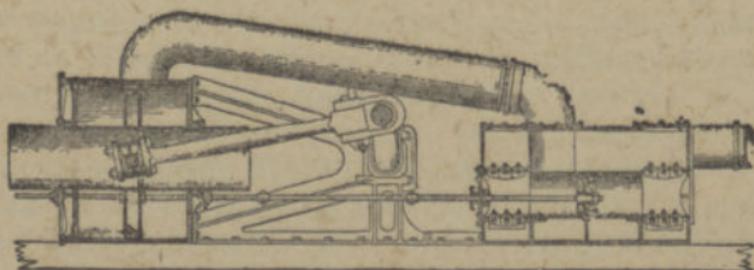


Fig. 170 — Máquina de tronco

Máquinas de tronco. — Nestas máquinas a haste do êmbolo, (fig. 170), é substituída por um *tronco* com o diâmetro limitado pela oscilação do tirante cujo pé articula por intermédio de uma chumaceira de

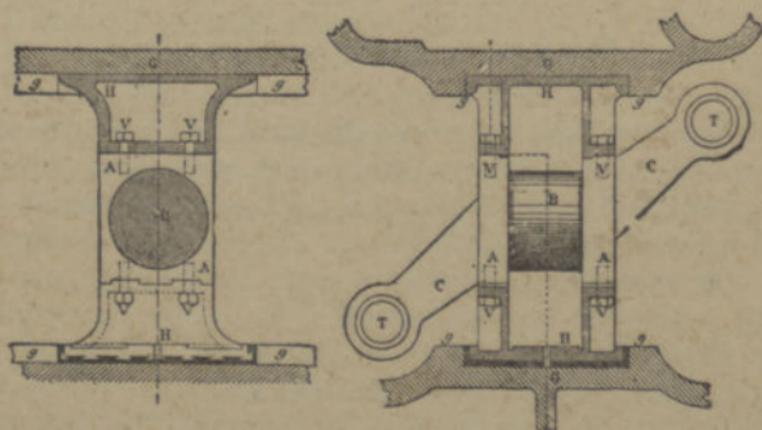


Fig. 171 — Cruzeta de uma máquina de tirante invertido

forma ordinária com o munhão existente dentro do tronco no centro do êmbolo. O tronco prolonga-se para o lado da tampa do cilindro guiando o êmbolo no seu movimento e tornando iguais dos dois lados do êmbolo as superfícies sôbre as quais se exerce a pressão do vapor.

Este tipo de máquinas está hoje completamente abandonado.

Máquina de tirante invertido. — Neste sistema o êmbolo tinha duas hastes igualmente afastadas do eixo do êmbolo e colocadas em um plâuo à 45.º do plâuo vertical que passa pelos eixos dos cilindros e do veio motor.

Essas hastes bantante compridas ligavam-se aos extremos *T T*, (fig. 171), dos braços *C C* da cruzeta *A*. Entre os dois braços da cruzeta e formando com êstes uma só peça estava o *munhão B* com que articulava a cabeça do tirante.

O movimento da cruzeta era guiado nas guias *G G* da forma ordinária.

Nada mais de particular ofereciam as máquinas em que a transmissão se fazia por êste sistema e que hoje estão postas de parte.

Suportes e fundações

Suportes são as peças de ferro ou de aço fundido ou forjado que servem de apoio e mantem na mesma posição relativa, diferentes órgãos componentes das máquinas de vapor.

Os suportes apoiam-se e estão ligados por sua vez às *fundações* que sustentam tôdo o pêso da máquina e impedem que ela se desloque. As fundações nas máquinas fixas e semi-fixas são formadas por blocos de pedra ou por maciços de cimento. Nas locomotivas e locomóveis, as fundações são substituídas pelos caixilhos sôbre os quais estão montadas as máquinas e caldeiras.

Finalmente nas máquinas marítimas é sôbre as carlingas, de madeira, de ferro ou de aço que se fixam as máquinas.

As fundações são atravessadas por compridos parafusos, por meio dos quais se obtem a ligação a essas

fundações do *suporte da base*, ordinariamente formado por longo suporte achatado.

Nas máquinas horizontais é a êsse suporte que estão ligados directamente os principais órgãos da máquina, como cilindros, chumaceiras, suportes do veio motor, etc.

Nas máquinas verticais, ao suporte da base só estão directamente ligadas as chumaceiras suportes do veio motor, emquanto os cilindros se ligam a suportes de coluna, ôcos ou maciços, fundidos ou forjados, que por sua vez se vão ligar ao suporte da base.

Em muitas máquinas o condensador serve de apoio aos cilindros de um dos lados.

Os suportes fundidos ôcos, podem servir de depósitos de óleos lubrificantes, etc. Hoje nas máquinas verticais, com o fim de as tornar mais leves e facilitar a sua inspecção e reparação, de um dos lados e muitas vezes dos dois, são os suportes fundidos substituídos por colunas de aço forjado.

Nas máquinas marítimas muito leves, de grande velocidade e em que por isso mesmo as vibrações produzidas pelo seu funcionamento podem tornar-se perigosas, consolida-se o sistema empregando escoras que fixam os cilindros entre si, às anteparas ou aos pavimentos da coberta ou convés.

PARTE SEGUNDA

CAPÍTULO IV

Combustão

Para se obter o vapor preciso para o funcionamento de uma máquina, é necessário dispormos de uma certa quantidade de calor, o que se obtém pela combustão de alguns corpos denominados *combustíveis*.

Combustão é o fenómeno resultante da combinação de um corpo combustível com o oxigénio, corpo comburente, com emissão de luz e calor.

Corpos combustíveis, são aqueles que têm afinidade para o oxigénio, isto é, corpos que têm a propriedade de com êle se combinarem, emitindo luz e calor.

Corpos comburentes, são os que têm a propriedade de alimentarem a combustão.

Temperatura é o grau de calor sensível em um corpo. O aparelho que serve para medir a temperatura dos corpos denomina-se *termómetro*, (Vide *Física Elementar*). A escala do termómetro pode ser graduada de três maneiras diferentes :

Escala centigrada. — Nesta escala o zero corresponde à temperatura do gelo fundente e 100 à temperatura da água em ebulição ; o intervalo entre 0 e 100 divide-se em 100 partes iguais denominadas graus. É esta escala a mais usada e indica-se por um o à direita e por cima do número de graus.

Escala Fahrenheit. — 0 O corresponde à temperatura de uma mistura de gelo e sal amoníaco em partes

iguais, a 212 à temperatura da ebulição da água. Indica-se por um *F* à direita do número de graus.

Escala Reaumur. — Corresponde o *O* à temperatura do gelo fundente, e à temperatura de ebulição da água, 80°. Indica-se por um *R* à direita do número de graus.

Nas três escalas as divisões acima de *O* indicam-se pelo sinal + ou não se lhe põe sinal; as divisões abaixo de *O* pelo sinal —. A ebulição da água para graduação das escalas dos termómetros deve fazer-se à pressão de 760^{mm}.

A equivalência entre as diferentes escalas é dada pela seguinte tabéla:

Tabéla de equivalência das escalas dos termómetros

Cen- tígrados	Fahrenheit	Reaumur	Cen- tígrados	Fahrenheit	Reaumur	Cen- tígrados	Fahrenheit	Reaumur
-17,7	0	-14,2	5	41	4	27	80,6	21,6
16,0	+ 3,2	12,8	6	42,8	4,8	28	82,4	22,4
15,0	5	12	7	44,6	5,6	29	84,2	23,2
14,0	6,8	11,2	8	46,4	6,4	30	86	24
13,0	8,6	10,4	9	48,2	7,2	31	87,8	24,8
12,0	10,4	9,6	10	50	8	32	89,6	25,6
11,0	12,2	8,8	11	51,8	8,8	33	91,4	26,4
10,0	14	8	12	53,6	9,6	34	93,2	27,2
9,0	15,8	7,2	13	55,4	10,4	35	95	28
8,0	17,6	6,4	14	57,2	11,2	36	96,8	28,8
7,0	19,4	5,6	15	59	12	37	98,6	29,6
6,0	21,2	4,8	16	60,8	12,8	38	100,4	30,4
5,0	23	4	17	62,6	13,6	39	100,2	31,2
4,0	24,8	3,2	18	64,4	14,4	40	104	32
3,0	26,6	2,4	19	66,2	15,2	41	105,8	32,8
2,0	28,4	1,6	20	68	16	42	107,6	33,6
1,0	30,2	0,8	21	69,8	16,8	43	109,4	34,4
0	32	0	22	71,6	17,6	44	111,2	35,2
+ 1	33,8	+ 0,80	23	73,4	18,4	45	113	36
2	35,6	1,6	24	75,2	19,2	46	114,8	36,8
3	37,4	2,4	25	77	20	47	116,6	37,6
4	39,2	3,2	26	78,8	20,8	48	118,4	38,4

Cen- tígrados	Fahrenheit	Reaumur	Cen- tígrados	Fahrenheit	Reaumur	Cen- tígrados	Fahrenheit	Reaumur
49	120,2	39,2	67	152,6	53,6	85	185	68
50	122	40	68	154,4	54,4	86	186,8	68,8
51	123,8	40,8	69	156,2	55,2	87	188,6	69,6
52	125,6	41,6	70	158	56	88	190,4	70,4
53	127,4	42,4	71	159,8	56,8	89	192,2	71,2
54	129,2	43,2	72	161,6	57,6	90	194	72
55	131	44	73	163,4	58,4	91	195,8	72,8
56	132,8	44,8	74	165,2	59,2	92	197,6	73,6
57	134,6	45,6	75	167	60	93	199,4	74,4
58	136,4	46,4	76	168,8	60,8	94	201,2	75,2
59	138,2	47,2	77	170,6	61,6	95	203	76
60	140	48	78	172,4	62,4	96	204,8	76,8
61	141,8	48,8	79	174,2	63,2	97	206,6	77,6
62	143,6	49,6	80	176	64	98	208,4	78,4
63	145,4	50,4	81	177,8	64,8	99	210,2	79,2
64	147,2	51,2	82	179,6	65,6	100	212	80
65	149	52	83	181,4	66,4	101	213,8	80,8
66	150,8	52,8	84	183,2	67,2	102	215,6	81,6

Faltando a tabéla e querendo saber a quantos graus de uma escala correspondem x graus de outra, procede-se da seguinte forma, que facilmente se retem:

Querendo saber x graus Fahrenheit a quantos graus centígrados correspondem: Subtrai-se a x Fahrenheit 32, divide-se essa diferença por 9 e multiplica-se o quociente por 5. Ex.: 104 F a quantos centígrados correspondem?

$$104 - 32 = 72 \quad \frac{72}{9} \times 5 = 40^\circ$$

Querendo saber x graus centígrados a quantos graus Fahrenheit correspondem, multiplica-se x por 9, divide-se o produto por 5 e sóma-se-lhe 32. Ex.: 40° a quantos graus Fahrenheit correspondem?

$$\frac{40}{5} \times 9 = 72 \quad 72 + 32 = 104 \text{ F.}$$

Querendo saber a quantos graus centigrados correspondem x graus Reaumur, divide-se x por 4 e multiplica-se o quociente por 5. Ex.: 16-R a quantos centigrados correspondem?

$$\frac{16}{4} \times 5 = 20^\circ.$$

Querendo saber x graus centigrados a quantos Reaumur correspondem, divide-se x por 5 e multiplica-se o quociente por 4. Ex.: 20°, centigrados a quantos Reaumur correspondem?

$$\frac{20}{5} \times 4 = 16 \text{ R.}$$

A quantidade de calor que um corpo pode absorver ou transmitir mede-se em *calorias*.

Caloria é a quantidade de calor necessária para elevar de 1° a temperatura de 1 quilograma de água. Na prática admite-se que o trabalho preciso para desenvolver uma caloria corresponde a 425 quilogrâmetros.

Entre os corpos combustíveis acham-se o carbono e o hidrogénio que não se encontram na natureza puros e livres, mas sim em combinações numerosas, como são por exemplo o carvão, a madeira, óleos, etc. A estes corpos dá-se o nome genérico de *combustíveis*.

Os combustíveis actualmente em uso podem classificar-se em três grupos distintos:

- | | |
|-------------------------------|--|
| <i>Combustíveis sólidos.</i> | { Lenha, carvão vegetal, carvão mineral, aglomerados, cóque, etc. |
| <i>Combustíveis líquidos.</i> | { Óleos pesados, provenientes da destilação da hulha; petróleo, etc. |
| <i>Combustíveis gasosos.</i> | Gás de iluminação, etc. |

Combustíveis sólidos

Lenha. — O uso da lenha como combustível empregado nas caldeiras é muito restrito. A sua natureza química é muito variada, conforme a qualidade, mas o

principal elemento combustivel é formado pelo carbono, cuja proporção varia entre 40 e 50%. A proporção do hidrogénio não excede 1%.

O poder calorífico da lenha de composição média é 1.350:000 calorias por 1^m3, ou seja 5 vezes menos do que igual volume de hulha, razão porque esta é preferida.

Quando em uma caldeira construída para queimar hulha, fôr necessário queimar lenha, devemos abaixar de $\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{2}$ o plâno da grelha, rasgar a porta da fornalha da mesma quantidade, tirar uma grelha em cada três para aumentar a secção de entrada de ar e colocar um pouco acima da bôca da chaminé uma rede de arame ou de chapa furada, para impedir a saída de pedaços de lenha em ignição.

A camada de lenha sôbre a grelha deverá ser cinco vezes mais espessa do que a do carvão.

Carvão vegetal. — Conquanto seja bastante grande o seu poder calorífico, o custo elevado não lhe consente o emprêgo como combustivel usado nas caldeiras.

O *carvão mineral*, ou, como se diz mais vulgarmente, carvão de pedra, é de um emprêgo quasi geral nas máquinas de vapor.

Distinguem-se no carvão mineral: a antracite, a hulha e a linhite.

A *antracite* é brilhante, de um negro ligeiramente acinzentado. Arde com dificuldade precisando uma tiragem muito activa. Exceptua-se a antracite de Cardiff, que é um excelente combustivel que se emprega sem mistura.

A *hulha* (vide a *Hulha*, desta Biblioteca) é uma substância negra mais ou menos brilhante, ardendo com facilidade, com uma chama clara.

As *hulhas duras* queimam-se facilmente com chama branca e longa, fumo negro, espesso e pouco abundante. Com dificuldade se quebram, apresentando um aspecto lamelar. O seu emprêgo é muito vantajoso nas caldeiras.

As *hulhas gordas* têm a aparência negra brilhante, e queimam-se com fumo negro muito abundante. Expostas ao fogo, umas aglotinam-se, obstruindo a grelha e formando uma abóbada, no interior da qual o calor é muito intenso e por isso são preferidas para as forjas, outras não se aglotinam e dão uma chama longa também com calor intenso, pelo que são preferidas para caldeiras.

Hulhas secas. — Pela sua aparência assemelham-se à antracite, sendo, contudo, a sua cor mais baça e sujando pouco os dedos. Ardem com dificuldade e com uma chama azulada; o calor produzido é intenso, mas de pouca duração. Para serem queimadas em caldeiras é vantajoso misturá-las com hulhas gordas.

A *linhite* é de cor acastanhada ou negra, mais baça que brilhante. Arde facilmente com uma chama clara, produzindo muito fumo e um cheiro desagradável. Contém muita água e por isso em igualdade de peso produz menos calor.

Em consequência do seu fraco poder calorífico, deve ser considerada como combustível pobre e só se deve empregar na falta de outro, ou quando a diferença de preço compense as suas deficiências.

Os *aglomerados* ou *briquetes* são formados por pequenos pedaços de hulha, a que, por meio de uma lavagem, se tiraram as substâncias terrosas, e que em seguida se comprimem de mistura com alcatrão da hulha (*coaltar*). Bem preparados com materiais de boa qualidade formam um excelente combustível, fácil de empregar e conservando-se muito tempo sem alteração.

O *coque* é um residuo da destilação das hulhas, de cor acinzentada, leve, sonoro e muito poroso. Arde com dificuldade, sem fumo e sem chama, precisando uma corrente de ar muito activa. É pouco empregado nas caldeiras.

De todos estes combustíveis deve dar-se a preferência às hulhas gordas que menos tempo tenham de exposição ao sol e ao ar. Preferir-se há um carvão que

quebre em lâminas, que seja brilhante e sem sinais de pirites de ferro ou de cobre. As hulhas recentemente vindas das minas não devem conservar-se em depósitos completamente fechados, para evitar o perigo das explosões.

Combustíveis líquidos

Os óleos vegetais não são empregados nas caldeiras como combustíveis. Os óleos minerais mais empregados são: o coaltar e produtos da destilação do petróleo.

Alcatrão da hulha ou coaltar. — A pouca produção e o custo elevado não permite empregá-lo em grande escala, embora constitua um excelente combustível.

Petróleos. — O seu emprêgo como combustível, quer queimando-o só, quer juntamente com o carvão, parece tender a generalizar-se.

Queimando-se só o petróleo, para que a sua combustão seja perfeita é necessário:

Pulverizar o combustível liquido, projectando-o assim pulverizado na fornalha:

Regular a entrada do ar de maneira a só entrar o indispensável;

Que a fornalha seja bastante grande e sem obstáculos, cujo efeito seria fazer esfriar a chama.

Para se obter a pulverização do petróleo e a sua projecção na fornalha, emprega-se grande variedade de aparelhos denominados *pulverizadores*.

Os agentes da pulverização são o vapor ou o ar comprimido, parecendo o emprêgo d'este último mais vantajoso.

Como se vê nas (figs. 172 e 173), os pulverizadores assemelham-se aos injectores. O vapor ou o ar comprimido é introduzido em uma caixa em comunicação

ou ar produz na caixa uma rarefacção que obriga o petróleo a entrar nela, donde sai por um tubo que

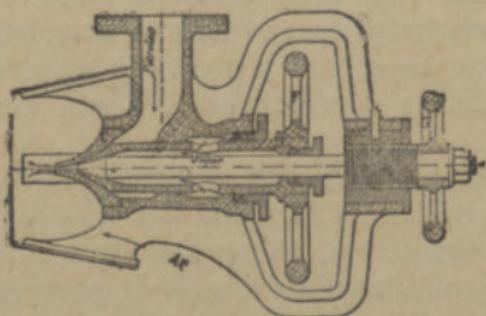


Fig. 172 — Pulverizador para petróleo

muito dividido o projecta na fornalha. Outrosapparelhos, em vez de projectarem o petróleo pulverizado, projectam-o sôb a forma de uma toalha liquida de pequena espessura.

O petróleo tem sôbre o combustivel sólido a vantagem da facilidade de condução do fogo, pois que para

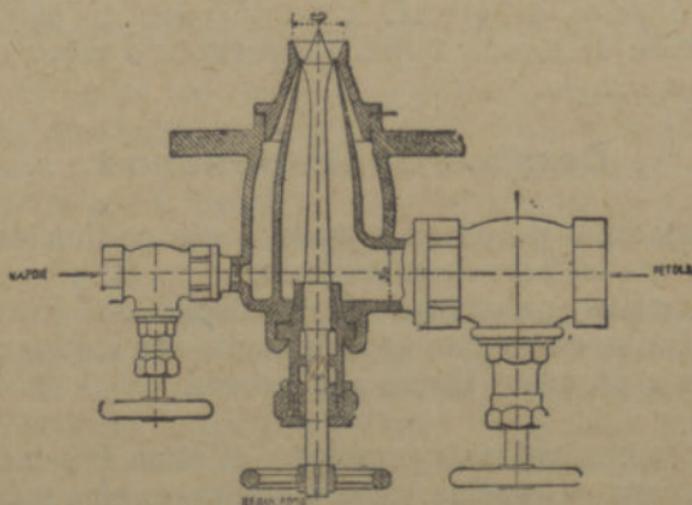


Fig. 173 — Pulverizador para petróleo

lhe graduar a intensidade basta manobrar algumas valvulas ou torneiras, enquanto que os combustiveis

sólidos precisam de um trabalho activo e muito violento do pessoal encarregado dêsse serviço.

A par desta vantagem estão os inconvenientes do custo mais elevado, de não se encontrar com a facilidade com que se encontra o carvão mineral e de necessitar caldeiras especiais para o seu emprêgo ser económico.

Assim, uma caldeira para queimar petróleo não tem grelha, as paredes da fornalha têm que ser revestidas de tijolos refractários, as portas são completamente diferentes para terem montados os pulverizadores; é necessário um compressor e uma caldeira ordinária para quando se acende, fornecer o vapor ou ar para o funcionamento dos pulverizadores, etc., o que torna difficil a adaptação dêsse sistema de aquecimento às caldeiras que queimam carvão.

Para o aquecimento mixto das caldeiras, isto é, o emprêgo simultâneo de combustíveis sólidos e liquidos, basta instalar na frente da fornalha um ou dois pulverizadores, cujos eixos estejam um pouco convergentes com o plâno da grelha. A pulverização do petróleo obtem-se da mesma forma empregando o vapor ou o ar comprimido.

Combustíveis gasosos

Comquanto pouco empregado, o gás de iluminação é um dos melhores combustíveis.

Os gases provientes da distilação do petróleo também se empregam especialmente em motores de carros e pequenos barcos automóveis.

O combustível mais empregado é, como dissemos, a hulha, que se estende sôbre a grelha em uma camada mais ou menos espessa. O oxigénio necessario para a combustão se produzir, é fornecido pelo ar em cuja composição êle entra na percentagem de 0,21, a 0,31 em pêso.

Composição, poder calorífico e densidade de alguns combustíveis, deduzido o poder calorífico da sua composição química.

Designação dos combustíveis	Densidade	Carbono	Hidrogénio	Poder calorífico em calorias
Lenha sêca...	0,25	0,48	0,6	4000
Carvão vegetal.....	0,564 a 0,431	0,80	0,05	6000
Antracite....	1,35 a 1,45	0,90 a 0,95	0,30	7500
Hulhas duras.	1,32	0,87 a 0,89	0,05	8700
» gor- das.....	1,3	0,81 a 0,88	0,04 a 0,05	7800 a 8600
Hulhas sêcas	1,35	0,76	0,00	7300
Linhites.....	1,25	0,70	0,05	5000 a 6500
Aglomerados.. (Briquetes).	1,51 a 1,21	0,70 a 0,87	0,425 a 0,56	8800
Coque.....	0,55	0,82 a 0,90	—	7000
Coaltar.....	1,000	0,78 a 0,825	0,06 a 0,1	8055
Petróleo.....	0,725 a 0,960	85 a 87	12 a 14	11200
Gás de iluminação.....	0,4831	0,62	0,21	11000

O ar entra no cinzeiro, e passando por entre as barras da grelha, atravessa com alguma dificuldade a camada de combustível em ignição. Nessa passagem separa-se-lhe o oxigénio que, combinando-se com o hidrogénio e com o carbono, produz vapor de água e ácido carbónico.

O vapor de água, em contacto com o excesso de carbono elevado a alta temperatura, transforma-se em óxido de carbono, havendo uma absorção de calor.

Achando-se o óxido de carbono em contacto com o oxigénio, queima-se por sua vez, restituindo o calor que tinha absorvido. A quantidade restante de oxigénio combina-se com os outros gases combustíveis e matérias betuminosas, queimando-as.

Para que se realizem estas combinações, é necessário que a temperatura se mantenha entre certos limi-

tes, pois que se passar de 1.000° para o vapor de água ou de 1.300° para o ácido carbónico, os elementos combinados tendem a separar-se, absorvendo essa separação ou *dissociação* uma quantidade de calor igual à quantidade precisa para essas combinações se realizarem.

Da mesma maneira baixando a temperatura dos gases além de um certo limite, a combustão não poderia ser completa, e os elementos combustíveis saídos pela chaminé levariam consigo uma certa quantidade de energia térmica que não teria sido aproveitada.

Tendo atravessado a camada do combustível os produtos da combustão, compreendendo o azote do ar, o ar em excesso, o óxido de carbono e particulas muito pequenas de carvão, dirigem-se para a chaminé, podendo no trajecto completar-se a combustão desses produtos se na mistura houver a quantidade precisa de oxigénio.

Recapitulando, vemos que da combustão dos corpos cujos elementos combustíveis são o carbono e o hidrogénio, resulta a produção de vários corpos *gasosos*, entre os quais se encontram:

- 1.º o *ácido carbónico*, resultante da combinação do carbono com o oxigénio;
- 2.º o *vapor de água*, resultante da combinação do hidrogénio com o oxigénio;
- 3.º o *azote* libertado pela absorção do oxigénio do ar;
- 4.º o *ar em excesso*.

Não sendo a combustão completa, encontram-se ainda o *óxido de carbono*, e *carbono* em particulas muito ténues, ou negro de fumo.

Além destes produtos o carvão sendo uma substância orgânica, contém matérias como os silicatos, que sôb a acção do fogo se vitrificam formando a *jôrra*, que é a camada pastosa que se vê sôbre a grelha, e ainda outros residuos que caem no cinzeiro e que se designam comumente por *cinzas*

São as particulas de carbono que formam a matéria córante do fumo, bastando por isso, como indicação de que a combustão é incompleta, o ver-se muito negro o fumo que sai da chaminé.

Tiragem — A quantidade de ar necessária para se operar a combustão, entra pelo cinzeiro pela acção da tiragem resultante da alta temperatura dos gases da combustão que, por êsse facto, se tornam menos densos, promovendo por isso uma corrente ascencional na chaminé.

Solicitado por essa diferença de pressões à saída da chaminé e à entrada do cinzeiro, o ar exterior entra pelo cinzeiro na proporção de 12 a 15^{m3} por quilograma de carvão queimado. A quantidade máxima de carvão que assim se pode queimar não vai além de 100^k por metro quadrado de grelha e por hora.

A tiragem obtida unicamente pela diferença de pressões, sem auxilio de algum agente mecânico denomina-se *tiragem natural*.

Se formos aumentando a velocidade do motor atingimos um limite em que todo o vapor que as caldeiras podem produzir é consumido por êle. Se fôr preciso que a velocidade e a potência passem ainda além dêsse limite, será forçoso que a produção de vapor se torne mais abundante.

Ora, a quantidade de vapor produzido por unidade de superficie de aquecimento, na unidade de tempo é função da quantidade de calor, transmitido à água. Isto é, não se pode aumentar a produção de vapor sem aumentar a quantidade de calor ou seja, sem queimar uma maior quantidade de combustível na mesma unidade de tempo.

Daí resulta a necessidade de introduzir no cinzeiro um maior volume de ar, o que só por meios mecânicos se pode fazer, constituindo assim o regimen da *tiragem forçada*.

Como processo mecânico para activar a tiragem, empregam-se jactos de vapor na chaminé ou ventof-

nhas, aspirando os gases na base da chaminé ou comprimindo o ar através das grelhas.

Nas locomotivas, locomóveis, bombas de incêndio, pequenos motores de fábricas e pequenos barcos de vapor, a tiragem forçada faz-se sempre que as máquinas funcionam, o que se obtém conduzindo à base da chaminé o tubo de evacuação do motor.

A entrada de ar no cinzeiro aumenta, e portanto a tiragem activa-se, quando se reduz a secção do tubo de evacuação, mas é preciso observar que uma redução muito grande seria prejudicial por fazer aumentar a contrapressão sobre o êmbolo. Por isso em algumas máquinas, especialmente em vários tipos de locomotivas, o tubo de evacuação que se abre dentro da chaminé é de secção variável.

O sistema de jactos de vapor recomendável pela sua extrema simplicidade, tem o inconveniente do ser caro e de fazer perder uma certa quantidade de água doce. Com a tiragem forçada por êste processo, consegue-se queimar 140 a 160^k de carvão por hora e por metro quadrado de grelha.

Para se obter tiragem mais activa é que se empregam as ventoinhas. A aspiração dos produtos da combustão na base da chaminé por meio de uma ventoinha é pouco empregada por estorvar a tiragem natural e pela dificuldade que oferece a montagem da ventoinha na chaminé, onde está sujeita à grande temperatura que ali predomina. A compressão do ar através da grelha e da camada de combustível faz-se por meio de ventoinhas, fazendo-se a compressão do ar em *cinzeiro fechado* ou em *compartimento fechado*.

No primeiro caso o ar comprimido é conduzido por um conduto que se abre no cinzeiro, fechando-se êste herméticamente quando funciona a ventoinha. Uma disposição especial faz, quando se abrem as portas das fornalhas, interceptar a passagem do ar, evitando-se assim que a chama retorne por elas, queimando quem se achasse perto.

Pelo processo da tiragem forçada em compartimento fechado, é a casa das caldeiras herméticamente fechada e uma ou mais ventoinhas comprimem para aí o ar aspirado exteriormente. A pressão do ar nesse compartimento é por isso bastante superior à pressão ao ar livre, e maior, portanto, a diferença de pressões à entrada no cinzeiro e à saída da chaminé, e portanto maior a quantidade de ar que entra pelo cinzeiro.

A intensidade da tiragem é medida com o auxílio dum manómetro de água. Este aparelho é formado por um tubo de vidro em forma de U. Um dos ramos abre-se ao ar livre e o outro na caixa de fumo, na base da chaminé ou na casa das caldeiras. Deita-se água no tubo e a diferença de alturas do nível de água nos dois ramos, medida em milímetros dá a indicação do grau de tiragem.

A tiragem forçada por compressão de ar atinge por vezes 140 milímetros, queimando-se nestas condições 400^k de carvão por metro quadrado de grelha e por hora, mas estas tiragens são muito exageradas e deve-se renunciar a elas se não se quiser ter a caldeira inutilizada em pouco tempo.

Quando a tiragem forçada é moderada, a marcha dos aparelhos é regular, muitas vezes mais regular do que a tiragem natural.

Tabéla aproximada do consumo de combustível queimado por um metro quadrado de grelha e por hora, às diferentes pressões de ar em milímetros

Tiragem em milímetros	Carvão queimado por 1m ² de grelha e por hora
(a) 10	98
15	137
20	149
25	166
30	182

(a) Tiragem natural.

CAPÍTULO V

Produção de vapor

No caminho da fornalha para a chaminé a superfície das paredes metálicas da caldeira, em contacto com os produtos da combustão, absorvem-lhe por efeito de *irradiação* parte do calor. Na massa dessas paredes metálicas o calor propaga-se por *condutibilidade*, e finalmente a água da caldeira aquece, porque absorve o calor dessas paredes por *convecção*, isto é, por contacto com renovação lenta ou rápida da parte fluida.

A água aquecendo, formam-se junto às paredes, em que a temperatura é mais elevada, bolhas de vapor que tendem a subir para a superfície, mas que se desfazem antes de lá chegarem, por se condensar o vapor ao contacto com as camadas mais frias, às quais cedem calor. Chega, finalmente, um momento em que as bolhas se produzem em tôda a massa líquida e vêm rebentar à superfície estando então o líquido em *ebulição*. A temperatura a que êsse fenómeno se produz ao ar livre, isto é, sôb a pressão de 760^{mm}, é 100°. Em geral o vapor distingue-se do gás, pela sua muita proximidade do estado de liquifacção. Assim, tanto o vapor como o gás são resultados da mesma transformação da

matéria, sendo o gás a forma final que o vapor pode atingir sob a influência de causas exteriores.

Tratando êste manual apenas de máquinas de vapor de água, deve subentender-se que nos referimos ao *vapor de água* tôda a vez que empregarmos a palavra *vapor*.

Entrando a água em ebulição, o vapor produzido vai-se acumulando no reservatório de vapor e como está em contacto com o seu liquido gerador em um vaso fechado, chama-se-lhe *vapor saturado*, dizendo-se que êle é *húmido* ou *sêco*, segundo contém ou não em suspensão na sua massa particulas do liquido.

O vapor saturado, sêco ou húmido, gosa da propriedade seguinte: Sendo constante a temperatura da água e do vapor, a sua fôrça elástica será sempre a mesma, seja qual fôr o volume por êle occupado.

Produzindo-se a ebulição em um vaso fechado as bolhas de vapor, para virem à superficie do liquido, têm que vencer a pressão reinante nesse vaso, pressão que muitas vezes é superior à pressão atmosférica.

Nêsse caso, para que as bolhas de vapor venham rebentar à superficie, é preciso que absorvam calor até que a sua fôrça elástica equilibre essa pressão. Conclui-se daqui que a temperatura da ebulição varia com a pressão que se exerce sôbre a água, mas conserva-se constante emquanto se mantiver essa pressão.

A ebulição da água está, finalmente, sujeita às seguintes leis:

1.^a *Submetida à mesma pressão exterior a temperatura da ebulição da água é sempre a mesma;*

2.^a *A temperatura do liquido é a mesma durante o periodo de ebulição;*

3.^a *Uma grande mudança de volume é sempre acompanhada de uma mudança de estado.*

Assim, um litro de água que entre em ebulição à temperatura de 100°, sob uma pressão igual a pressão atmosférica, produz 1.650 litros de vapor.

Tabela das temperaturas de ebulição e da densidade do vapor de água saturado sêco, correspondentes a diferentes pressões absolutas.

Pressão absoluta	Temperatura de ebulição	Pêso de 1m ³	Pressão absoluta	Temperatura de ebulição	Pêso de 1m ³	Pressão absoluta	Temperatura de ebulição	Pêso de 1m ³
Quilogr.	Graus	Quilogr.	Quilogr.	Graus	Quilogr.	Quilogr.	Graus	Quilogr.
0,0089	5	0,0066	0,3923	75	0,2435	4,2499	145	2,2853
0,0125	10	0,0092	0,4822	80	0,2957	4,8695	150	2,5968
0,0173	15	0,0126	0,5888	85	0,3568	5,5594	155	2,9107
0,0263	20	0,0170	0,7144	90	0,4280	6,3250	160	3,3194
0,0320	25	0,0227	0,8617	95	0,5106	7,0835	165	3,7349
0,0429	30	0,0300	1,033	100	0,6056	8,1063	170	4,1899
0,0569	35	0,0393	1,2325	105	0,7146	9,1339	175	4,6865
0,0747	40	0,0509	1,4623	110	0,8391	10,2611	180	5,2272
0,0971	45	0,0653	1,7261	115	0,9806	11,4942	185	5,8143
0,1251	50	0,0829	2,0278	120	1,1407	12,8396	190	6,4504
0,1597	55	0,1045	2,3712	125	1,3213	14,3039	195	7,1378
0,2023	60	0,1306	2,7607	130	1,5241	15,8939	200	7,8790
0,2542	65	0,1619	3,2005	135	1,7510	17,6163	205	8,6764
0,3169	70	0,1993	3,6963	140	1,0041	19,4779	210	9,5324

Se a água contiver em dissolução matérias salinas a sua temperatura de ebulição torna-se mais elevada, sendo essa temperatura tanto mais elevada quanto maior fôr o grau de concentração da mistura.

Se ao ar livre quisermos reduzir a vapor 1 quilograma de água que estiver a 0° de temperatura, teremos primeiramente que elevar a sua temperatura, a 100°, para o que é necessário fornecer-lhe 100 calorias; depois, para a transformar em vapor saturado teremos que continuar a fornecer-lhe mais calorias, sem que, como dissemos, se produza um aumento de

temperatura. Esse excesso de calor que é preciso fornecer à água sem que haja aumento de temperatura, chama-se *calor latente de vaporização*, mostrando a experiência que o valor representativo deste calor latente diminui à medida que a pressão se eleva. Assim, quando a temperatura fôr de 100° , o calor latente será 537 calorias; se a temperatura fôr de 200° , o calor latente será 467,5 calorias.

Tabéla da temperatura de ebulição da água do mar em relação à quantidade de sais que contém em dissolução.

Pêso dos sais em 100 partes de água	Temperatura de ebulição	Pêso dos sais em 100 partes de água	Temperatura de ebulição
0	100°	21,84	$104^{\circ},6$
3,03	$100^{\circ},7$	24,96	$105^{\circ},2$
6,06	$101^{\circ},2$	28,08	$105^{\circ},8$
9,09	$102^{\circ},2$	31,20	$106^{\circ},5$
12,48	$102^{\circ},6$	34,32	$107^{\circ},2$
15,60	$103^{\circ},2$	37,44	108°
18,72	104°	—	—

O calor total de vaporização de 1 quilograma de água à temperatura T° será igual ao número de calorias necessário para elevar a temperatura de 0° a T° mais o calor latente da água a essa temperatura.

Se em seguida condensarmos o vapor produzido, esse calor tornará a aparecer integralmente; isto é, se tivermos 1 quilograma de vapor à temperatura T° e o condensarmos a temperatura t° , esse vapor restituirá a mesma quantidade de calor que absorveu, ou seja o mesmo número de calorias que seriam necessárias para formar essa quantidade de vapor à temperatura T° com a água t° . Esta propriedade é utilizada nos aparelhos denominados *vaporizadores*, que descreveremos mais adiante.

Denomina-se *pressão do vapor*, o quociente da força elástica do vapor, pela superfície sôbre que ela se exerce.

O vapor existente na caldeira exerce sôbre as paredes do invólucro que o contem uma certa tensão que tende a afastar essas paredes. Supondo a caldeira no vácuo, esta estaria sujeita a uma pressão P denominada *Pressão absoluta*; mas como a pressão atmosférica actúa no sentido inverso, a pressão que realmente sofrem as paredes da caldeira é igual à pressão P , diminuída da pressão atmosférica. Denomina-se *pressão efectiva* a pressão resultante dessa diferença $P - p. atm.$, e é essa pressão a indicada pelos manómetros.

Quando a pressão absoluta é mais pequena do que a pressão atmosférica e portanto a pressão efectiva negativa, exprime-se medindo a diferença entre a pressão absoluta e a pressão atmosférica, dando-se-lhe (impròpriamente) o nome de *vácuo*.

Como já foi dito quando se tratou do gerador, os instrumentos destinados a medir a pressão denominam-se *manómetros*.

Há manómetros de vários tipos, mas os que se empregam nas máquinas são conforme os já descritos, ou então, para pressões mais elevadas, outros em que a transmissão de movimento do tubo, n.º 2, (fig. 45), ao ponteiro, em vez de se fazer por um carrêto e um sector dentado, se faz empregando apenas uma alavanca virada em ângulo recto.

A gradação do manómetro pode ser feita em quilogramas por centimetro quadrado, em atmosferas por centimetro quadrado, em centímetros de mercúrio ou em libras por polegadas quadradas

Tabela comparativa das escalas dos manómetros

Manómetros de pressão (1)

Em libras	Em atmosferas	Em quilogramas	Em centímetros de mercúrio	Em libras	Em atmosferas	Em quilogramas	Em centímetros de mercúrio
1	0,066	0,0688	0,050	32	2,132	2,2016	1,621
2	0,132	0,1376	0,101	33	2,2	2,2704	1,671
3	0,2	0,2064	0,151	34	2,267	2,3392	1,722
4	0,267	0,2752	0,202	35	2,333	2,4080	1,773
5	0,333	0,3440	0,253	36	2,4	2,4768	1,823
6	0,4	0,4128	0,303	37	2,47	2,5456	1,873
7	0,47	0,4816	0,351	38	2,536	2,6144	1,924
8	0,536	0,5504	0,404	39	2,6	2,6832	1,974
9	0,6	0,6192	0,455	40	2,67	2,7544	2,025
10	0,67	0,6886	0,506	41	2,736	2,8232	2,076
11	0,736	0,7574	0,556	42	2,8	2,8920	2,126
12	0,8	0,8256	0,617	43	2,867	2,9608	2,177
13	0,867	0,8944	0,667	44	2,935	3,0296	2,228
14	0,935	0,9632	0,718	45	3	3,0990	2,280
15	1	1,033	0,76	46	3,066	3,1678	2,330
16	1,066	1,1008	0,81	47	3,132	3,2366	2,380
17	1,132	1,1696	0,862	48	3,2	3,3024	2,430
18	1,2	1,2384	0,911	49	3,267	3,3712	2,480
19	1,267	1,3072	0,962	50	3,333	3,4430	2,530
20	1,333	1,3772	1,013	51	3,4	3,5118	2,580
21	1,4	1,4460	1,063	52	3,47	3,5776	2,630
22	1,47	1,5148	1,114	53	3,536	3,6464	2,680
23	1,536	1,5836	1,164	54	3,6	3,7152	2,730
24	1,6	1,6512	1,215	55	3,67	3,7840	2,780
25	1,67	1,7200	1,266	56	3,736	3,8528	2,830
26	1,736	1,7888	1,316	57	3,8	3,9216	2,880
27	1,8	1,8576	1,367	58	3,867	3,9904	2,93
28	1,867	1,9264	1,417	59	3,935	4,0592	2,98
29	1,935	1,9952	1,468	60	4	4,1320	3,04
30	2	2,066	1,52	65	4,338	4,47.0	3,293
31	2,066	2,1348	1,57	70	4,670	4,8160	3,546

(1) Para se obter a pressão em quilogramas correspondentes à pressão num certo número de libras, multiplica-se esse número de libras por 0,07

Manômetros de pressão

Em libras	Em atmosferas	Em quilogramas	Em centímetros de mercúrio	Em libras	Em atmosferas	Em quilogramas	Em centímetros de mercúrio
75	5	5,1600	3,80	155	10,333	10,67	7,85
80	5,333	5,5088	4,053	160	10,670	11,01	8,10
85	5,670	5,8528	4,316	170	11,333	11,69	8,61
90	6	6,1980	4,56	180	12	12,39	9,12
95	6,333	6,5420	4,81	190	12,67	13,18	9,61
100	6,670	6,8860	5,06	200	13,333	13,77	10,13
105	7	7,2300	5,32	210	14	14,46	10,64
110	7,333	7,5680	5,57	220	14,67	15,13	11,14
115	7,670	7,9120	5,82	230	15,333	15,82	11,65
120	8	8,2640	6,08	240	16	16,52	12,16
125	8,333	8,6080	6,33	250	16,67	17,20	12,66
130	8,670	8,9520	6,58	260	17,333	17,90	13,17
135	9	9,2960	6,84	270	18	18,59	13,68
140	9,333	9,6320	7,09	280	18,67	19,26	14,18
145	9,670	9,9760	7,34	290	19,333	19,95	14,69
150	10	10,33	7,60	300	20	20,66	15,20

Manômetro de vácuo

Em polegadas	Em centímetros de mercúrio	Em quilogramas	Em polegadas	Em centímetros de mercúrio	Em quilogramas	Em polegadas	Em centímetros de mercúrio	Em quilogramas
1	2,53	0,034	11	2,78	0,378	21	53,1	0,722
2	5,06	0,068	12	3,03	0,412	22	55,6	0,756
3	7,59	0,102	13	3,28	0,446	23	58,1	0,790
4	10	0,136	14	3,53	0,480	24	60,6	0,824
5	12,5	0,172	15	3,78	0,514	25	63,1	0,858
6	15	0,206	16	4,03	0,548	26	65,6	0,892
7	17,5	0,240	17	4,28	0,582	27	68,1	0,926
8	20	0,274	18	4,53	0,620	28	70,6	0,960
9	22,5	0,310	19	4,78	0,654	29	73,1	0,994
10	25,3	0,344	20	5,06	0,688	30	76	1,03

Nem todo o calor produzido pela combustão do carvão é integralmente utilizado na caldeira, por isso que há várias pedras, algumas das quais se não podem evitar e outras apenas se podem atenuar.

Chama-se *rendimento* de uma caldeira, a relação entre o calor utilizado e o calor emitido, tendo a experiência mostrado que êsse rendimento não vai em geral além de 0,64, isto é, perdem-se 0,36, do calor resultante da combustão operada na fornalha.

Assim, das 8.000 calorias que um quilograma de boa hulha nos pode fornecer, apenas poderemos recolher 5.200. As 2.800 calorias restantes perdem-se pela irradiação exterior, nas cinzas e jôrras, na combustão não ser completa e finalmente, nos gases que saem pela chaminé.

A irradiação exterior reduz-se ao mínimo, revestindo exteriormente as caldeiras com substâncias más condutoras de calor (invólucros isoladores), como o feltro, o algodão silicatado, amianto, etc.

A perda nas cinzas e jôrras não é possível evitar nem atenuar senão pela escolha do bom combustível.

As outras causas de perda de calor atenuam-se conduzindo os fogos por forma a conseguir-se que a combustão seja o mais completa possível e proporcionando convenientemente as diversas partes da caldeira.

Para melhor conduzir o fogo têm-se inventado vários aparelhos cujo uso não se tem generalizado em consequência do seu elevado custo, dificuldade da sua instalação, e pelas despesas resultantes da conservação desses aparelhos, muito sujeitos a avarias, sendo em todo o caso o seu emprêgo vantajoso nas instalações de caldeiras em que a produção de vapor deve ser regular e continua.

Vejam os alguns destes aparelhos.

Para evitar a limpeza das fornalhas, que se não faz sem perda de combustível e sem entrada de ar frio para a caixa de fogo, empregam-se as grelhas oscilantes.

Na *grelha Farney*, (fig. 174), as barras oscilam em torno de um eixo de vez em quando, voltando em seguida à sua posição normal.



Fig. 174 — Grelha Farney

A *grelha Roney*, (fig. 175), é também oscilante, mas além disso está disposta para queimar combustíveis muito miúdos. Para isso a grelha, muito inclinada sobre o horizontal, é formada por várias barras muito achatadas, ficando cada barra em um plano inferior em relação à que se lhe segue na direcção da porta da fornalha, tendo a grelha a aparência duma escada de degraus bastante estreitos. A entrada do ar faz-se entre cada duas grelhas, não no sentido vertical mas sim no sentido horizontal. Uma adequada disposição mecânica faz de tempos a tempos a grelha inclinar-se, evitando-se assim que camadas de jorra ou de cinzas obstruam a grelha, ao mesmo tempo que fazem misturar o carvão.

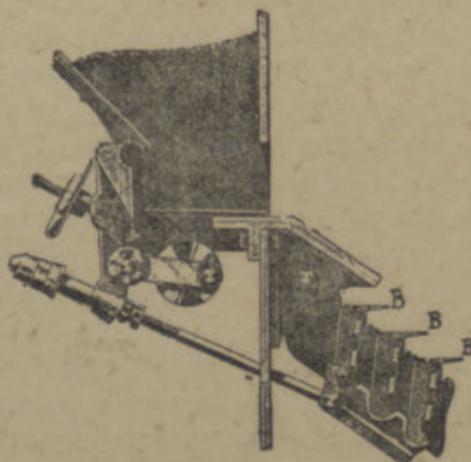


Fig. 175 — Grelha Roney

O carvão deve manter-se sobre a grelha numa camada de espessura uniforme, para o que nas fornalhas ordinárias é preciso, com intervalos mais ou menos curtos, abrir a porta da fornalha e deitar-se sobre a grelha carvão que vá substituir o que já foi queimado.

A abertura da porta da fornalha traz como conse-

qüência uma entrada de ar frio e portanto, arrefecimento dos gases da combustão, ou seja perda de calor. Por outro lado, quando em qualquer sítio em que se torna menor a altura da camada de combustível, como o ar aí passa com mais facilidade, a combustão torna-se mais activa e em pouco tempo há uma cova nêsse lugar. Tapando-se essa cova com carvão fresco, a combustão aí torna-se menos activa do que nas zonas próximas, onde por sua vez aparecem covas. Carregar a fornalha com pequenos intervalos, deitando pouco carvão de cada vez, obriga a ter a porta da fornalha quasi sempre aberta; carregar a fornalha com intervalos grandes e grande quantidade de carvão novo, tem também inconvenientes. O funcionamento das fornaldas ordinárias sôb êste ponto de vista é sempre irregular perdendo-se, portanto mais calor. As fornaldas com carregador automático têm por fim obviar êstes inconvenientes.

O *carregador Wicars*, (fig. 176), recebe o carvão em dois tegões colocados na frente de cada fornalha. Um êmbolo *E*, (fig. 177), semelhante aos êmbolos mergulhadores das bombas, e que recebe movimento por meio de um excêntrico *c*, montado sôbre um veio, empurra para a fornalha, com intervalos de tempo iguais, um volume de carvão igual ao seu próprio volume. O combustível entra em ignição sôbre a soleira,

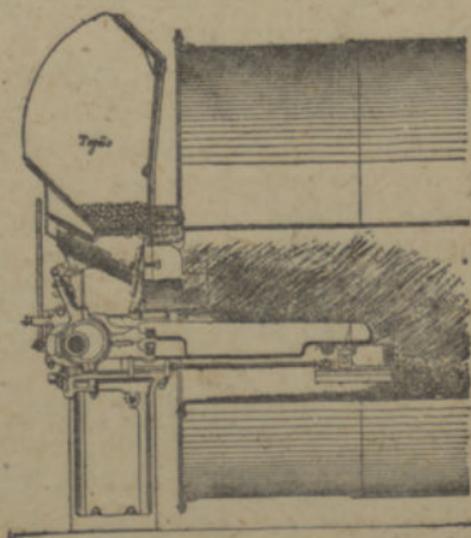


Fig. 176 — Carregador Wicars

que, por isso, é muito comprida e furada; daí, empurrado pelo que o êmbolo para lá vai lançando, cai

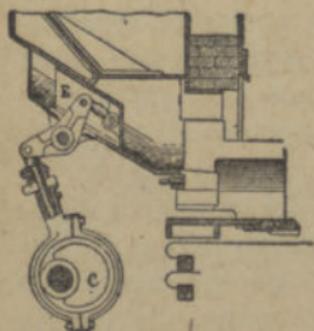


Fig. 177—Carregador
Wicars

sôbre a grelha. As barras da grelha têm um movimento rectilíneo alternado que se faz simultaneamente para tôdas em uma direcção, mas em dois grupos sucessivos, quando em sentido contrário.

Os *aparelhos fumiveros* têm por fim impedir o fumo de se formar. Sendo o fumo abundante conseqüência de uma combustão incompleta, conseguindo suprimir

o fumo, melhora-se a combustão, o que se traduz por melhor aproveitamento de calor.

Para se conseguir êsse resultado, faz-se incidir sôbre o combustível, ou no meio dos produtos da combustão, jactos de ar que fornecem um suplemento de oxigénio que misturando-se bem com êsses produtos faz com que melhor se opere a combustão. Empregam-se também, em vez dos jactos de ar, jactos de vapor ou vapor e ar misturados.

Ainda com o fim de melhor aproveitar o calor, empregam-se os esquentadores de vapor, os esquentadores de ar e os aquecedores de água de alimentação.

Os *esquentadores de vapor* são formados por um feixe tubular, no qual circula o vapor. Êsse feixe tubular monta-se na base da chaminé, nos condutos, ou então sôbre uma fornalha especial, sendo êste último processo menos económico do que os primeiros.

Os esquentadores de vapor elevam-lhe a temperatura de 30° a 50° acima da que corresponde à mesma pressão do vapor saturado, transformando-o assim em vapor sêco, e como tal, o seu modo de acção no cilindro modifica-se.

As paredes do cilindro, estando durante certos períodos de acção do vapor a temperatura mais baixa do que o vapor da caldeira, quando êste está em con-

tacto com elas, cede-lhes calor; do que resultam condensações quando o vapor é saturado. Sendo o vapor sobreaquecido, é o excesso de calor que êsse vapor contém que é transmitido às paredes do cilindro, sem que haja condensações. Não havendo depósitos de água no cilindro, as suas paredes conservam-se mais quentes, visto que não têm que ceder calor para a água se vaporizar quando a temperatura das paredes fôr superior à temperatura do vapor dentro do cilindro, o que se dá durante outros periodos, como adiante veremos. Em conclusão, o emprêgo do vapor moderadamente sobreaquecido tem a vantagem de tornar menos activas as trocas de calor entre o fluido e as paredes do cilindro, cuja temperatura média é neste caso mais elevada, o que se traduz por uma redução no consumo do combustível.

Por outro lado, o emprêgo do vapor muito sobreaquecido, tem os inconvenientes de pela sua alta temperatura decompor os óleos lubrificantes e provocar um gasto rápido das peças móveis; mas o uso dos óleos minerais como lubrificantes, óleos que só se decompõem a temperaturas muito elevadas, reduzindo consideravelmente o prejuizo que dêsse inconveniente poderia resultar, tornou o seu emprêgo mais frequente.

O esquentador de ar, aproveita o resto do calor levado pelos produtos da combustão ao entrarem na chaminé, para aquecer o ar que as ventoinhas produtoras da tiragem forçada, vão introduzir no cinzeiro a uma temperatura já bastante elevada.

Os aquecedores da água de alimentação podem aproveitar o calor dos produtos da combustão, ou o calor latente do vapor depois de ter actuado nos cilindros.

A economia resultante do uso dêstes aparelhos é de 9 a 17% tendo-se chegado a obter 25% com o emprêgo do segundo processo.

A água entrando na caldeira tem, como já vimos, que absorver um certo número de calorías, *nc*, preciso

para a elevar de t , temperatura com que entra na caldeira, a T temperatura de ebulição. É claro que quanto menor fôr a diferença $T-t$, menor será a quantidade de calor nc , precisa para lhe fazer atingir a temperatura T .

Mas a vantagem do aquecimento da água de alimentação não está só na quantidade de calor que a água adquire antes de entrar na caldeira, mas também, em que, alimentando com a água aquecida, a vaporização torna-se mais fácil, mais regular e mais igual em tôdas as partes do gerador. A temperatura é, portanto, mais uniforme, e por isso menos para temer os perigos resultantes das dilatações e contrações a que as caldeiras estão sujeitas.

Os aquecedores, que aproveitam o calor dos produtos da combustão, são formados por ebulidores suplementares ou por feixes tubulares colocados no caminho por onde os gases quentes tenham que passar antes de se verem livres na atmosfera.

A instalação dêste sistema de aquecimento, sendo bastante difícil e dispendiosa, ocupando grande espaço e não permitindo que a água atinja temperaturas próximas da ebulição, é muito menos empregada do que o sistema em que se aproveita o calor do vapor que já trabalhou nos cilindros e que não tem aqueles inconvenientes.

Nas máquinas sem condensação, fazendo-se com que parte do vapor de evacuação se condense em um recipiente com água de alimentação, ou então forçando todo o vapor a atravessar um feixe tubular em contacto com essa água facilmente se obtém para esta uma temperatura muito próxima de 100° .

Nas máquinas com condensação faz-se com que todo o vapor da evacuação, ou só parte dêle, atravesse o feixe tubular do corpo do aquecedor, como no sistema Normand, (fig. 178). Por dentro dos tubos, é obrigada a passar a água da alimentação comprimida pelo respectivo alimentador. Essa água não enche completa-

mente os tubos por isso que um diafragma em forma de saca-rolhas, *a*, (fig. 179), colocado à entrada, obriga cada particula líquida a descrever uma hélice ao longo do tubo, que muito aquecido pela passagem do vapor, lhe transmite parte do seu calor. O vapor circula por fora dos tubos em sentido inverso ao da água, e a parte d'êle que se condensa dirige-se para a cisterna por intermédio do purgador automático *A'*.

No *aquecedor Weir*, uma bomba auxiliar introduz a água pela parte superior do aparelho, fazendo-a atravessar um diafragma que a divide em gotas.

O vapor vindo do reservatório intermédio de baixa pressão mistura-se com essa água, à qual cede parte do seu calor. — Como se vê, o aparelho assemelha-se a um condensador de mistura. A água aquecida cai no fundo onde a bomba de alimentação a vái aspirar. Acumulando-se a água no depósito inferior, faz levantar um flutuador que, por intermédio dum sistema de alavancas, actúa sôbre a válvula de garganta da bomba de alimentação, forçando-a a um trabalho mais rápido.

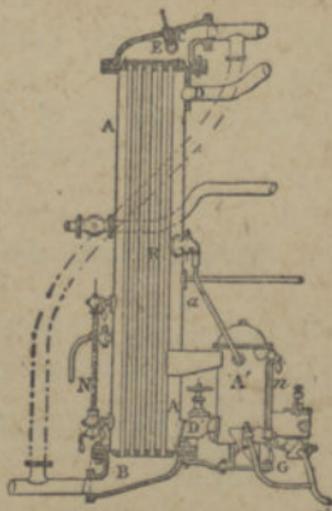


Fig. 178 — Aquecedor Normand



Fig. 179 — Tubos do aquecedor Normand

CAPITULO V.

Funcionamento da máquina

Diz-se que a máquina está em *ponto morto* quando o êmbolo está num dos pontos extremos do seu curso, o que equivale a dizer quando os eixos do cilindro, haste do êmbolo, tirante e braço da manivela, estão no mesmo plâno.

Para determinar os pontos mortos, procede-se da seguinte forma: com o auxilio do virador faz-se com que uma das manivelas passe um pouco além do ponto morto; determina-se essa posição fazendo duas marcas; uma que indique a posição do veio motor (e que pode por exemplo, ser, um traço feito a riscador sôbre o veio, traço que se faz coincidir com outro feito num dos bronzes de uma chumaceira); e outra marca indicará a posição do êmbolo, e pode fazer-se por meio de dois traços que coincidam um com o outro, na plaina e na guia. Vira-se outra vez a máquina, mas em sentido contrário, até coincidirem novamente as marcas que determinam a posição do êmbolo e divide-se a meio o arco compreendido entre as marcas feitas na chumaceira suporte e no veio motor. Fazendo coincidir o novo ponto assim obtido e que se marca sôbre o veio, com a marca feita no bronze da chumaceira, ter-se há a máquina em um dos seus pontos mortos, bastando proceder por forma idêntica para se obter o oposto,

Consideremos, agora, a máquina em um dos seus pontos mortos, estabelecida a comunicação com a caldeira, e vejamos como o vapor actua até que a máquina volta novamente a essa posição.

1.º período de acção do vapor

Estando o êmbolo no ponto morto e estabelecida a comunicação com a caldeira, a pressão do vapor exercendo-se sôbre o êmbolo fâ-lo mover-se e o distribuidor cujo movimento, como já vimos, é conjugado com o do êmbolo, mover-se-á na mesma direcção que êle, descobrindo mais e mais o orificio do canal de admissão, até a válvula distribuidora chegar ao fim do seu curso. Volta então esta em sentido contrário, começando a tapar o orificio do canal de admissão até ao momento em que o tapa completamente. Desde o principio do curso até êsse momento, o vapor da caldeira vái sendo introduzido no cilindro, e a sua pressão muito próxima da pressão da caldeira vái-se exercendo constantemente sôbre o êmbolo. É o periodo comprehendido entre o ponto morto e o momento em que a comunicação com a caldeira é interrompida que se denomina *periodo de admissão*.

2.º período de acção do vapor

Todos os corpos gozam da propriedade de se dilatarem sempre que se aumenta o espaço que primitivamente occupavam, sendo essa propriedade denominada *expansão*. Assim, um certo volume de vapor estando encerrado em um recipiente a que se possa fazer aumentar o volume, expande-se até que a sua fôrça elástica, que vái deminuindo à medida que o volume vái aumentando, equilibre o conjunto de resistências exteriores.

Consideremos agora o nosso caso de uma máquina de vapor. Vimos que o periodo de admissão, acabava quando a válvula distribuidora seguindo no seu movimento tapava o orificio do lado do cilindro que considerávamos. Nêsse momento começa o *periodo da expansão* do vapor, cuja fôrça elástica continúa a impelir o êmbolo na direcção do fim do curso, periodo êste que acaba um pouco antes do ponto morto, quando a válvula distribuidora que continuou a mover-se na mesma direcção, começa pelo lado de dentro a descobrir o orificio, permitindo que o vapor possa sair para o canal de evacuação.

3.º periodo de acção do vapor

Começa logo que acaba o periodo de expansão e termina no fim do curso, chamando-se a êsse periodo, de *avanço à evacuação*.

O fim do avanço à evacuação é fazer com que a pressão do vapor que actua sôbre o êmbolo esteja bastante reduzida quando êste chega ao fim do seu curso.

Além disso fazendo com que no fim do curso a pressão do vapor dêsse lado do êmbolo esteja reduzida ao minimo, facilita-se a acção do vapor em sentido contrário do outro lado do êmbolo.

4.º periodo de acção do vapor

Denomina-se de *evacuação* e começa quando o êmbolo está no ponto morto, terminando quando a válvula distribuidora, depois de ter chegado ao fim do seu curso, se move em sentido contrário e vem novamente tapar o orificio por onde o vapor estava saindo do cilindro para se dirigir para a atmosfera, para o reservatório entre os cilindros ou para o condensador.

5.º período de acção do vapor

A válvula distribuidora tapa o canal por onde se estava fazendo a evacuação um pouco antes do êmbolo chegar ao fim do curso. A partir dêsse momento o vapor que se acha dêsse lado do cilindro vái sendo comprimido pelo êmbolo, até que a válvula distribuidora descobrindo o canal de admissão, começa novamente a entrar vapor para o cilindro. Êsse período denomina-se de *compressão* e tem por fim amortecer a impulsão de que o êmbolo vái animado quando se aproxima do fim do curso.

Junta assim o seu efeito ao do avanço à evacuação que do outro lado se está produzindo, e começa uma operação que o avanço à admissão completa. Além dêste resultado vantajoso, a compressão tem ainda por fim permitir que os espaços nocivos se encham de vapor a uma certa pressão, fazendo com que seja menor o volume do vapor preciso para estabelecer o equilibrio de pressões entre o cilindro e a caldeira quando êstes órgãos são postos em comunicação.

6.º período de acção do vapor

A duração dêste período está compreendida entre o fim do periodo antecedente e o ponto morto, isto é, começa quando a válvula distribuidora, seguindo no seu movimento, começa a descobrir o canal de admissão, o que se dá antes do êmbolo ter chegado ao fim do curso e por isso êste período é denominado de *avanço à admissão*.

O fim do avanço à admissão, é permitir que se forme no fim do curso uma almofada de vapor, contra a qual vái amortecer a impulsão de que o êmbolo vem animado, evitando-se assim os choques bruscos que se produziriam quando o êmbolo chegasse ao fim

do curso e mudasse a direcção do seu movimento. Além disso o avanço à admissão permite que os espaços nocivos se encham de vapor e o equilibrio de pressão entre a caldeira e o cilindro esteja restabelecido quando começa o curso em sentido oposto.

Entre a face do êmbolo, quando êste está no fim do curso e o fundo ou a tampa do cilindro, há uma certa folga que se denomina *liberdade do cilindro*. Os volumes correspondentes a essas liberdades do cilindro aumentados do volume dos respectivos canais de admissão é que se denominam *espaços nocivos*.

Na exposição dos periodos de acção do vapor, apenas considerámos um dos lados do cilindro, passando-se do lado oposto exactamente a mesma coisa, mas em tempos diferentes; assim, enquanto dum lado se está produzindo o periodo de avanço à admissão, do lado oposto produz-se o de avanço à evacuação e assim successivamente, o que não quer dizer que se correspondam exactamente uns aos outros.

O trabalho obtido em um cilindro, será tanto maior quanto mais pequeno fôr o periodo de expansão, mas o *rendimento*, isto é, a relação entre o trabalho obtido e o calor total fornecido pela caldeira, será tanto maior quanto mais prolongado fôr o periodo de expansão, como se pode vêr no seguinte quadro:

O vapor é admitido durante uma fracção do curso igual a	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$
O seu efeito útil é igual a	1	1,7	2,1	2,4	2,6	3	3,2

Chama-se *expansão de uma máquina*, a relação entre o volume occupado pelo vapor no momento em que vái começar a ser evacuado do cilindro para o condensador, ou para a atmosfera, e o volume inicial do

vapor, no momento em que termina o periodo de admissão. Assim, dizendo-se que em tal máquina a expansão é 6, deve entender-se que se introduz no cilindro uma quantidade de vapor que ocupa o volume 1, e que essa mesma quantidade de vapor, quando vai a ser evacuado para o condensador ou para a atmosfera, ocupa o volume 6.

Para as máquinas terrestres, a expansão não excede em geral 10 a 12, muito embora haja exemplos de ter sido elevada a 20; nas máquinas marítimas, está em geral compreendida entre 6 e 10. Um inconveniente da expansão muito prolongada, é que diminuindo a pressão, o esforço motor sobre o êmbolo vai diminuindo consideravelmente para o final dêsse periodo e o movimento da máquina tem tendência a ser muito irregular. Além disso, como um abaixamento de pressão corresponde a um abaixamento de temperatura, para o fim do curso o vapor condensa-se em parte e as paredes do cilindro esfriam. Para atenuar o primeiro inconveniente apontado, empregam-se os volantes, ou então, mais de um cilindro com as manivelas formando ângulos convenientemente estudados. O segundo inconveniente atenua-se, como já vimos, empregando o vapor sobreaquecido, e as camisas de vapor.

Em todo o caso a expansão é sempre vantajosa e o seu emprêgo é geral.

Aproveitando as vantagens da expansão pode-se obter uma redução na potência da máquina não só fazendo reduzir a pressão inicial do vapor, mas também tornando mais prolongado o periodo de expansão.

Em uma máquina que disponha de aparelho de mudança de marcha com corrediça, o processo mais simples para se variar a expansão, consiste em fazer com que o dado se vá aproximando do meio da corrediça, o que corresponde a diminuir o curso da válvula distribuidora e a aumentar o ângulo de ajustamento.

Denomina-se *ângulo de ajustamento* a distância angular, distância esta medida sôbre o veio que separa a passagem do êmbolo e da válvula distribuidora do ponto morto do mesmo lado* do cilindro.

O processo indicado para aumentar a expansão, tem o inconveniente de estrangular a secção de passagem do vapor para o cilindro, do que resulta uma depressão bastante sensível no fim da admissão.

Os limites extremos, entre os quais se pode fazer mover a corredeja, são 0,7 a 0,35 do seu comprimento.

Os sistemas de mudança de marcha Joy e Marshall, prestam-se igualmente a fazer variar a expansão, quando se altera a posição da guia, mas com o mesmo inconveniente de estrangular a passagem do vapor.

Em máquinas com mais de um cilindro, como a maior parte das máquinas marítimas, alterando por êste processo a expansão em um cilindro, alterá-las-íamos igualmente em todos os outros, visto que os aparelhos de mudança de marcha das diferentes máquinas têm movimentos conjugados. Ora pode convir que as expansões nos vários cilindros sejam diferentes umas das outras.

Para se obter êste resultado faz-se com que os tirantes de suspensão B das corredejas, (fig. 180), não articulem em um ponto fixo do balanceiro do veio de mudança de marcha A, mas sim a uma porca b, que por meio de um parafuso e manípulo V, se pode fazer deslocar ao longo dêsse balanceiro F, que então



Fig. 180 — Corredeja

tem também a forma de uma corredeja e assim se podem alterar as expansões dos diferentes cilindros independentemente umas das outras.

Com as distribuições Corliss e Sulzer pode-se fazer variar a expansão, fazendo variar a posição do esbarro que determina o momento em que as válvulas de ad-

missão se soltam e se fecham, mas também nêsse caso se produzem modificações em todos os períodos de acção do vapor.

Como em todos os processos em que, para se fazer variar a expansão, se actua no distribuidor principal, têm como consequência alterações prejudiciais ao bom funcionamento da máquina, é preferivel o emprêgo de um aparelho especial que só actui sôbre a admissão, continuando o distribuidor a regular os outros períodos de acção do vapor.

Aparelho de expansão variável Mayer. — A caixa do distribuidor D, (fig. 181), é dividida em dois compartimentos, por uma parede com canais, X X, semelhantes aos canais de admissão. O vapor entra por V, no compartimento superior da caixa distribuidora e atravessando êsses canais passa ao compartimento inferior onde se move uma válvula distribuidora de forma ordinária, regulada de maneira a que pelo seu movimento se obtenha uma expansão mínima.

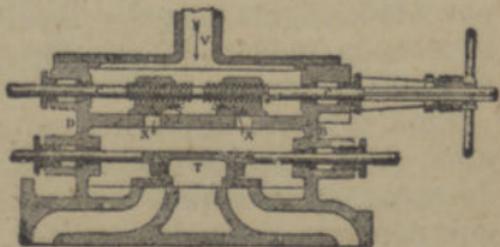


Fig. 181 — Expansão Mayer

No compartimento superior movem-se sôbre a parede com canais as barretas da válvula de expansão A, A, correspondendo uma a cada um dos canais X, X.

Um excêntrico especial com respectivo tirante e uma haste C, comum às duas barretas, transmite-lhes movimento rectilíneo alternado. A haste C, é roscada em dois sitios diferentes, um com rôsca esquerda, onde atarraxa uma das barretas, outro com rôsca direita onde atarraxa a outra barreta. O comprimento das barretas é tal, que só permitem a abertura dos canais por uma das suas arestas interiores ou exteriores.

Compreende-se agora o funcionamento do aparelho.

Por meio de um manipulo faz-se girar a haste, pelo que as barretas se aproximam ou se afastam até se obter a posição correspondente à expansão desejada. Estando a máquina em movimento, as barretas descobrem os canais um pouco antes de começar o avanço à admissão, o vapor passará livremente para o compartimento inferior e o equilíbrio de pressão está estabelecido no inicio dêsse período. Continuando a máquina a mover-se e as barretas, recebendo movimento pela sua transmissão especial, interceptam a passagem do vapor para o compartimento onde está a válvula distribuidora e o período de expansão começa então a produzir-se antes da válvula distribuidora tapar o canal de admissão. Os outros períodos de acção do vapor sendo regulados pela válvula distribuidora, vão-se sucedendo independentemente do funcionamento do aparelho de expansão variável.

Uma variante dêste sistema consiste em haver só uma caixa sem divisória e as barretas do aparelho de expansão moverem-se sôbre as costas da válvula, que por essa razão são furadas.

O funcionamento é o mesmo do caso precedente.

O aparelho de Farcot, (fig. 182), é semelhante ao precedente. As costas da válvula são também furadas por canais, e sôbre ela se ajustam, pela pressão do vapor e de molas duas válvulas A A, que pela válvula X são arrastadas no seu movimento. Os canais abrem-se quando a correspondente válvula A encontra um esbarro F, que lhe impede continuar a ser arrastada. Para se taparem os canais, a válvula distribuidora X, quando volta em sentido contrário arrastando outra vez as válvulas de expansão A, leva-as de encontro ao excêntrico C, que limitando-lhes o curso faz com que mais tarde ou mais cedo o canal fique tapado e assim o período de expansão seja maior ou menor. O excêntrico C, na maior parte dos casos, recebe movimento por intermédio do regulador de velocidade. Êste sistema tem o inconveniente de com êle se produzirem

choques quando as válvulas de expansão A, encontram os esbarros F, o que faz com que o seu emprêgo seja limitado.

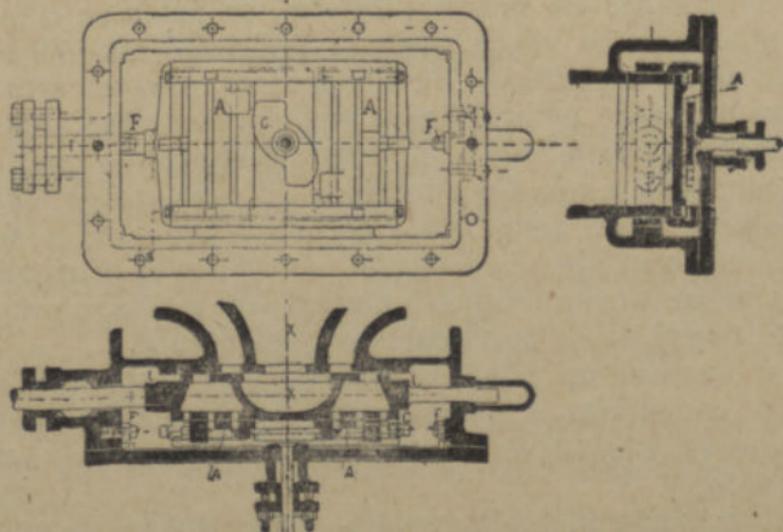


Fig. 182 — Expansão Farcot

Há ainda outros aparelhos de expansão variável, mas todos são mais ou menos variantes dos já descritos e funcionam por forma inteiramente semelhante.

Ainda que em grau muito menor, nos aparelhos de expansão variável dá-se também o inconveniente de haver laminagem de vapor, mais ou menos sensível, sobretudo quando a admissão fôr muito pequena. Além disso, tornando-se menor a pressão no cilindro, o esforço motor é mais pequeno e o movimento da máquina mais irregular. Finalmente, com o grande abaixamento de temperatura, há resfriamentos nas paredes dos cilindros e portanto condensações prejudiciais.

Todos êstes inconvenientes são remediados com o emprêgo das máquinas de *expansão fraccionada*, cujo princípio consiste em fazer passar um volume de vapor sucessivamente em uma série de cilindros de vo-

lumes crescentes e onde o vapor vindo da caldeira é admitido no cilindro de menor volume e a evacuação para o condensador se faz do cilindro de maior volume.

No cilindro de menor diâmetro, ou antes no cilindro em que o vapor vindo da caldeira é admitido e que se chama *cilindro de alta pressão*, o vapor actua com expansão natural fixada antecipadamente; dêsse cilindro passa a outro de maior diâmetro no qual é aproveitada a sua fôrça de expansão, para em seguida passar a outro ainda maior do que o segundo, se de ali vem com pressão bastante para permitir a expansão nesse terceiro cilindro denominado de *baixa pressão*, donde passa finalmente ao condensador.

O número de cilindros estabelecidos nestas condições caracteriza a denominação das máquinas, que assim se chamam de *dupla*, *triplice* ou *quádrupla expansão*.

A máquina de dupla expansão é mais conhecida pela designação de máquina *compound*, quando o vapor depois de trabalhar no cilindro de alta pressão passa para um *reservatório intermédio* entre os dois cilindros de alta e baixa pressão.

Quando não há reservatório intermédio e o vapor passa imediatamente de um cilindro a outro, a máquina diz-se de *Wolf*.

O reservatório intermédio é indispensável sempre que as manivelas façam uma com a outra um ângulo que não seja a 180° ou 0° , isto é, quando as máquinas não sejam de *pontos mortos concordantes*.

Entre as variadíssimas combinações que se podem obter com a disposição dos cilindros nas máquinas de expansão fraccionada, indicâmos como mais empregadas as que têm os cilindros ao lado uns dos outros, e a disposição em *tandem*, isto é, com cilindros uns sôbre os outros. Deve notar-se que se pode fraccionar cada um dos cilindros em dois ou mais, sôb as condições de haver igualdade de volume entre o cilindro

substituído e os que o substituem, e de que o vapor evacuado do cilindro procedente se divide proporcionalmente ao volume d'esses cilindros se elles não são iguais, o que é raro acontecer.

Diagramas

O estado de um fluido pode ser representado geométricamente por um *diagrama*.

O diagrama que mostra o trabalho externo produzido por uma massa determinada de fluido, representa-se figurando por duas coordenadas os dois elementos característicos, pressão e correspondente volume, sendo a pressão marcada sobre a ordenada e o volume sobre a abscissa.

Vários estados sucessivos, são figurados pela linha que une os diversos pontos figurativos do estado do fluido.

Vejamos então qual é a figura representativa do trabalho do vapor nos cilindros ou seja o *diagrama de uma máquina de vapor*.

Para representarmos esse diagrama tomem-se dois eixos coordenados O X e O Y, (fig. 183).

Seja, por exemplo:

$$\text{Pressão efectiva} = 5k$$

$$\text{Curso do êmbolo} = 0^m,40$$

$$\text{A admissão termina a } \frac{1}{3} \text{ do curso.}$$

A partir de O, tome-se um comprimento O f, que em escala conveniente representa o curso do êmbolo; assim, se a escala escolhida fôr 1 : 5, O f será igual a 0^m,80.

Ainda a partir de O, tome-se O C' igual a 0^m,0266 que na mesma escala representa a fracção do curso durante o qual o vapor é admitido no cilindro. Pelos

pontos O e C' levantam-se paralelas ao eixo das ordenadas.

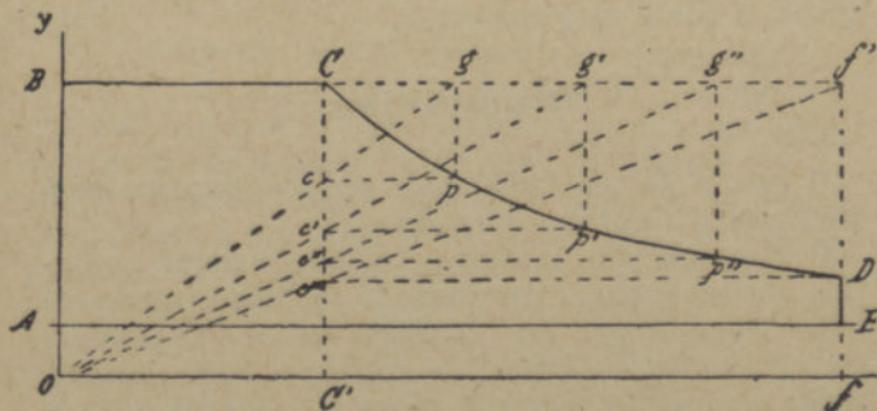


Fig. 183 — Diagrama teórico

Tome-se agora sôbre o eixo O Y um comprimento O B igual à pressão absoluta do vapor, escolhendo por exemplo uma escala em que cada quilograma de pressão seja representado por 0^m,005. Sendo a pressão efectiva 5k, a pressão absoluta será

$$P^a = 5k + 1k,033 = 6k,033$$

o que na escala adoptada será representada por

$$OB = 6k,033 \times 0^m,005 = 0^m,030165.$$

Estando aberto o canal de admissão, durante todo o periodo de admissão, isto é, enquanto o êmbolo vai de O a C', a pressão O B no cilindro deve ser constante; portanto tôdas as ordenadas representativas da pressão do vapor durante êsse periodo terão o mesmo comprimento, e B C será paralela a O C'.

Em C fecha-se a admissão do vapor e começa a expansão.

Para podermos traçar a linha representativa do estado do fluido durante êsse periodo, precisamos saber

a cada momento qual a pressão e o volume occupado pelo vapor. Esses valores obtêm-se applicando a *lei de Mariotte*, que é assim concebida:

Submetidos a uma temperatura exterior constante, os volumes occupados por uma massa de gds estão na razão inversa das pressões que elles suportam, o que se representa pelas fórmulas:

$$\frac{V_0}{V} = \frac{P}{P_0} \text{ ou } P_0 V_0 = P V = \text{constante} \dots\dots 1$$

em que V e V_0 representam os volumes e P e P_0 as pressões correspondentes.

Da fórmula 1 pode-se deduzir o valor de

$$P = \frac{P_0 V_0}{V} \dots\dots 2$$

Deve porém notar-se que a lei de Mariotte commo adoptada na prática dos cálculos industriais, não é teoricamente exacta, por isso que basta o vapor ser mais ou menos húmido, saturado ou sobreaquecido, ou que as paredes do cilindro estejam mais ou menos frias para que ella sofra variações.

Como vimos, applicando a fórmula 2, podemos obter o valor das ordenadas precisas para se traçar a linha representativa do trabalho do vapor durante o periodo de expansão, mas podemos traçá-la também por um processo geométrico.

Para isso, tomem-se entre os pontos C e f' vários pontos g g' g'' , por exemplo, dos quais se baixam sobre $O f$, as perpendiculares $g p$, $g' p'$ e $g'' p''$. Unam-se agora os pontos g , g' , g'' e f' com o ponto o e pelos pontos C , c' , c'' , c''' , em que as rectas $g o$, $g' o$, $g'' o$ e $f' o$, cortam a linha $C C'$, tirem-se $c p$, $c' p'$, $c'' p''$ e $c''' D$, paralelas a $o f$.

Resta-nos agora para termos a curva desejada, unir

os pontos c , p , p' p'' e D em que as linhas $c p$, $c' p'$, $c'' p''$ e $c''' D$, cortam respectivamente $g p$, $g' p'$ $g'' p''$ e $f' D$. Essa curva será *um arco de hipérbole equilátera*.

Chegando o êmbolo a f , ou seja ao fim do curso, a pressão do vapor será $f D$, mas nessa ocasião êsse lado do cilindro é posto em comunicação com um reservatório intermédio, com o condensador ou com a atmosfera, e, portanto, a pressão desce até igualar a pressão nesses reservatórios ou na atmosfera, pressão que se supõe constante até ao fim do curso e que por oferecer resistência à pressão que impele o êmbolo em sentido contrário se chama *contra-pressão*.

Suponhamos que a evacuação do cilindro do nosso exemplo se faz para a atmosfera. Tome-se então $f E$ igual à pressão atmosférica ou seja

$$f E = 1 \text{ k},033 \times 0 \text{ m},005 = 0 \text{ m},005165$$

e por E tire-se $E A$ paralela a $f o$.

Teremos então o diagrama $A B C p p' p'' D E A$, que será próximamente o *diagrama teórico da máquina a vapor*.¹

Êste diagrama só serve para cálculos aproximados porque na prática sofre várias modificações de formas, as quais podem observar-se no *diagrama do indicador*, assim chamado por se obter com o auxilio de um instrumento denominado *indicador de pressão*.

Vejamos então como êsse diagrama se apresenta.

Seja $M N$, (fig. 184), a linha representativa da pressão atmosférica, no momento da experiência, $M A$ a pressão efectiva na caldeira e $A' B'$ a fracção do curso durante a qual tem lugar a admissão:

¹ No diagrama teórico é necessário entrar em consideração com o espaço nocivo, o que não fizemos para mais simplificar a exposição.

Da caldeira para o cilindro sofre o vapor uma queda de pressão devida às seguintes causas: 1.^a estrangulamento através das diferentes válvulas que tem que atravessar; 2.^a fricção contra as paredes e nos cotovelos dos tubos condutores; 3.^a resfriamentos exteriores.

Essa queda de pressão é muito variável para cada caso estando em geral compreendida entre 0,05 e 0,20 da pressão absoluta, embora algumas vezes passe além daquêles limites. Assim o ponto A estará

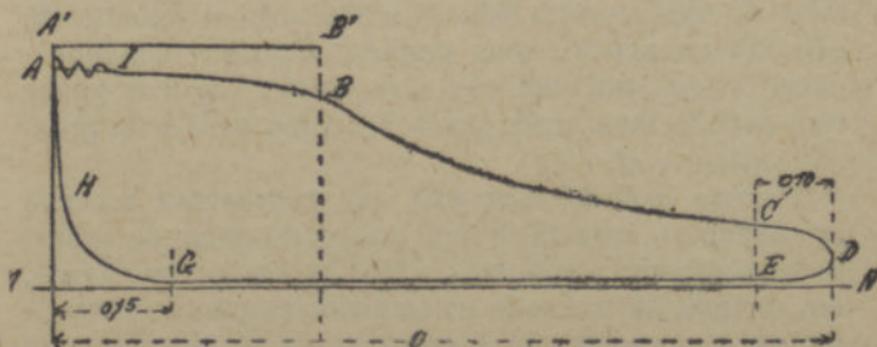


Fig. 184 — Diagrama do indicador

abaixo de A' , 5 a 20 centésimos de $M A'$. Deve porém notar-se que quando o vapor vindo do cilindro vai chocar o êmbolo do indicador, a mola comprime-se bruscamente, passando além da posição de equilíbrio e só depois de várias oscilações representadas no diagrama, pelas sinuosidades que se notam a partir de A, é que essa posição se mantém. Para corrigir este defeito dos diagramas, traça-se a linha A I a igual distância do vértice das sinuosidades, considerando essa linha como a verdadeira do diagrama.

Já sabemos que o distribuidor não descobre nem tapa rapidamente o orifício do canal de admissão mas sim que o vai fazendo gradualmente e portanto a linha A B não poderá ser uma linha recta, visto que pela causa apontada a pressão dentro do cilindro se

não conserva constante mas vai subindo a pouco e pouco conforme a válvula vai descobrindo o orifício, e descendo conforme ela o vai mascarando. Assim, aquela linha será uma curva tanto mais pronunciada quanto mais sensível fôr a *laminagem do vapor*, nome que se dá ao fenómeno resultante da passagem do vapor através dum orifício de secção apertada.

Além disto, no fim do periodo de admissão a pressão acha-se diminuída em consequência da troca de calor entre o vapor e as paredes dos cilindros que elle vai encontrar com uma temperatura inferior à sua, do que resulta não somente o abaixamento de pressão enunciado, mas também algumas condensações. Assim, ao começar a expansão em B o vapor tem sofrido mais uma perda de cêrca de 0,1 da pressão inicial A A'.

A parte B C do diagrama que representa a curva da expansão, afasta-se um pouco do arco de hipérbole equilátera, suposta curva da *expansão teórica*, em virtude da troca de calor entre as paredes dos cilindros e o vapor que é agora quem recebe calor, do que resulta a vaporização de alguma água proveniente das condensações no primeiro periodo.

Em C, cêrca de 0,9 do curso, inicia-se o avanço à evacuação, a pressão desce rapidamente e o diagrama arredonda-se de C para D, fim do curso. Começa em seguida o movimento do êmbolo em sentido inverso, e em E aproximadamente a 0,1 do novo curso, atinge-se o limite inferior ou seja a contra-pressão, que se mantém quasi constante durante o periodo de evacuação, sendo portanto E G paralela a M N.

A contra-pressão é sempre um pouco superior à pressão do reservatório, condensador, ou atmosfera conforme o lugar para onde se faz a evacuação sem o que não haveria esgôto do vapor e durante êste periodo as paredes continuam cedendo calor.

Em G, pouco mais ou menos a 0,15 do fim do curso, cessa a evacuação e começa a compressão que é

representada pela curva G, H, cuja forma se aproxima também da de um arco de hipérbole não havendo lei nenhuma que permita o determiná-lo rigorosamente.

Finalmente em H, cêrca de 0,01 do fim do curso, começa o avanço à admissão, subindo a pressão rapidamente até atingir o seu valor máximo, o que numa máquina bem estudada deve dar-se exactamente no início do curso. Neste periodo começa também a haver cedência de calor do vapor às paredes, mas os seus efeitos são mais apreciáveis no periodo seguinte.

Deve notar-se que tanto as percentagens de quedas de pressão como o início e o fim dos periodos de acção

do vapor, nada têm de absoluto, sendo susceptíveis de variantes.

Estando representados no diagrama os diferentes periodos de acção do vapor, pode-se pela sua inspecção, reconhecer os efeitos de uma má *regulação*.

Vejamos então quais as alterações do diagrama, que são consequência de alterações na regulação, resultantes do continuo funcionamento das máquinas, e que mais frequentemente se observam, como seja o encurtar o tirante dos excêntricos, consequência dos sucessivos ajustamentos, etc.

O avanço insufficiente ou o retardo à admissão, fazem com que mais tarde seja atingido o limite máximo da pressão do vapor dentro do cilindro. Portanto, quando em um diagrama o ponto A, (fig. 185), indicativo do momento em que esse

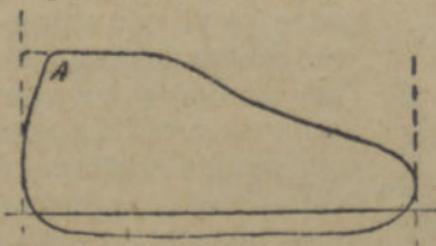


Fig. 185 — Diagrama defeituoso

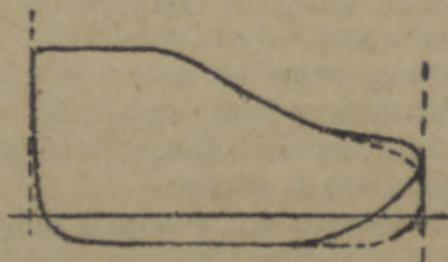


Fig. 186 — Diagrama defeituoso

limite é atingido estiver muito afastado da ordenada extrema, é porque existe um desses defeitos. Sendo o avanço à evacuação insuficiente ou havendo retardo à evacuação quando o êmbolo chega ao fim do curso o diagrama tomará

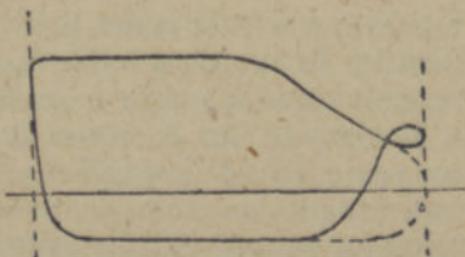


Fig. 187 — Diagrama defeituoso

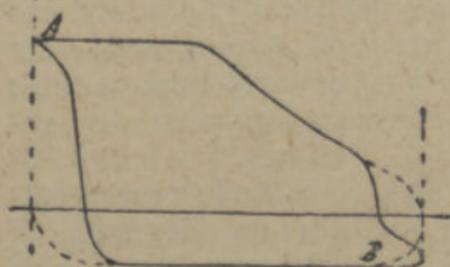


Fig. 188 — Diagrama defeituoso

uma forma aproximada das figs. 186 ou 187, onde se vê que a pressão no fim do curso, em um sentido e no principio do curso seguinte em sentido contrário, é tão elevada, ou mesmo mais elevada do que no fim da expansão.

Os avanços à admissão ou evacuação exagerados, farão com que os limites máximo e mínimo de pressão sejam atingidos antes do fim do curso, e o diagrama trará as deformações que se vêem na fig. 188, onde em B está representado um avanço à evacuação exagerado, e em A o avanço à admissão também exagerado.

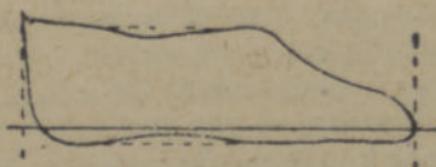


Fig. 189 — Diagrama defeituoso

Se a compressão fôr exagerada, a pressão chegará ou excederá a máxima pressão, durante o periodo de admissão e o diagrama assemelhar-se-á ao da fig. 188, mas mais exagerada no primeiro caso, e formará um anel por cima de A no segundo.

Havendo fugas de vapor de um lado para o outro do

êmbolo, através dêste, pelo distribuidor ou em consequência de ovalisação do cilindro, fâcilmente se reconhece êsse defeito no diagrama, sendo essa fuga só durante uma parte do curso, pois enquanto ela se estiver produzindo haverá do lado em que se está operando a admissão ou expansão, um abaixamento de pressão, enquanto do lado da evacuação se produz uma elevação de pressão e o diagrama apresentará a forma da fig. 189.

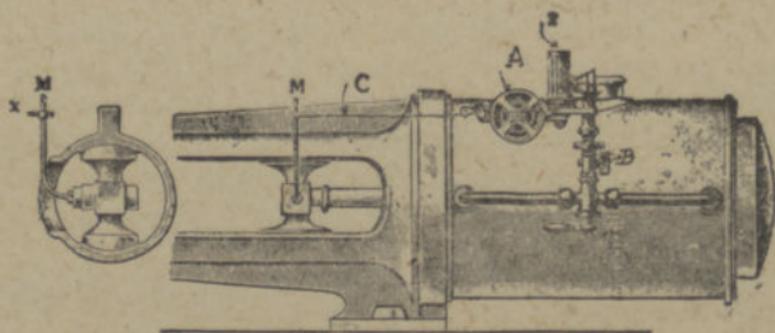


Fig. 190 — Transmissão de movimento ao indicador

O princípio fundamental do *indicador de pressão* consiste em fazer suportar a um êmbolo de pequeno diâmetro, esforços proporcionais aos que se exercem sobre o êmbolo do cilindro, registando-se êsses esforços nas diversas posições do curso do êmbolo.

São vários os tipos de indicadores empregados, sendo de uso mais freqüente os indicadores Richard, Martin e Crosby.

Para se adaptarem os indicadores a uma máquina, é necessário que esta tenha disposições que o permitam fazer e que vem a ser:

1.º Uma tubuladura, fig. 190, fazendo comunicar os dois extremos de cada cilindro com uma torneira T, disposta por forma a poder estabelecer a comunicação independentemente entre cada um dos lados do cilindro e o indicador I montado sobre a torneira T.

2.º Uma transmissão de movimento do êmbolo ao indicador, que pode fazer-se articulando à cruzeta o extremo de uma alavanca oscilando em tórno de um ponto fixo e ligando o extremo do outro braço, ao indicador, por meio de um cordel.

Os comprimentos dos braços da alavanca calculam-se por forma a obter-se a redução desejada entre o curso do êmbolo e o do indicador. Obtem-se o mesmo resultado empregando, como na figura, uma haste M ligada à cruzeta. Dum ponto X dessa haste parte o cordel C que vai dar duas voltas sôbre o tambor A, junto ao indicador. Montado no mesmo eixo há outro tambor de menor diâmetro que pelo primeiro é arrastado e que, também por meio de um cordel, transmite movimento ao indicador. É a diferença de diâmetros entre os dois tambores que produz a desejada redução do curso.

Movendo-se a cruzeta, o cordel C que lhe está liga-

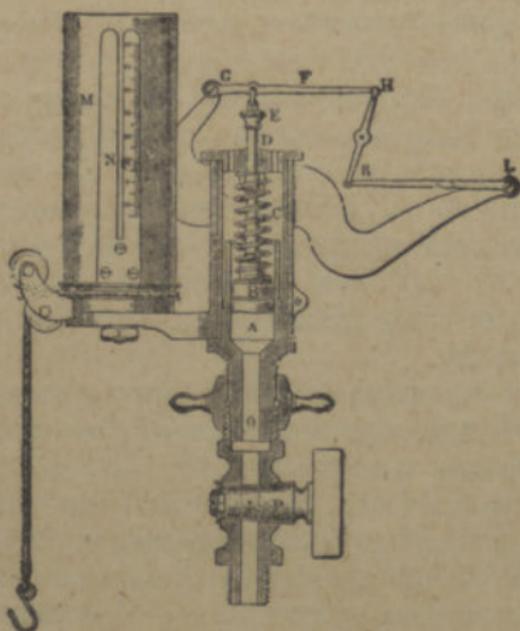


Fig. 119— Indicador Richard

do desenrola-se do tambor A obrigando êste a girar, e como êle está ligado a uma mola em espiral, esta enrola-se sôbre si mesma. Movendo-se o tambor A o outro tambor de menor diâmetro move-se também e transmite o movimento ao indicador. Chegado o êmbolo ao fim do curso é a acção da mola em espiral que faz mover o tambor A em sentido contrário, enrolando-se sôbre êle o cordel.

Sôbre a torneira T monta-se outra torneira B que faz parte do indicador e que pode estabelecer a comunicação entre êle e a torneira T, ou entre o indicador e a atmosfera.

Indicador Richard, (fig. 191). — Compõe-se de um cilindro A, de pequeno diâmetro, no qual se move um êmbolo B, perfeitamente ajustado.

A haste D dêsse embolo vai articular a uma alavanca F, fazendo parte de um paralelogramo articulado G H R L, que tem por fim ampliar o movimento transmitido pela haste do êmbolo ao lapis montado sôbre a alavanca H R.

O cilindro é tapado por uma tampa D, à qual se liga uma mola helicoidal C, que no extremo oposto se liga ao êmbolo B. A pressão do vapor para fazer mover o êmbolo tem portáto de vencer a resistência dessa mola.

Cada aparelho tem um jôgo de molas convenientemente calibradas, de maneira a poder-se montar no aparelho a que mais convenha, em relação à pressão do vapor, pois que se a mola fôr muito resistente, qualquer diferença de pressão do vapor será representada por uma pequena deslocação do êmbolo e portáto do lapis, emquanto que com uma mola pouco resistente a mesma diferença de pressão seria representada por uma grande deslocação do êmbolo e do lapis.

Paralelamente a êste cilindro, está montado um tambor M, sôbre o qual se enrola uma folha de papel. Êste tambor tem uma mola em espiral, que se enrola quando o tambor é obrigado a girar em certa direcção.

Libertando o tambor da força que o faz mover, a mola obriga-o a voltar à posição primitiva. Na parte mais baixa deste tambor há uma garganta, na qual se enrola um cordel que tem um dos extremos fixos ao tambor, enquanto o outro se fixa ao extremo da alavanca, que lhe transmite o movimento do êmbolo.

Tabela das molas a adaptar ao indicador com referência à pressão do vapor no reservatório intermédio.

ESCALA INGLESA				ESCALA FRANCESA			
Escala da mola	Pressão em libras	Escala da mola	Pressão em libras	Escala da mola Milímetros	Pressão em qui.ogr.	Escala da mola Milímetros	Pressão em quilo.gr.
$\frac{1}{8}$	- 15 a + 5	$\frac{1}{32}$	+ 15 a + 80	60	0,75	8	5,5
$\frac{1}{10}$	- 15 a + 10	$\frac{1}{40}$	15 a 100	45	1	7	6,5
$\frac{1}{12}$	- 15 a + 15	$\frac{1}{48}$	15 a 120	30	1,50	6	7,5
$\frac{1}{16}$	- 15 a + 25	$\frac{1}{56}$	15 a 140	20	2,25	5	9
$\frac{1}{20}$	- 15 a + 35	$\frac{1}{64}$	15 a 160	16	2,75	4	11,25
$\frac{1}{24}$	- 15 a + 45	$\frac{1}{72}$	15 a 180	12	3,75	3	15
$\frac{1}{30}$	- 15 a + 60	$\frac{1}{80}$	15 a 200	10	4,5	2,5	18

Vejamos agora como funciona o aparelho.

Escolhida a mola conveniente e adaptada ao aparelho monta-se este sobre a torneira B, (fig. 190), existente no cilindro a que pretendemos tirar o diagrama. Mete-se uma folha de papel apropriado no tambor M que para o segurar tem uma régua N a toda a altura, sob a qual se entalam os extremos do papel. Verifica-se se o lápis que em geral é formado por um pedaço de arame de cobre, está a distância conveniente para traçar sem rasgar o papel. É por o lápis ser de cobre que o papel tem uma das faces cobertas duma camada de óxido de zinco que ennegrece à passagem do lápis.

Feito isto liga-se o extremo solto do cordel ao extremo da alavanca por forma que fique tenso,

A alavanca oscilando em consequência do movimento que lhe transmite a máquina, puxa pelo cordel e este desenrolando-se obriga o motor a girar de uma quantidade proporcional ao curso do êmbolo. Chegando ao fim do curso a alavanca deixa de puxar pelo cordel e este pelo tambor; actua então a mola que faz voltar o tambor à posição primitiva.

Abrindo a torneira de maneira a pôr em comunicação o cilindro do indicador com a atmosfera, o êmbolo, e portanto o lápis, conservar-se-á numa posição em que a tensão da mola equilibra a pressão atmosférica. Fazendo chegar o lápis ao papel, traçará sobre este uma linha correspondendo à pressão atmosférica a qual será paralela à base do tambor M.

Manobram-se agora as torneiras de maneira a fazer comunicar um dos lados do cilindro da máquina com o cilindro do indicador. É claro que então a pressão que actua sobre o êmbolo do indicador é igual à que actua sobre o êmbolo da máquina, e encostando o lápis ao papel, como este vai mudando de posição conforme o êmbolo da máquina vai seguindo no seu curso, o lápis traçará uma curva fechada que será o diagrama da máquina em questão.

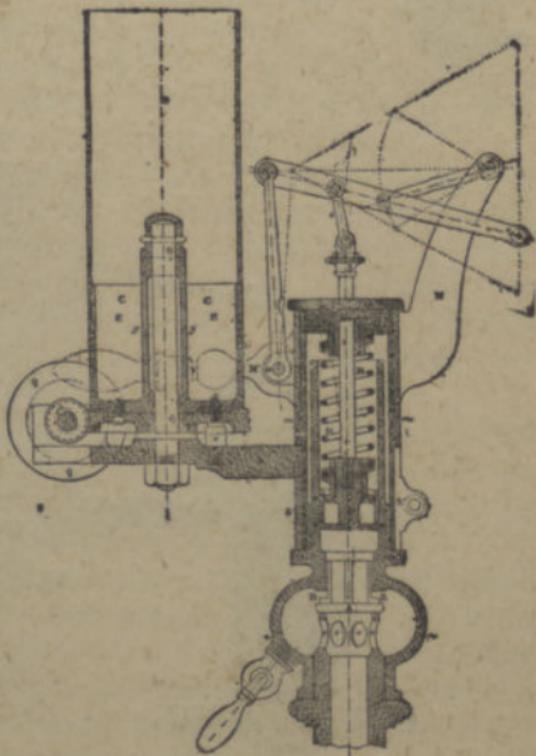


Fig. 192 — Indicador Martin

Indicador Martin. — É uma modificação do indicador Richard. O vapor para entrar no cilindro do indicador tem que abrir uma válvula A, (fig. 192), cujo curso é limitado por um esbarro. Reduz-se assim o choque inicial do vapor sôbre o êmbolo do indicador.

O paralelogramo que transmite movimento ao lápis é disposto de maneira diferente, por forma a conseguir-se que êle, no seu movimento, se afaste menos da linha recta do que no indicador Richard.

A transmissão de movimento ao tambor porta-papel faz-se também por forma diversa.

Indicador Crosby (fig. 193). Mais leve que os

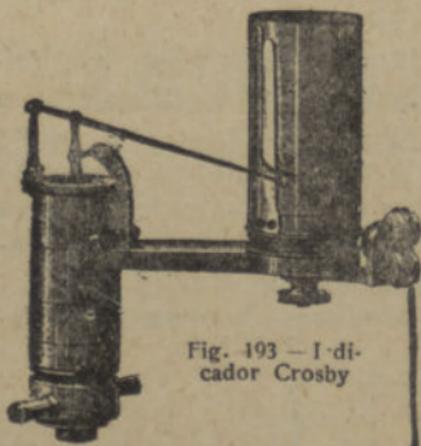


Fig. 193 — I-di-cador Crosby

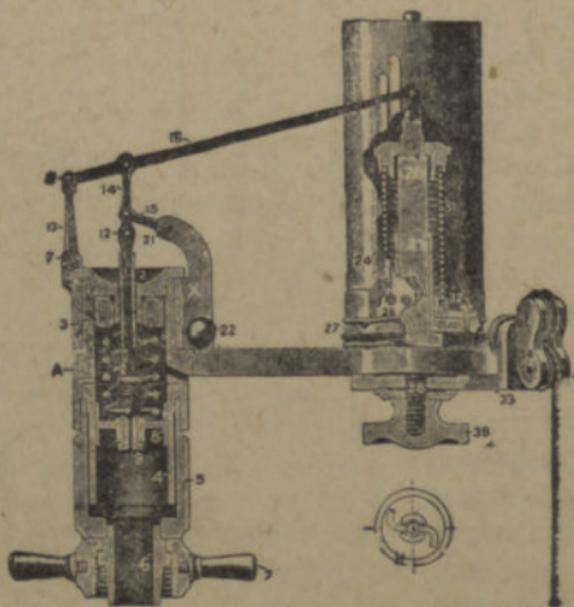


Fig. 194 — Indicador Crosby

precedentes, de que é uma feliz modificação, empregase com vantagem nas máquinas de grande velocidade.

Neste aparelho, o tambor porta-papel, n.º 24, (fig. 194), tem menor diâmetro. A transmissão de movimento do êmbolo, n.º 8, ao lápis, n.º 23, é mais simples, e nas suas oscilações aproxima-se mais da geratriz do tambor do que nos outros aparelhos.

A mola (fig. 195), que actua sôbre o êmbolo do aparelho, é dupla.

Com o fim de suprimir o efeito da inércia do êmbolo do indicador, empregam-se aparelhos em que o curso do êmbolo é muito limitado. Para isso, ao longo do cilindro há uma haste roscada onde atarraxam dois esbarros que limitam o curso do êmbolo a porções mínimas.

Regula-se a posição dêsses esbarros para a posição mais baixa do êmbolo, e faz-se funcionar depois o aparelho da maneira ordinária, obtendo-se assim uma pequena fracção do diagrama. Por meio da haste roscada fazem-se subir os esbarros, de forma que a posição mais baixa do êmbolo corresponda à posição mais alta da fracção precedente. Faz-se funcionar o aparelho como da primeira vez e repetindo esta operação, obtem-se uma série de diagramas parciais que permitem construir o diagrama total.

O *indicador Cody*, traça diagramas sôbre um tambor de rotação continua, e ao mesmo tempo dois traços indicativos da pressão de vapor na caixa do distribuidor, durante a admissão e a evacuação.

Este como outros muitos são mais ou menos complicados e como o seu emprêgo não é corrente e só serve para estudos especiais, não nos deteremos sôbre êles.

Com qualquer dêstes indicadores o processo empregado para se obterem os diagramas é idêntico ao descrito quando tratámos do indicador Richard, devendo acrescentar-se que é costume traçarem-se em cada



Fig. 195

Mola do indicador Crosby

folha de papel, dois diagramas correspondendo cada um a um dos lados do cilindro, para o que basta manobrar convenientemente a torneira sôbre que o aparelho esta montado.

Vejamos agora como pelo diagrama se pode calcular a potência indicada da máquina.

Sabe-se que o trabalho de uma força variável, movendo-se o ponto de aplicação dessa força sempre no mesmo sentido, é igual à área do diagrama, em que as ordenadas representam as diversas intensidades dessa força e as abscissas o caminho percorrido pelo seu ponto de aplicação. Assim, basta medir a área do diagrama de uma máquina de vapor, para se obter o trabalho produzido sôbre o êmbolo na ocasião em que se obteve o diagrama.

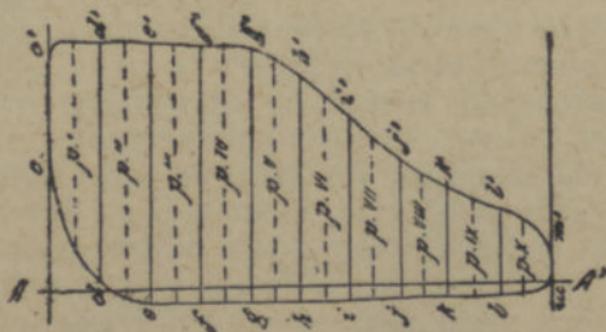


Fig. 196 — Cálculo do diagrama

Vejamos agora como essa operação se pratica.

Seja, (fig. 196), $c, c', d', e', f', g', h', i', j', k', l', m', m', l, k, j, i, h, g, f, e, d, c$, o diagrama obtido com o indicador, e seja $A A'$ a linha atmosférica. Trace-mos as duas perpendiculares à linha atmosférica $c' c$ e $m' m$, tangentes à curva, e dividamos o espaço $A A'$ compreendido entre elas, em dez partes iguais; por êsses pontos tracemos as ordenadas $d' d', e' e', g' g', h' h', i' i', j' j', k' k', l' l', e m' m'$. Considerando as porções de curva compreendidas entre cada duas ordenadas como linhas rectas, o diagrama ficará assim

dividido em dez trapézios e a sua área total será com bastante aproximação igual à soma das áreas dos diferentes trapézios.

Ora a área de qualquer dos trapézios é igual ao comprimento das linhas p' , p'' , p''' , p^{iv} , p^v , p^{vi} , p^{vii} , p^{viii} , p^{ix} , p^x , traçadas a igual distância das bases e paralelamente a estas, multiplicada pela altura do trapézio $\left(\frac{A A'}{10}\right)$

Teremos então:

$$\begin{aligned} \text{Área total} &= p' \times \frac{A A'}{10} + p'' \times \frac{A A'}{10} + p''' \times \frac{A A'}{10} + p^{iv} \times \\ &\times \frac{A A'}{10} + p^v \times \frac{A A'}{10} + p^{vi} \times \frac{A A'}{10} + p^{vii} \times \frac{A A'}{10} + \\ &+ p^{viii} \times \frac{A A'}{10} + p^{ix} \times \frac{A A'}{10} + p^x \times \frac{A A'}{10} \end{aligned}$$

ou tirando $\frac{A A'}{10}$ em factor comum

$$\begin{aligned} \text{Área total} &= \left(p' + p'' + p''' + p^{iv} + p^v + p^{vi} + p^{vii} + p^{viii} + \right. \\ &\left. + p^{ix} + p^x \right) \frac{A A'}{10} \\ &= \frac{p' + p'' + p''' + p^{iv} + p^v + p^{vi} + p^{vii} + p^{viii} +}{10} + \\ &+ \frac{p^{ix} + p^x}{10} \times A A'. \end{aligned}$$

No segundo termo desta igualdade os dois factores são respectivamente iguais, o primeiro a uma soma de ordenadas dividida pelo número dessas ordenadas, ou seja a *ordenada média*, que representaremos por p , e o segundo, igual ao comprimento do diagrama que já sabemos ser o curso C

Teremos então

$$\text{área total} = p \times C \dots 1$$

Representando as ordenadas do diagrama as pressões do vapor em determinada escala, a ordenada média p representará a *pressão média* na mesma escala, e como as pressões são referidas à unidade da superfície, teremos que multiplicar p , pela área do êmbolo, para termos o esforço total que sobre êle se exerce.

Sendo D o diâmetro do êmbolo, a sua área será $\frac{\pi D^2}{4}$ o que introduzindo na fórmula 1 dará

$$P = p \frac{\pi D^2}{4} \times C \dots 2$$

É esta a fórmula do trabalho exercido sobre o êmbolo.

Para avaliarmos a potência teremos de achar o *quociente do trabalho pelo tempo gasto em o produzir*. Sendo N o número de rotações da máquina por minuto, e como em cada rotação o êmbolo percorre duas vezes o curso C , teremos então a potência por segundo

$$P = \frac{\pi D^2}{4} p 2 C \frac{N}{60} \dots 2$$

fórmula geral da potência indicada nas máquinas de vapor.

Deve ter-se em conta que para maior exactidão é costume medir a ordenada média dos dois diagramas da tampa e fundo do cilindro, e entrar na fórmula com p , igual à semi-sóma das ordenadas médias desses diagramas.

Consideremos agora o caso em que D e C são dados em metros, e p em quilos por centimetro quadrado.

A área do êmbolo virá em metros quadrados, mas como a pressão é em quilos por centimetro quadrado, teremos que reduzir essa área, de metros quadrados a centímetros quadrados, ou seja multiplicar a área por 10000, e a fórmula 2 tornar-se-á então

$$P = 10000 \frac{\pi D^2}{4} 2 C \frac{N}{60} \times p$$

e como a unidade adoptada para potência é o cavalo vapor, correspondendo cada cavalo a 75 quilogrametros, dividimos esta fórmula por 75 e teremos

$$P = \frac{\frac{\pi D^2}{4} \cdot 2 C N p}{75 \times 60}$$

ou praticando os produtos dos factores constantes

$$P = 3,490658 D^2 C N p \dots 4$$

fórmula francesa.

Sendo: D em polegadas, p em libras por polegada quadrada, C em pés, e correspondendo o cavalo a 33000 libras de peso, elevadas a 1 pé de altura em um minuto, entraremos com estes valores na fórmula 3 e praticando os produtos dos factores constantes ter-se-á

$$I H P = 0,0000476 D^2 C N p \dots 5$$

fórmula inglesa.

A potência indicada das máquinas que têm mais de um cilindro, mas todos de igual diâmetro, calcula-se introduzindo na fórmula empregada o coeficiente A , igual ao número de cilindros, e fazendo p igual à média das pressões médias nos diversos cilindros.

Assim, se empregarmos a fórmula 4, teremos

$$3,490658 D^2 C N A p = P.$$

Sendo os cilindros de diâmetros diferentes, calcula-se a potência para cada um deles, e somam-se depois essas potências, ou então emprega-se uma fórmula que não é mais do que a simplificação da soma de tantas fórmulas 4, quantos os cilindros.

Se a fórmula empregada for a 5, e sendo d_1, d_2, \dots, d_n o diâmetro dos cilindros, D o diâmetro do cilindro maior, e sendo as ordenadas médias respectivamente p_1, p_2, \dots, p_n e P a fórmula será

$$1 \text{ H P} = 0,0000476 D_2 C N \left(\frac{d_1^2}{D^2} p_1 + \frac{d_2^2}{D^2} p_2 + \dots + \frac{d_n^2}{D^2} p_n + P \right)$$

Exemplo 1.º — Numa máquina em que o diâmetro do cilindro é $0^m,665$, e em que o curso é $0^m,4592$ obteve-se o

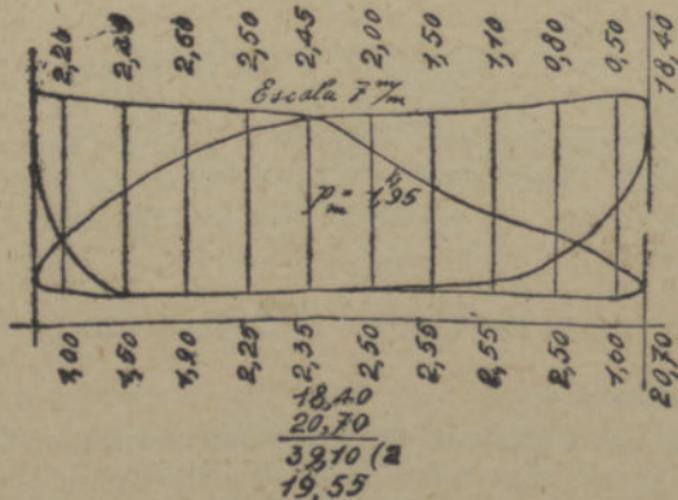


Fig. 197 — Cálculo de diagramas

diagrama, *fig. 197*, sendo a escala da mola 7^{mm} por 1^{k} . O número de rotações por minuto era 86.

Começemos por traçar no diagrama as dez ordenadas, empregando qualquer dos processos indicados.

Com uma escala igual à da mola do indicador com que se tirou o diagrama, e que neste caso será a escala em que 7^{mm} representam 1^{k} , medem-se as ordenadas, escrevendo-se o seu valor para cada diagrama, de um dos lados das ordenadas. Sómam-se essas ordenadas, divide-se a sóma por 10, e teremos a pressão média para cada lado do cilindro; tome-se a semi-sóma dessas pressões médias para valor de p .

Substituindo na fórmula 4, as letras pelos seus respectivos valores, teremos

$$P = 3,490658 \times 0,665^2 \times 0,4592 \times 86 \times 1,955$$

diâmetro em metros.....	0,665
	<u>0,665</u>
	3325
	8990
	<u>3990</u>
quadrado do diâmetro.....	0,442225
curso em metros.....	<u>0,4592</u>
	884450
	3980025
	2211125
	<u>1768900</u>
	0,2030 97200
	0,20307
rotações.....	<u>86</u>
	121842
	<u>162456</u>
	17,46402
factor constante	<u>3,490658</u>
	13971216
	8732010
	10478412
	15717618
	6985608
	<u>5239206</u>
	60960 92112516
	60,961
pressão média.....	<u>1,955</u>
	304805
	304805
	584649
	<u>60961</u>
potência indicada.....	119,178755

A potência indicada no caso a que se refere este exemplo será portanto igual a 119 cavalos.

Exemplo 2.º — Quere-se saber a fôrça indicada de uma

máquina a que se tiraram os diagramas da (fig. 173), dando a máquina 106 rotações e sendo o diâmetro do cilindro 26'', o curso 1',5 e a escala da mola $\frac{1}{32}$.

Procedendo como no 1.º exemplo, acharemos para a ordenada média o valor de 45,45 libras.

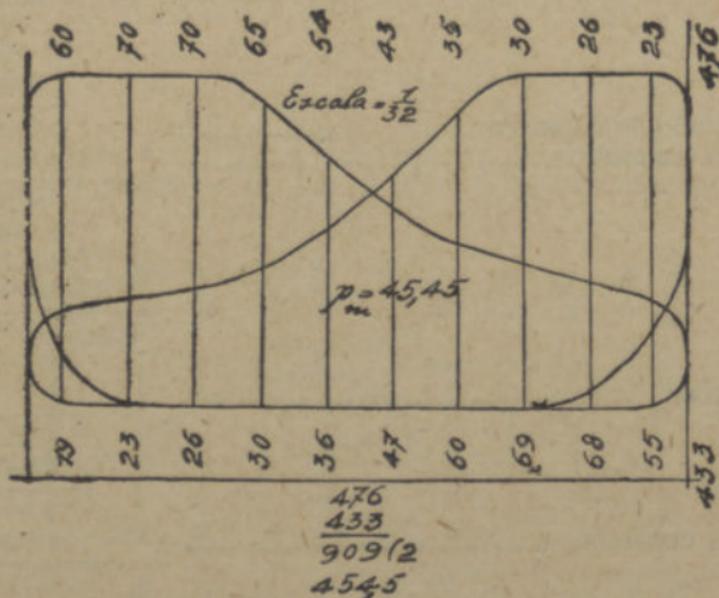


Fig. 198 — Cálculo de diagramas

Substituindo na fórmula 5 as letras pelos seus respectivos valores, teremos

$$IHP = 0,000476 \times 26^2 \times 1,5 \times 106 \times 45,45$$

diâmetro em polegadas	26
	<u>26</u>
	156
	<u>52</u>
quadrado do diâmetro	676
curso em pés	<u>1,5</u>
	3380
	<u>676</u>
	10140

rotações.	1014
	<u>106</u>
	6084
	<u>10140</u>
pressão média.....	107484
	<u>45,45</u>
	537420
	429936
	537420
	<u>429936</u>
factor constante.....	4885147,80
	<u>0,0000476</u>
	2931088680
	3419603460
	1951059120
	<u>232,533035280</u>

A potencia indicada será portanto 232 I H P.

Obtida a potência em cavalos, fácil é calcular o consumo de carvão que é sempre referido ao cavallo-hora.

Sejam por exemplo 6186^k 0 o consumo de carvão, em 24 horas, numa máquina em que a força indicada é 276 cavalos,

$$\frac{6186}{24} = 25775^k \text{ consumo de carvão por hora,}$$

e

$$\frac{25775}{276} = 0^k,951 \text{ consumo de carvão por cavallo-hora.}$$

Com o fim de facilitar a divisão da linha atmosférica, operação que com os processos geométricos seria um tanto morosa, empregam-se alguns aparelhos que mecânicamente procedem a essa divisão.

O indicador Richard vem ordinariamente acompanhado por uma grade articulada, que serve para êsse efeito.

Vejamos agora como, com êste aparelho, se traçam as divisões precisas para determinação da ordenada

média. Obtido o diagrama, traçam-se, empregando o esquadro e a régua, as duas ordenadas extremas. Aplica-se depois a grade sôbre o diagrama de maneira que as arestas da direita das duas régua 1.^a e 10.^a fiquem coincidindo com essas ordenadas extremas, e marcam-se os pontos em que as faces também da direita, das régua 2 e 9, cortam a linha atmosférica. Divide-se ao meio, a compásso, o espaço compreendido entre êsses pontos e a ordenada extrema que lhe fica próxima.

Aplica-se novamente a grade, fazendo então com que as arestas das régua 1 e 10 coincidam com as ordenadas tiradas por êsses pontos, mantem-se a grade nessa posição, e pelas arestas do mesmo lado de tôdas as régua, traçam-se linhas que cortem dos dois lados as curvas do diagrama e que serão as ordenadas pedidas.

Com o aparelho seguinte procede-se mais rapidamente.

Sôbre a prancheta M, (fig. 109), coloca-se o diagrama de maneira que a linha atmosférica coincida com a régua $m_1 n_1$, que para isso se faz girar em tôrno do seu eixo, e

que a aresta da régua flexível P Q, que por construção do aparelho está perpendicular à régua $m_1 n_1$ fique tangente à curva, e fixa-se então o diagrama nessa posição, para o que se aperta o botão V.

Encosta-se à régua P Q, o lado R do triângulo articulado. Êsse triângulo é assim disposto :

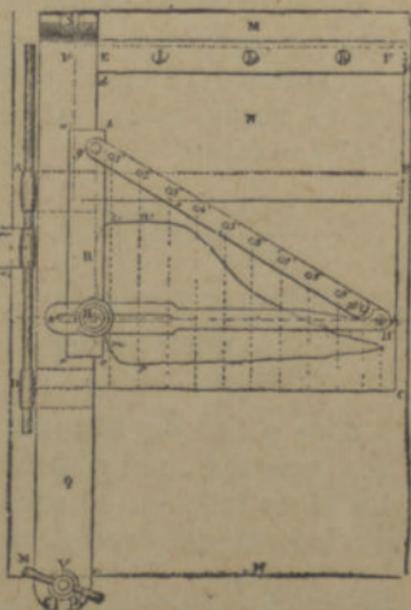


Fig. 199 — Prancheta para dividir diagramas

Em um extremo g , do lado menor, que é o que encosta à régua PQ , articula o extremo do lado maior gH . Esse lado está dividido em dez partes, $1' 2' \dots 10'$, em cada uma das quais há um estilete de cobre, que uma pequena mola faz encostar ao papel. A meio das duas divisões extremas há outro estilete nas mesmas condições dos precedentes. A primeira divisão coincide com a aresta da régua PQ . A última divisão h coincide com o eixo da articulação desse lado do triângulo, o outro lado do qual, hk , se pode fazer encurtar, para o que tem uma ranhura k , por dentro da qual passa o parafuso H .

Colocado o diagrama como dissemos, encosta-se o lado R do triângulo à régua, ficando assim o primeiro estilete coincidindo com a ordenada extrema; desaperta-se o parafuso H , e dispõe-se o esquadro de maneira que o último estilete h , coincida com a parte mais afastada da curva; fixa-se então o triângulo nessa posição, para o que basta apertar o parafuso H .

Corre-se o esquadro ao longo da régua PQ , exercendo uma pequena pressão sobre o papel, e os estiletos traçam as dez ordenadas precisas.

Tendo muitos diagramas a dividir e não havendo aparelhos para o fazer, facilita-se esse trabalho empregando o seguinte processo:

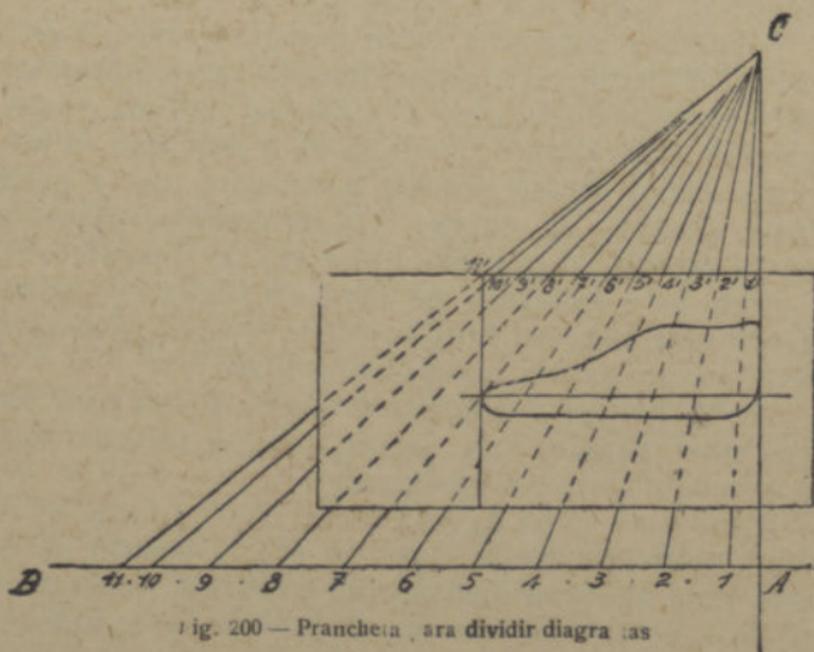
Sobre uma folha de papel, (fig. 200), traçam-se as duas rectas perpendiculares AB e AC . A partir de A , com uma abertura qualquer do compasso marca-se o ponto 1, e desse ponto com uma abertura do compasso, dupla da primeira, marquem-se os pontos 2, 3... 10 e finalmente tome-se 10.11 igual a $A1$.

Una-se cada um desses pontos 1, 2... 11 com um ponto qualquer C da recta AC , mas afastado de A cerca de 8 a 10 centímetros:

Aplica-se depois, sobre esta folha de papel, cada um dos diagramas em que previamente se traçaram as ordenadas extremas, por forma que os dois extremos de uma dessas ordenadas coincidam com a recta AC

e um dos extremos da outra ordenada com um ponto qualquer 11, da linha C 11; marquem-se então sobre a orla do papel, onde está o extremo da ordenada que se fez coincidir com C 11, os pontos $1'2'3' \dots 10'$, em que as linhas, partindo de C, cortam essa orla. Faz-se a mesma operação para o outro lado do papel, e unindo os pontos assim obtidos, têm-se as ordenadas pedidas.

Um aperfeiçoamento d'este processo, devido ao sr. Lima e Santos, consta de uma prancheta sobre a qual se acha feito o traçado igual ao anteriormente descrito. Uma régua flexível, da qual uma das arestas



coincide com AC, serve para sob ela se fixar o diagrama, quando se tenha feito a coincidência das ordenadas extremas, como foi dito anteriormente. Faz-se então correr um esquadro encostado a um dos lados da prancheta, por construção perpendicular a AC, e traçam-se as ordenadas pelos pontos em que a orla do papel é cortada pelas linhas C1, C2... C10.

Dissemos que para medir as ordenadas dos diagrama-

mas se empregavam umas réguas graduadas que vinham com os indicadores, correspondendo uma a cada mola.

Conhecida a escala da mola e não havendo as réguas graduadas, constroem-se estas escalas facilmente. Assim, se a escala fôr inglesa, por exemplo escala de $\frac{1}{10}$, faremos uma régua sôbre a qual se marcará um comprimento de uma polegada; divida-se êsse comprimento em um número de partes igual ao denominador do quebrado indicativo da escala, e cada divisão representará uma libra. Assim, no nosso caso, cada décimo de polegada representará uma libra.

Tabéla dos coeficientes a aplicar aos comprimentos em milímetros das ordenadas médias, para nas diferentes escalas se obterem os valores dessas ordenadas em libras ou quilos.

ESCALA INGLESA				ESCALA FRANCESA			
Escala	Coefficiente	Escala	Coefficiente	Escala	Coefficiente	Escala	Coefficiente
$\frac{1}{8}$	0,315	$\frac{1}{40}$	1,574	60	0,01666	7	0,1452
$\frac{1}{10}$	0,393	$\frac{1}{48}$	1,89	45	0,0222	6	0,666
$\frac{1}{12}$	0,4702	$\frac{1}{56}$	2,204	30	0,0333	5	0,2
$\frac{1}{16}$	0,63	$\frac{1}{64}$	2,520	20	0,054	4	0,25
$\frac{1}{20}$	0,787	$\frac{1}{72}$	2,834	16	0,0625	3	0,333
$\frac{1}{24}$	0,914	$\frac{1}{80}$	3,150	12	0,833	2,5	0,4
$\frac{1}{30}$	1,17	-	-	10	0,1	2	0,5
$\frac{1}{32}$	1,26	-	-	8	0,125	-	-

Sendo a escala francesa, a sua indicação é representada por um certo número de milímetros que equivalem a um quilograma. Se, por exemplo, a mola empregada fôr a de 15 milímetros por quilograma, teremos de construir uma escala onde se marca um comprimento de $0^m,015$ que equivale a

1k.000 e dividir êsse comprimento em várias partes iguais, representativas das fracções do quilograma, prolongando essas divisões no comprimento preciso.

Outro processo, consiste em medir as ordenadas em milímetros, calcular a ordenada média também em milímetros; e procurar depois na tabela da página anterior o coeficiente a aplicar à ordenada média em milímetros, para se obter o correspondente valor em quilos ou libras

O diagrâmetro de João do Pinho serve para fazer a divisão do diagrama, traçar as ordenadas e em uma só leitura indicar a ordenada média, (figs. 201 e 202).

O instrumento é formado por uma prancheta para fixação dos diagramas, um traçador, contadores em número variável com as escalas das molas e uma guia do movimento dos contadores.

O *traçador* compõe-se de um esquadro metálico, no qual está montada uma régua que pode mover-se em tórno de um dos vértices do esquadro, fixando-se na posição conveniente, quando se aperta o botão 6. Essa régua tem montados estiletes por forma inteiramente semelhantes aos do aparelho da (fig. 199).

Os *contadores* constam de um rolete de aço, cuja circunferência rectificadã tem um comprimento igual a um certo número exacto de vezes a escala da respectiva mola do indicador. O veio dêste tambor engrena por meio de um parafuso sem fim, com um carrêto dentado, que faz mover um ponteiro sôbre o mostrador graduado onde se lê a vigésima parte do caminho percorrido pelo rolete, reduzido na respectiva escala a quilos ou libras, enquanto as fracções dessas unidades vão lêr-se no tambor junto do rolete.

As diferentes partes de que é formado o instrumento são guardadas numa caixa, cuja tampa está disposta de maneira a servir de prancheta.



Para trabalharmos com o diagrâmetro sigam-se as seguintes instruções do seu autor:

Instruções para uso do diagrâmetro

Coloca-se o diagrama sôbre o plano da caixa, (fig. 201), passando por debaixo da régua 1, e de maneira que a linha atmosférica lhe fique perpendicular, para o que nos servimos do esquadro traçador; o extremo superior do diagrama deve ficar tangente ao lado 2 e por consequência paralelo à régua 1. Fixa-se o papel na posição apertando a régua 1 por meio do botão 3, e em seguida move-se a régua do esquadro de modo que o estilete 5 trace uma linha tangente ao extremo inferior do diagrama, e por conseguinte paralela à

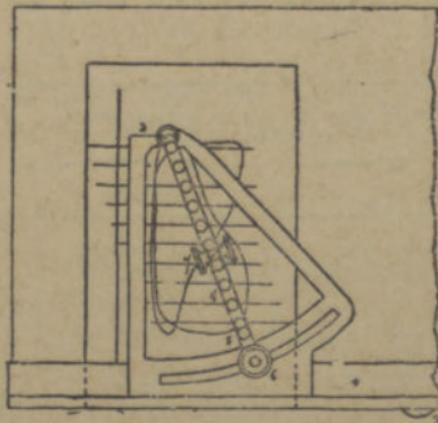


Fig. 201 - Diagrama João do Pinho

régua 1. Fixa-se a régua 4 de esquadro por meio do botão 6; isto feito, segurando o traçador pelo manípulo 7 e fazendo-o deslizar ao longo da régua 1, carregando levemente sôbre o papel obtêm-se as ordenadas precisas, como mostra a figura.

Escolhe-se então o contador correspondente à escala da mola com que foi tirado o diagrama, sendo a indicação feita no prato pela parte inferior do zero ou à sua esquerda. Para os contadores em que os pratos tenham mais duma graduação devemos ver que os roletes tenham indicação igual, que de contrário serão substituídos.

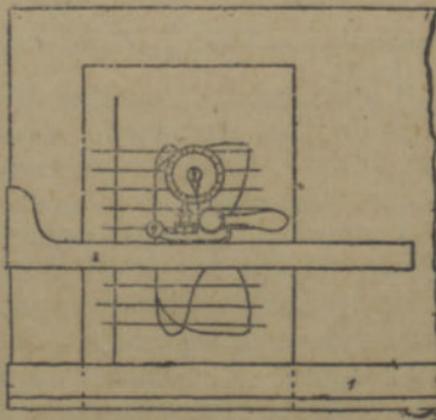


Fig. 202 - Diagrâmetro João do Pinho

Coloca-se o ponteiro do prato no zero, (fig. 202), bem assim como o rolete, fazendo mover êste no sentido da gradação crescente, e caso não coincidam os dois zeros, mova-se à mão o ponteiro do prato até que a coincidência se verifique. Coloca-se a guia 8 sobre o diagrama e fazendo encostar o contador, percorrem-se as 20 ordenadas, fazendo coincidir com elas o ponteiro 9. Feito isto, não temos mais que proceder à leitura do prato e do rolete, dando aquêles as unidades e êste as fracções em quilogramas por centímetro quadrado, ou em libras por polegada quadrada, como se pode vêr pela tabela seguinte:

Escala	Valor de cada divisão em quilogramas ou em libras	
	Pratos	Roletes
	Quilogramas	Quilogramas
3mm	0,500	0,025
7mm	0,250	0,025
20mm	0,100	0,010
-	Libras	Libras
8	0,5	0,10
12	1,0	0,10
16	1,0	0,10
32	2,0	0,10
40	3,0	0,20
48	3,0	0,20
56	4,0	0,20
64	5,0	0,20
120	10,0	0,20

O processo mais simples para a contagem das rotações de uma máquina, é a contagem directa, empregando para a medição do tempo qualquer relógio com ponteiro de segundos.

A referência para a contagem poderá ser o movimento de uma das peças, um rido que se reproduza periodicamente em cada rotação, ou ainda o choque ligeiro de uma peça móvel na mão, colocada em sitio conveniente. No momento em que uma dessas referências coincida com uma das divisões do mostrador percorrido pelo ponteiro dos segundos, conta-se zero e em

seguida *um, dois, etc.*, até o ponteiro voltar à mesma divisão do mostrador, isto é, ter decorrido um minuto.

Quando a velocidade da máquina é grande, não se pode contar por êste processo, sendo então necessários dois observadores. Um, vê o relógio e conta as rotações de zero até dez, voltando depois a contar um e assim sucessivamente, enquanto o outro vai fixando o número de dezenas contadas pelo primeiro. Assim, tendo no fim do minuto o primeiro observador contado 8, e o segundo observador contado que êle dissesse vinte vezes o número 10, o número de rotações dado pela máquina terá sido

$$20 \times 10 + 8 = 208$$

Os *contadores de rotações* tornam êste trabalho muito mais fácil.

Êstes contadores são formados por um pequeno eixo terminado em um dos extremos em forma de pirâmide. Introduzindo essa pirâmide no ponto existente no tópo do veio motor, êste arrasta o veio daquele no seu movimento, e como uma parte do seu comprimento é roscada e engrena com os dentes de uma roda numerada, passará sôb uma fresta do instrumento um dente por cada rotação da máquina. Pondo portanto o 0 sôb essa fresta, e encostando a ponta do instrumento ao ponto do veio motor quando se começa a contar o tempo e retirando-o quando se acaba aquela contagem, basta ler o número sôb a fresta para se saber qual o número de rotações.

Alguns aparelhos têm mais do que uma roda, servindo em ão uma só para os números de 1 a 100 e outra para as centenas.

Êstes aparelhos são muito portáteis e de uso muito cómodo, havendo dêles uma grande variedade. Alguns mais aperfeiçoados vêm juntos com um relógio de segundos e dispostos de maneira que o contador só pode girar durante um determinado tempo em-

bora continui o eixo a ser arrastado pelo movimento do veio.

Os *taxímetros* são destinados a indicar constantemente o número de rotações da máquina em um minuto, se a sua velocidade se mantivesse sempre igual àquela que tinha no momento da observação. O principio fundamental d'este aparelho é semelhante ao dos reguladores de força centrífuga.

São também massas de ferro recebendo movimento de rotação proporcional ao do veio motor que, em virtude da força centrífuga, se aproximam ou afastam do eixo em tórno do qual giram.

Êste afastamento das massas de ferro transmite-se a um ponteiro girando sôbre um mostrador graduado, por forma a ser o número indicado pelo ponteiro o número de rotações da máquina.

Êstes aparelhos são empregados em máquinas de grande velocidade, como dinamos, etc.

Em algumas máquinas colocam-se *contadores totalizadores*, cujo maquinismo se assemelha ao dos contadores já descritos.

A transmissão de movimentos ao instrumento, faz-se por um parafuso sem fim montado sôbre o veio motor ou por um sistema de alavancas, que faz passar um dente de uma roda do aparelho por cada rotação da máquina. Essa roda tem dez dentes e está disposta por forma que quando dá uma rotação completa, arrasta outra que lhe fica visinha, que por sua vez deixa passar um dente; a estas duas rodas seguem-se outras montadas da mesma forma, de maneira que por cada rotação da máquina passa um dente da primeira roda da direita, por cada dez rotações terão passado dez dentes da primeira roda e um da segunda, por cada cem, terá a primeira dado dez voltas, a segunda uma e na terceira terá passado um dente, e assim sucessivamente.

Estas rodas têm na sua circunferência inscritos os algarismos de 0 a 9, algarismos dos quais só são

visíveis um de cada roda e todos na mesma linha. Pondo à vista todos os zeros antes da máquina ser posta em movimento, para saber quantas rotações a máquina tem dado, basta ler o número formado pelos algarismos visíveis.

Para se obter o número de rotações em qualquer espaço de tempo, basta fixar o número existente no início de um espaço de tempo e subtrai-lo do observado no fim do mesmo espaço de tempo.

Rendimento do motor. — Dos 0,64⁽¹⁾ do número total de calorías, fornecidas pelo combustível, o motor propriamente dito apenas utiliza 0,15 a 0,20, sendo o restante absorvido pelas perdas devidas à irradiação, condensações interiores, imperfeições, etc., e como o atrito das peças móveis e a condução dos aparelhos auxiliares ainda absorvem 0,5 a 0,8 o rendimento da máquina é apenas 0,09 a 0,12.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL
MUSEU NACIONAL DA CIÊNCIA
E DA TÉCNICA

(1) Os outros 0,36 perdem-se, como foi dito, do gerador.

CAPÍTULO VII

Condensação

Já vimos que depois do êmbolo ter chegado ao fim do seu curso, para que possa voltar em sentido contrário, é necessário reduzir a pressão do vapor dêsse lado do êmbolo, o que se obtem dispondo a válvula distribuidora de maneira a permitir a livre saída do vapor pelo canal de evacuação.

Vimos também que, quanto menor fôr a contrapressão sôbre essa face do êmbolo e, portanto, menor o *trabalho resistente*, maior seria o *trabalho útil*, que, como se sabe, é igual à diferença entre o *trabalho motor* e o *trabalho resistente*.

Daqui resulta a vantagem de tornar o mais baixa possível a contrapressão, ou seja a pressão do vapor, durante o periodo de evacuação.

Os dois meios de se conseguir êsse resultado, são: pôr rápidamente êsse vapor em comunicação com a atmosfera, e nêsse caso a contrapressão sera proxima-mente igual à pressão atmosférica, ou resfriar rápidamente o vapor, que ficará então com uma pressão correspondente à nova temperatura adquirida, pressão esta inferior à pressão atmosférica.

Êste segundo processo que se realisa com o em-prego dos condensadores, exige mais espaço e torna o aparelho mais pesado.

Como e por que meio se opéra a condensação do vapor, já vimos quando tratámos do condensador.

Resta dizer que a pressão obtida nos condensadores é em média $0^k,090$ que, como se vê, é bastante inferior à pressão atmosférica. A vantagem da condensação sobre a descarga para a atmosfera está, não sómente em reduzir a contrapressão sobre o êmbolo, o que tornará maior a ordeçada média do diagrama, e portanto, a potência indicada, mas também em permitir que a água de alimentação entre nas caldeiras com uma temperatura entre 40° a 50° , temperatura superior à da água ao ar livre, o que melhor convem ao bom funcionamento e economia de todo o sistema.

CAPÍTULO VIII

Lubrificação

Para reduzir, quanto possível, o atrito resultante da fricção dos vários órgãos componentes da máquina de vapor, trabalham-se as superfícies friccionantes de modo a ficarem bem justas, unidas e pulidas, e faz-se com que, entre elas, haja uma camada de pequenina espessura de determinadas substâncias gordurosas, constituindo esta última operação a *lubrificação da máquina*.

Quando uma parte da superfície a lubrificar está descoberta, como as guias das plainas, hastes de êmbolos ou distribuidores, etc., ou se deita sôbre elas, com a almotolia, a substância lubrificante, ou se untam de tempos a tempos com essa substância, ou se conservam mergulhadas em um banho do lubrificante.

As articulações de pequenos aparelhos ou aquelas que não transmitem grandes esforços, como excêntricos de pequenos motores, etc., têm, em geral, um pequeno furo convenientemente disposto, para se deitar o lubrificante e para o conduzir às superfícies friccionantes. Para facilitar a distribuição do lubrificante por tôda a extensão da superfície a lubrificar, abrem-se nesta alguns *canais de lubrificação*.

As articulações de peças mais importantes são munidas de copos lubrificadores formados por um depô-

sito onde se deita o azeite ou outro óleo empregado, que pouco a pouco é conduzido para os canais de lubrificação, donde se espalha por tôda a superfície friccionante.

Para se obter esta passagem, do lubrificante do depósito para o lugar onde deve exercer a sua acção, empregam-se vários processos.

O mais vulgar, (fig. 203), consiste em ter o depósito A, um tubo D, de pequeno diâmetro, que atravessa o fundo desse depósito passando um pouco acima do nível máximo que o lubrificante deve atingir. Nêsse tubo introduz-se uma torcida, formada por uns poucos de fios de lã, parte da qual mergulha no lubrificante. Essa torcida estabelece assim um sifão do depósito A, para dentro do tubo *d*, e pouco a pouco o depósito vai-se esgotando por êsse conduto.

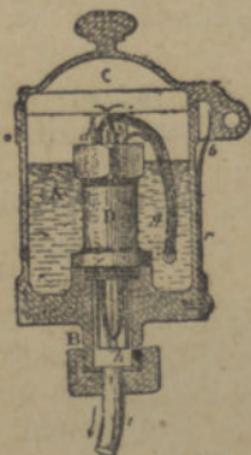


Fig. 203 — Copo lubrificador de torcida

Para facilitar a operação de meter e tirar as torcidas nos respectivos tubos, procede-se da seguinte forma: Cortados os fios de lã com

um comprimento duplo do que é preciso, e com um número de fios variável com a quantidade de lubrificante a passar, dobram-se êste ao meio e suspendem-se pelo seio de um arame de cobre, cujas pontas se voltam e torcem em seguida. Fica assim a torcida ligada a uma pequena haste *Mh*, com rigidez bastante para a guiar quando se quere introduzi-la no tubo.

Para que o outro extremo *g* se conserve mergulhado, dobra-se sôbre êle um pequeno pedaço de chumbo.

Outro processo, também bastante empregado, consiste em o depósito ter, no fundo, uma pequena válvula *a*, (fig. 204), que aberta permite a passagem do lubrificante, gôta a gôta. Sôb essa válvula *a*, abre-se

o funil E, do tubo lubrificador. Conforme se pretende maior ou menor quantidade de lubrificante, assim se abre mais ou menos a respectiva válvula conta-gotas.

Com qualquer destes processos juntam-se vários feixes de tubos de lubrificação, que vão buscar o lubrificante, cada feixe a seu depósito ou *copo*.

As cruzetas, manivelas e outras peças móveis que periodicamente passam no mesmo sitio, são lubrificadas muitas vezes da seguinte forma:

O copo está montado em um plano superior ao da peça a lubrificar, e tem uma torcida chata por onde o lubrificante vai descendo.

A peça a lubrificar tem na parte superior outro copo com um pente, disposto de forma que em cada rotação vá lambar a torcida, da qual tira o lubrificante que por canais especiais é conduzido onde deve exercer a sua acção.

Para lubrificar as manivelas empregam-se vários processos, sendo bastante usado o denominado *lubrificação centrífuga*, (fig. 205).

Um tubo de lubrificação B, conduz o óleo a um reservatório em forma de colar C, concêntrico com

o veio e montado junto ao braço da manivela. Daí passa pelo tubo t, para o munhão da manivela, forado em A, na direcção do eixo, e d'este para a periferia por o o'. Em virtude da acção da força centrífuga o lubrificante contido no colar C tende a escapar-se para o exterior e por isso, passando pelo tubo t, en-

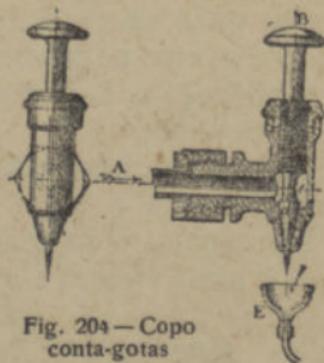


Fig. 204 — Copo conta-gotas

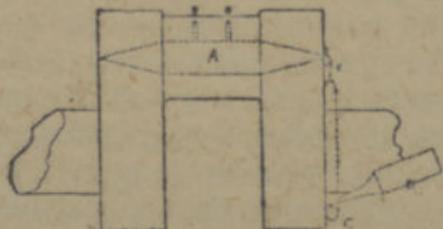


Fig. 205 — Lubrificação centrífuga

che a parte ôca A, donde ainda pela fôrça centrífuga passa pelos canais o o' , para a periferia do munhão.

Para lubrificação dos excêntricos emprega-se um processo semelhante.

Em chumaceiras suportes de veios emprega-se algumas vezes a seguinte disposição, (fig. 206):

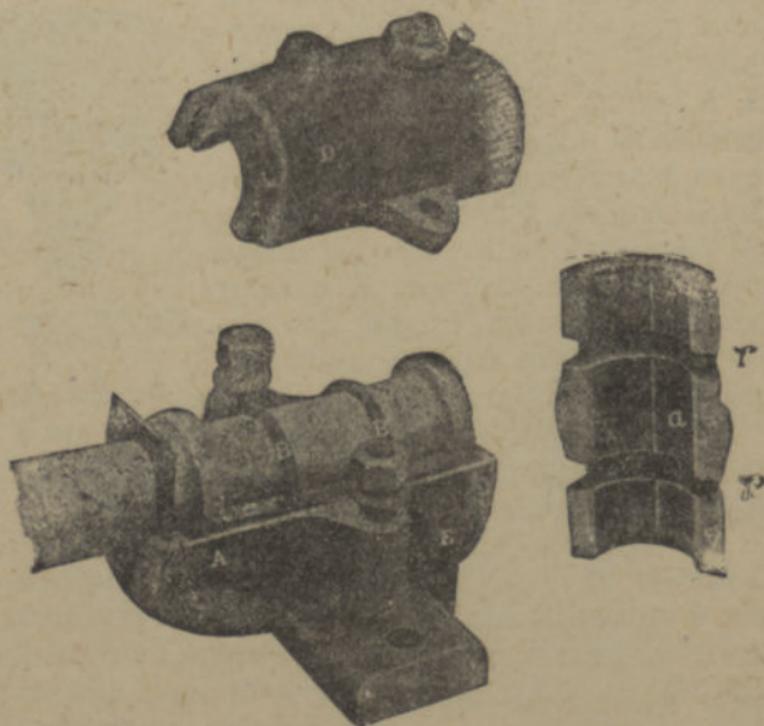


Fig. 206 — Lubrificação centrífuga

O bronze de cima tem a meio, no sentido transversal, um ou dois rebaixos r . Êsses rebaixos permitem a passagem dos aros B, que passam por baixo do bronze inferior e mergulham no depósito com o lubrificante. Arrastados pelo veio no seu movimento, êstes aros trazem do depósito para sôbre o veio o lubrificante em quantidade suficiente.

Correntemente, as substâncias empregadas para lubrificação das peças que não estão em contacto directo

com o vapor, e que constituem a *lubrificação externa*, são o sebo, o azeite e óleos minerais, conquanto se possam empregar também o azeite de baleia, o óleo de colza, de côco, etc.

Também se empregam como lubrificantes, principalmente em chumaceiras de veios, etc., umas massas ordinariamente preparadas com óleos minerais, plumbajina e outras substâncias. Este sistema torna necessário o emprêgo de copos especiais, (fig. 207), com uma tampa roscada, por meio da qual se vai comprimindo a pasta ou massa sôbre o fundo do copo. É o calor desenvolvido pela fricção das peças móveis que funde a pasta que pelo canal lubrificante é conduzida ao seu destino.



Fig. 207 — Copo para massas

Na lubrificação externa gastam-se o máximo 5 a 6 quilos de lubrificante por tonelada de combustível, ou seja 4 a 5 gramas por cavalo-hora.

Apesar da acção lubrificante da água, que pelo vapor é arrastada para os distribuidores e cilindros, reconheceu-se ser necessário o emprêgo de óleos lubrificantes na lubrificação d'esses órgãos, denominada *lubrificação interna*, havendo grande variedade de aparelhos lubrificadores especialmente destinados a esse fim.

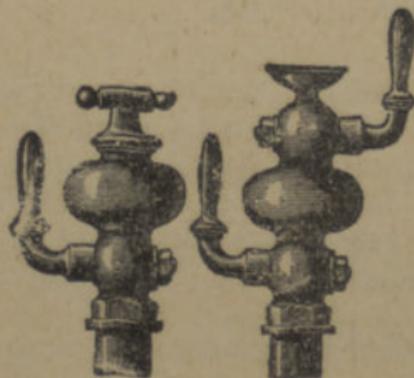


Fig. 208 — Copos de lubrificação por gravidade

Dos *lubrificadores por gravidade*, (fig. 208), o mais simples é formado por um copo com duas torneiras, das quais uma estabelece a comunicação com o exterior, e a outra, com o órgão a lu-

brificar. Abrindo a torneira superior, e fechando a inferior, enche-se o copo de óleo. Faz-se depois a operação inversa, e subtraído a qualquer influência exterior, o óleo sai do copo pela acção exclusiva do seu pêsso.

O *lubrificador por compressão*, (fig. 209), difere do precedente em ter mais uma torneira que estabelece a comunicação do vapor do gerador com a parte superior do depósito do óleo.

Os *lubrificadores por condensação*, embora um pouco mais complicados, são muito empregados, e ordinariamente designam-se por copos de patente.

Nalguns destes copos, di-

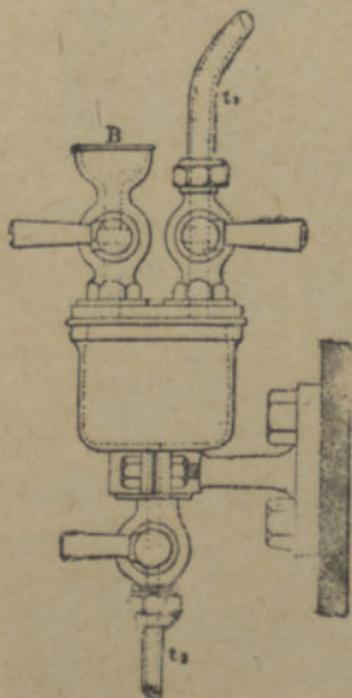


Fig. 209 — Copo lubrificador por compressão

tos por *condensação interior*, o vapor, vindo do cilindro, do distribuidor ou do tubo condutor, (figs. 210 e 211), condensa-se dentro do reservatório do copo e cai no fundo deste; o óleo mais leve conserva-se na parte superior e vai gôta a gôta sendo expulso pela água. Uma torneira permite regular a entrada de vapor condensado, e, portanto, a quantidade de óleo expulso. Quando esses lubrificado-

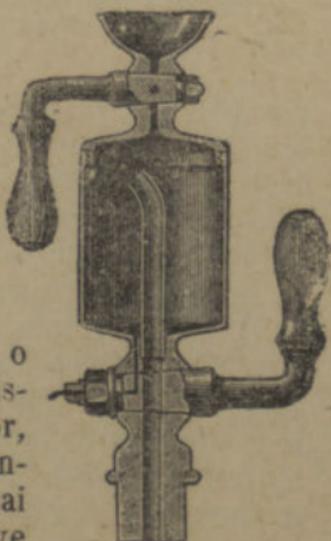


Fig. 210 — Copo lubrificador por condensação interior

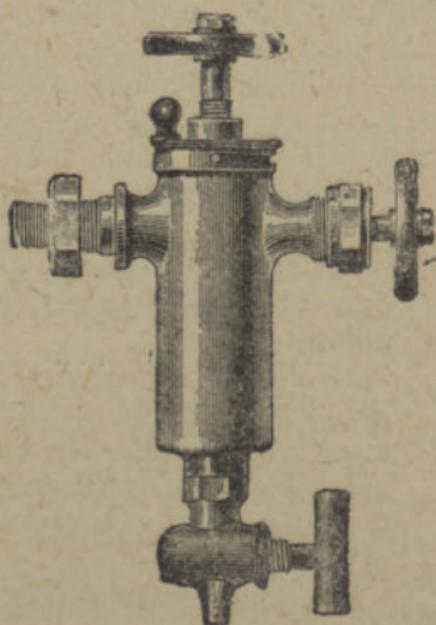


Fig. 211 — Copo lubrificador por condensação interior

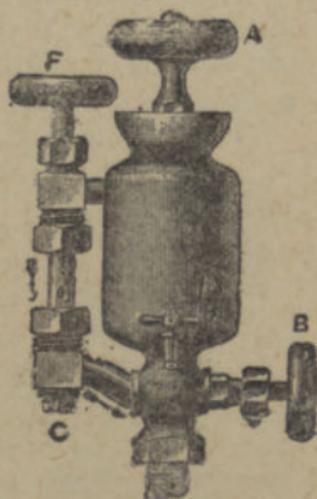


Fig. 212 — Copo lubrificador de gota visível

res têm um tubo de cristal, (fig. 212), que é atravessado pelo óleo, o que permite regular a sua despesa, dizem-se de *gota visível*. Quando, (fig. 213), o vapor vindo do tubo condutor por M, se condensa na serpentina H, e pela válvula C, entra no copo onde expulsa o óleo através da válvula F, tubo E e torneira K, por onde entra no tubo condutor e se mistura com o vapor, chamam-se-lhes *lubrificadores por condensação exterior*.

Emprega-se frequentemente, nas máquinas grandes, um tipo de copos em



Fig. 213 — Copo lubrificador por condensação exterior

que tanto a compressão como a saída do óleo, são reguladas pela própria máquina. Esses *aparelhos mecânicos de lubrificação*, (fig. 214), são formados por um reservatório cilíndrico que se enche de óleo, o qual é

comprimido para o cilindro ou distribuidor por um êmbolo que recebe movimento da própria máquina.

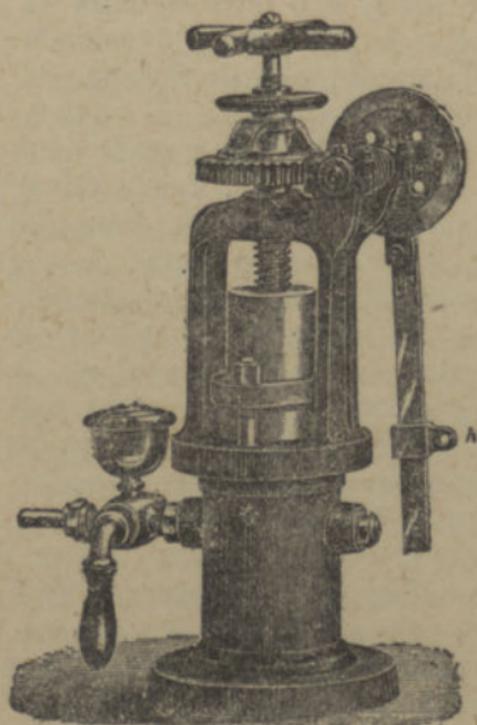


Fig. 214 — Lubrificador mecânico

As condições a que devem satisfazer os lubrificantes para lubrificação interna, são as seguintes:

1.^a — Diminuir, quanto possível, o atrito:

2.^a — Essa diminuição de atrito deve ser persistente, sem que o ar possa tornar menor a propriedade lubrificante;

3.^a — Não devem exercer nenhuma ac-

ção química sobre os corpos a que são aplicados.

4.^a — Devem possuir uma certa resistência e viscosidade, de maneira que não sejam expelidos por um movimento rápido, ou por grande pressão das superfícies em contacto.

Entre os processos empregados para o exame destas propriedades, vamos indicar alguns, que nos parecem mais fáceis de executar.

Os óleos mais empregados na lubrificação, são:

O *azeite*, cuja densidade a 15°, é 0,917.

Óleo de colza. — A sua densidade a 15° é cêrca de 0,914 a 0,916. Falsifica-se muitas vezes, com óleo de resina, azeite de peixe ou sebo, e mais raramente com óleo de linhaça. Com densidade inferior à do óleo de colza da Europa, há só três óleos comerciais. O óleo mineral, gorduras (*oleina*) e o óleo de colza da Índia; portanto, o óleo que a 15° tiver a densidade de 0,914 a 0,916, ou é óleo de colza da Europa, ou algum dos três indicados. Para verificar se é puro, junta-se-lhe uma gôta de ácido sulfúrico, e sendo óleo de colza, saponificar-se-á por completo. Tendo óleos minerais, o óleo de colza saponificará e os óleos de proveniência mineral depositar-se-ão no fundo.

Os óleos minerais, provenientes da destilação do petróleo, são os que melhor satisfazem aos requisitos de um bom óleo para lubrificação interna e, por isso, o seu emprêgo é quasi geral, sendo regulamentar nas máquinas marítimas e em companhias de caminhos de ferro. As condições, a que devem satisfazer, são:

Densidade. — Medida, a 15° de temperatura, deverá ser 0,890 a 0,915.

Viscosidade. — Só se pode apreciar por meio de aparelhos especiais. Deminui com a elevação de temperatura e, por isso, é conveniente que o óleo seja pouco fluido à temperatura ordinária.

Persistência da acção lubrificante. — Em uma chapa de ferro de 1^m,80 de comprimento, abrem-se tantos sulcos no sentido do comprimento quantas as amostras de óleo a experimentar. Levanta-se um dos extremos da chapa de 30^{mm} acima do extremo oposto, e deita-se em cada sulco uma gôta de óleo, que ficará assim exposto à acção do ferro e do ar.

O óleo que, no fim de oito dias, estiver mais afastado do lugar em que foi deitado sôbre a chapa, é o que melhor satisfaz aquela condição.

Matérias voláteis. — Obtêm-se indicações determinando a temperatura a que o óleo começa a emitir vapores, etc. Essas temperaturas deverão ser:

Aparecimento de vapor a 205°, inflamação dos gases 260°, ebulição 315°.

Solidificação. — O bom óleo deve ser bastante fluido a 0°, ter a consistência de massa espessa entre — 2° e — 10° e só se solidificar entre 10° e — 22°.

O bom óleo mineral não deverá conter:

Ácidos inorgânicos. — Mistura-se um pequeno volume de óleo com igual volume de álcool a 90°, agita-se, separa-se e filtra-se. No álcool ficam dissolvidos os ácidos que o óleo possa conter. Mergulha-se-lhe então o papel de Tornesol, que tomará uma coloração avermelhada se realmente houver ácidos.

Ácidos orgânicos. — Mergulha-se durante bastante tempo no óleo metade de uma chapa de cobre previamente pesada em uma balança bastante sensível ficando a outra metade ao ar livre. Observa-se depois a colocação e pêso da chapa.

Sendo óleo de colza, de linhaça espermaceti, figado de bacalhau ou óleos comuns de foca ou de peixe, a chapa conservará todo o seu brilho, mas ter-se-á dissolvido bastante, pesando portanto menos.

Sendo óleo mineral, não terá acção dissolvente sobre o cobre, mas dar-lhe-á uma côr acizentada.

Matérias muceliginosas. — Agita-se uma porção de óleo com água e deixa-se em seguida depositar. Se a água ficar turva é porque o óleo contém dessas matérias em suspensão

Não sendo possível para a escolha do óleo empregar estes processos, empregar-se-á o seguinte:

Unta-se com o óleo que se quer experimentar uma chapa de latão, sobre a qual se aplica o ferro de soldar tentando estanhá-la.

Se o óleo contiver ácidos gordos, ou substâncias orgânicas que se decomponham em ácidos gordos, o estanho aderirá à chapa e nesse caso o óleo não deverá ser empregado na lubrificação interna.

CAPÍTULO IX

Disposições características de alguns tipos de máquinas alternativas mais empregados

Tendo em vista a velocidade angular do veio motor, classificam-se algumas vezes as máquinas em *máquinas de pequena velocidade*, quando o número de rotações do veio não excede 90; *velocidade média*, quando esse número está compreendido entre 80 e 160; *grande velocidade*, quando aquele número de rotações é excedido.

Máquinas fixas

A primeira máquina de vapor foi a máquina de balanceteiro, com um ou mais cilindros, transmitindo movimento a um veio motor ou directamente do balanceteiro às hastes das bombas, quando servindo para esgôto de minas, primeiro emprêgo das máquinas de vapor. A velocidade dessas máquinas não excedia 40 a 50 rotações por minuto e a distribuição do vapor fazia-se por meio de válvulas de concha.

Hoje estes tipos de máquinas estão postos de parte, salvo casos especiais, como máquinas para elevação de água, esgôto de poços, etc., sendo bastante vulgar a substituição da distribuição por válvulas de concha, pela distribuição Corliss,

A máquina horizontal, mais simples e barata, substituiu a máquina de balanceiro, empregando-se como mais vantajosa até à potência de 300 cavalos a máquina monocilíndrica.

De 300 cavalos para cima encontram-se tôdas as combinações realisáveis com as máquinas Compound, triplice e quádrupla expansão, adoptando-se não sómente a disposição em que cada cilindro actua sôbre uma manivela, mas também os grupos de cilindros em tândem.

As máquinas horizontais por sua vez cederam o seu lugar às máquinas verticais, cujo emprêgo se tem generalizado, principalmente em máquinas de triplice e quádrupla expansão, sendo a combinação de grupos de cilindros mais usada a de dois grupos em tândem.

Também as máquinas de pequena e média velocidade foram substituídas pelas de grande velocidade que em igualdade de potência são menos volumosas, mais baratas e económicas.

Nestas máquinas empregam-se, principalmente em

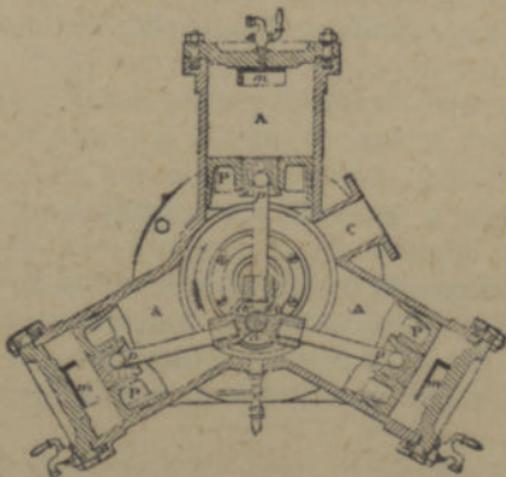


Fig. 215 — Máquina Brotherhood

motores de dinamos, bombas centrífugas, etc., uma disposição denominada *de simples efeito*, em que o

vapor actua sómente por um dos lados do êmbolo. A haste do êmbolo, (fig. 215), é então substituída por um tronco, P. O tirante articula em *p*, a meio do corpo do êmbolo P, e o tronco serve de guia ao movimento. Em alguns tipos os cilindros, em número variável (pois nêle se encontram máquinas monocilíndricas, Compound e Woolf), estão dispostos umas vezes por cima do veio, outras vezes uns sôbre o veio e outros por baixo dêle; outras ainda, estão em um plâno perpendicular ao eixo do veio motor, fazendo entre si ângulos de 120° , como por exemplo na *máquina Brotherhood*, (fig. 215).

A vantagem das máquinas de simples efeito está em se suprimirem os choques resultantes da mudança de direcção dos esforços transmitidos à manivela.

As manivelas destas máquinas estão ordinariamente encerradas em caixas fechadas, cheias de óleo lubrificante.

Locomóveis

Êste tipo de máquina é bastante vulgar, tendo conservado a sua primitiva disposição, sem alterações importantes.

A caldeira tipo locomotiva está, como já dissemos, montada sôbre rodas. O motor é formado por uma máquina horizontal monocilíndrica ou *Compound*, com descarga para a atmosfera, e ordinariamente com corredeira de Stephenson para mudança de marcha.

Quando o veio motor pode, por meio de engrenagens ou de correntes sem fim, transmitir o seu movimento às rodas e, portanto, a locomóvel deslocar-se empregando os seus próprios recursos, denomina-se *Caminheira*.

Máquinas semifixas

Assemelham-se bastante às locomóveis, diferindo apenas em não estarem montadas sobre rodas. Algumas vezes a máquina, em vez de estar montada sobre a caldeira, está por baixo desta; no mais, as suas disposições são idênticas.

A força de uma locomóvel ou semifixa não excede, em geral, 60 cavalos, pela dificuldade de lhe construir uma caldeira com dimensões suficientes para a necessária produção de vapor para uma máquina de maior potência.

Para pequenas potências, a caldeira tipo locomotiva é muitas vezes substituída por uma caldeira vertical, servindo de suporte ao motor, ordinariamente monocilíndrico. Essas semifixas designam-se, então, por *máquinas portáteis*.

Nos guindastes, guinchos, pontes girantes e outros aparelhos semelhantes, empregam-se geralmente dois cilindros com duas manivelas a 90°. Havendo vários movimentos e esforços a produzir, ou se emprega um só motor para cada movimento, o que é raro, ou dispõe-se sobre o veio motor uma série de engrenagens e engates que, convenientemente manobrados, permitem obter-se o fim desejado.

Locomotivas

A máquina locomotiva é uma máquina de alta pressão, sem condensação, permitindo grandes variações de potência e velocidade.

O motor pode estar montado entre as rodas ou por fora delas.

Empregam-se motores com dois cilindros iguais, duas manivelas a 90°, máquinas *Compound* com três cilindros, desdobrando-se o cilindro de alta ou de baixa pressão em dois, segundo o construtor; nas

locomotivas mais recentes, empregam-se máquinas *Compound* com quatro cilindros, resultantes do desdobramento de cada um dos de alta e baixa pressão, em dois, actuando os quatro sôbre o mesmo eixo, ou cada grupo formado por um de alta e outro de baixa pressão sôbre o seu eixo.

O veio motor em poucas locomotivas tem movimento independente. Na maioria dos casos empregam-se os *eixos conjugados*, o que se obtem montando em cada roda um munhão, formando-se assim em cada eixo uma manivela, à qual vai articular um grande tirante denominado *tirante de conjugação*.

O mesmo tirante articula com todos os eixos conjugados, cujo número varia de dois a cinco, segundo os casos.

A distribuição é feita por válvulas de concha, e a mudança de marcha por meio da corrediça de Stephenson, sendo também bastante empregadas quaisquer das outras de Allan, Gooch, Walschaest, e muito raramente o sistema Joy.

Empregam-se nêstes motores os condensadores de pressão nas válvulas distribuidoras.

As condições especiais do funcionamento das locomotivas, expostas a todo o tempo, a mudanças rápidas de regime pela variedade de esforços que se lhe pedem, a paragens bruscas, etc., exigem uma grande solidez junto à grande simplicidade, por forma a tornar-se muito rara qualquer avaria, e quando ela se produza que a sua reparação seja extremamente fácil. É por isso que grande número de aperfeiçoamentos não têm sido adoptados nas locomotivas, porque nêste tipo de máquinas, um aperfeiçoamento de detalhe, por mais engenhoso que seja, não pode ser considerado como prático se a economia de combustível resultante do seu emprêgo fôr prejudicada pelo aumento de despesa na conservação do aparelho, ou pela multiplicidade ou dificuldade de reparação das avarias.

Máquinas marítimas

É nesta classe de máquinas que se encontra maior número de variedades.

Assim, nos barcos de rodas, hoje somente empregados no serviço fluvial e para pequenas travessias no mar, se vêem as máquinas de balanceiro directo ou invertido, as máquinas de cilindro oscilante, as máquinas de tirante directo, horizontais, verticais ou inclinadas.

Nos motores dos barcos em que o propulsor é o hélice, também a variedade é enorme. Hoje porém, é mais uniforme o tipo empregado, pois na grande maioria dos barcos mais modernos, quer da marinha de guerra, quer mercante, encontram-se as *máquinas de pilão*, denominação das máquinas verticais em que os cilindros estão montados por cima do veio.

Também com referência à pressão do vapor, se empregam todos os tipos, mas nos navios maiores está adoptada a máquina de alta pressão, caldeiras cilíndricas ou aquitubulares, máquinas de triplice expansão e algumas vezes de quádrupla, condensação por superfície.

As máquinas marítimas têm que satisfazer a condições especiais, como sejam: queimar a menor quantidade possível de carvão por cavalo-hora, serem muito leves e ocuparem pouco espaço, tendo ao mesmo tempo bastante solidez para poderem funcionar de uma maneira regular e contínua, durante um grande espaço de tempo, que se pode elevar a semanas seguidas.

Na marinha mercante exigem-se máquinas em que a potência se exerça sempre com a mesma intensidade, ao contrário da marinha de guerra, em que é preciso que as máquinas se prestem a grandes variações de potência, resultantes das diferentes velocidades que se exigem aos navios.

Nos grandes navios, para evitar as dimensões exageradas que uma única máquina deveria ter, subdivi-

de-se esta em duas ou três, cada uma actuando sôbre o seu hélice. Sendo-se obrigado, em virtude do espaço de que se dispõe, a multiplicar o número de cilindros, a construção da máquina completamente separada pouco aumenta o custo do aparelho. Além disso, dois hélices dão mais facilidade de evolução e são um precioso recurso no caso de avaria, pois pouco provável é darem-se avarias em todos os grupos motores ao mesmo tempo.

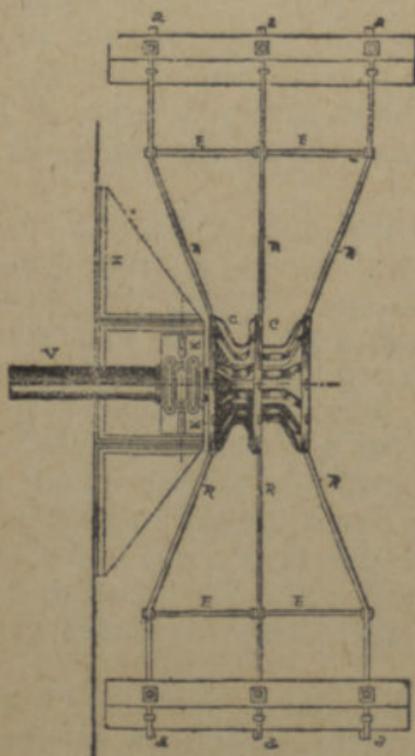
O fim a que se destina a máquina marítima, é produzir um certo trabalho que se utiliza para fazer mover o navio sôbre a água. O aparelho que consome aquêle trabalho, produzndo o andamento do navio, ou por outras palavras, *operador* da máquina marítima, tem o nome especial de *propulsor*.

Os propulsores empregados são as rodas de pás fixas ou articuladas e os hélices.

As rodas instalam-se aos lados do barco ou à pôpa, sendo esta última disposição apenas empregada em casos especiais.

Como já dissemos, as rodas empregam-se quasi exclusivamente na navegação fluvial pelos inconvenientes que oferecem à navegação em mares tormentosos.

Rodas. — Nos extremos do veio motor V, (fig. 216), montam-se os *cubos* C, das rodas. Dêsses cubos saem duas ou mais séries de *raios* R, mantidos nas



216 — Roda de pás fixas

suas respectivas posições relativas por pernos ou parafusos que os ligam ao cubo; o todo é consolidado por vários *esteios e*, e *aros a*. Peças rectangulares de ferro ou madeira, dispostas no extremo oposto dos raios e em um plano paralelo ao eixo do veio motor, formam as *pás* das rodas, que nas rodas de pás fixas se ligam a esses raios. Nas rodas de pás articuladas, (fig. 217), a pá articula pelo meio com os extremos dos raios. Sobre o veio V, está montado um excêntrico, deno-

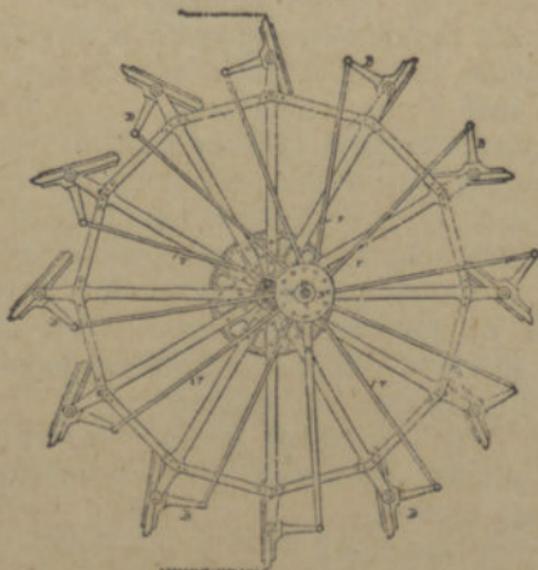


Fig. 217— Roda de pás articuladas

minado *disco das articulações*, M D N, donde partem os *tirantes*, T, articulando no extremo oposto com um braço B, ligado à articulação da pá.

O todo está disposto de forma que as pás entrem e saem da água em um plano, que forma com o do nível do mar um ângulo de 70° ; evitam-se assim os inconvenientes das pás fixas, que não actuam com toda a eficácia senão quando se aproximam da vertical, e sofrem à saída uma contra-pressão, devida à massa de água por elas levantada.

Nem todo o trabalho transmitido às rodas de pás é

por elas utilizado, havendo perdas resultantes dos choques das pás à entrada e à saída da água, da obliquidade das pás, do seu atrito com a água e pela velocidade imprimida à água em sentido inverso ao da marcha.

Denomina-se *avanço* o quanto o navio anda por cada volta da máquina, e *recoo* a relação

$$\frac{\text{circunferência exterior da roda} - \text{o avanço}}{\text{circunferência exterior}}$$

O recoo varia, ordinariamente, entre 0,20 a 0,35, aumentando rapidamente quando a imersão das pás é insuficiente, quando o navio reboca outro e quando encontra mar e vento pela prôa.

Como circunferência exterior da roda, entende-se a circunferência que passa pelo ponto de aplicação da resultante do esforço exercido pela água sobre as pás.

Esse ponto acha-se a $\frac{4}{10}$ da largura da pá.

Hélice. — Hélice geométrica é uma curva traçada em tôrno da superfície de um cilindro, de modo tal que ela se eleva sempre proporcionalmente à distância que a separa da sua origem.

Espira. — É a parte da curva compreendida entre os dois pontos sucessivos em que a mesma geratriz fôr por ela cortada.

Superfície helicoidal. — É a superfície gêrada por uma recta, que se move paralelamente a si mesma, apoiando um dos extremos em uma hélice e o outro no eixo do cilindro.

Se supusermos uma superfície helicoidal formada por uma espira completa, ligada à pôpa do navio, com o seu eixo na direcção da quilha e por forma a mergulhar na água, fazendo girar o eixo, a superfície helicoidal girando também, actuará sobre a água que a cerca da mesma maneira que um parafuso na respectiva porca, e portanto, o navio avançará ou recuará conforme a direcção do movimento.

A experiência demonstrou ser mais proveitoso o em-

prêgo de uma fracção da superficie helicoidal do que a sua superficie completa para a formação do propulsor.

Para formar melhor ideia do que seja um hélice propulsor, imaginemos um parafuso com pouco diâmetro no fundo e grande diâmetro na corôa da rôsca. A êsse parafuso tire-se a quarta parte de uma espira completa, divida-se essa parte em duas, e coloquem-se essas duas partes B. B. (fig. 218), no mesmo plâno, mas em pontos diametralmente opostos de um *núcleo*, A, e teremos um hélice de duas pás.

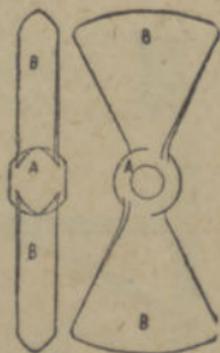


Fig. 218 — Hélice

Assim, definindo o hélice, diremos que é um propulsor composto por um *núcleo* esférico ou cilíndrico, em tórno do qual se fixam simetricamente porções de superficies helicoidais, denominadas *pás* de hélice.

Diâmetro do hélice. — É o diâmetro da circunferência descrita pelos pontos extremos das pás.

Passo. — É o comprimento do eixo correspondente a uma espira completa. A experiênciã mostrou que o passo deve ser aproximadamente igual a vez e meia o diâmetro.

Fracção do passo parcial. — É a relação entre o passo e a distância compreendida entre os dois plânos perpendiculares ao eixo que limitam a pá.

Fracção do passo total. — É a sôma das fracções de passos parciais de tôdas as pás que formam o propulsor.

Hélices de passo constante. — São aqueles em que o ângulo formado pela geratriz e o eixo é sempre o mesmo, o que se reconhece applicando uma régua sôbre a superficie de uma pá; se ela encostar em todo o seu comprimento, o hélice será de passo constante.

Hélice de passo variável, será aquele em que o ângulo formado pela geratriz e o eixo é variável. O fim que se tem em vista com o emprêgo de hélices de passo variável, é conseguir-lhe a entrada na água sem choques.

As faces anteriores das pás, ou faces de marcha a vante, podem ser compostas por várias superfícies helicoidais de passo crescente ou decrescente, ou parte de passo constante e parte de passo variável.

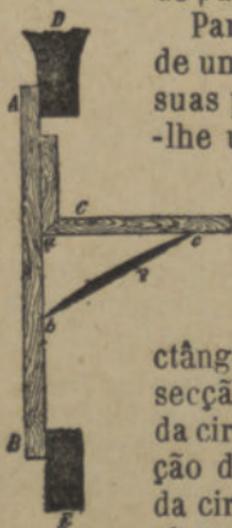


Fig. 219—
Achar o passo
do hélice

Para determinarmos praticamente o passo de um hélice, coloque-se, (fig. 219), uma das suas pás P, em posição vertical, e encoste-se-lhe uma régua A B, colocada no sentido de pôpa à prôa e apoiada ao *cadaste* D, e *contra cadaste* E. Sobre essa régua apoie-se o cepo de um esquadro C, tangente à outra aresta da pá.

Teremos assim um triângulo retângulo *abc*, em que a hipotenusa *bc*, é a secção da pá; o cateto maior *ac*, uma fracção da circunferência; o cateto menor *ab*, a fracção do passo correspondente a essa fracção da circunferência; meçam-se portanto os catetos *ab* e *ac*, e a distância R, compreendida entre o eixo do hélice e o ponto *b* em que a pá toca a régua.

A fracção da circunferência estará para a circunferência total, assim como a fracção do passo está para o passo total, o que se exprime por

$$ac : 2\pi R :: ab : x$$

de onde se tira o valor de *x* igual ao passo do hélice:

$$x = \frac{2\pi R \times ab}{ac}$$

Ex.: Suponhamos que foram achados, $R = 1^m,750$, $ab = 0^m,75$ e $ac = 0^m,60$:

$$x = \frac{2 \times 3,1416 \times 1,75 \times 0,75}{0,60} = 13^m,75$$

Será então o passo aproximado do hélice, $13^m,75$.

Querendo o passo exacto, repete-se a mesma operação em três ou quatro pontos diferentes da mesma pá, e a media dos diferentes valores obtidos para x será o passo exacto.

Como a água cede à pressão das pás, em cada rotação o navio não avançará de um comprimento igual ao passo do hélice, mas sim um pouco menos.

A relação

passo — avanço por rotação

passo

denomina-se *recuo*, e em média está compreendido entre 0,10 a 0,15, conquanto, segundo as condições, possa diferir muito daqueles limites.

Quando, estando o observador fora do navio, à pôpa e voltado para o hélice, a direcção do seu movimento na marcha a vante fôr como a dos ponteiros de um relójo, o hélice diz-se *direito*; quando em sentido contrário, diz-se *esquerdo*.

Em navios de dois hélices, montam-se as máquinas por forma que, funcionando ambas com a mesma direcção de marcha, os movimentos da rotação dos hélices sejam opostos um ao do outro, isto é, o de bombordo será direito e de estibordo será esquerdo.

Os hélices fundem-se em ferro, aço macio, bronze, bronze fosfórico, bronze manganês, ou de uma liga de cobre, zinco e ferro, conhecida por *metal delta*, sendo os que melhores resultados têm dado, os de bronze ou de ligas de bronze com outros metais.

Uma boa disposição de hélice bastante empregada, consiste em serem as pás separadas do núcleo, fixando-se a êste por

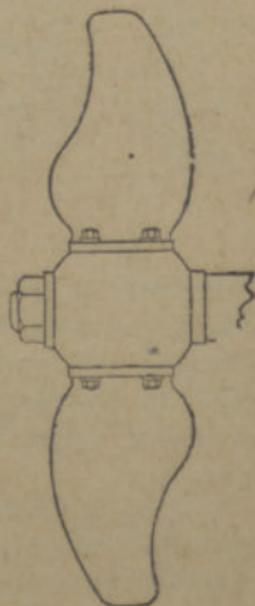


Fig. 220 — Hélice

parafusos ou prisioneiros com porca, contra-porca e troços, como por exemplo no hélice *Griffith*, (fig. 220).

As máquinas destinadas especialmente para a alimentação das caldeiras, e que se designam por *alimentadores*, formam um grupo especial, no qual se encontram vários tipos conhecidos pelos nomes dos seus autores.

Alimentador Thirion, (fig. 221). — Bastante empregado, é formado por um cilindro C, de duplo efeito, sendo a distribuição feita por válvula de concha ou

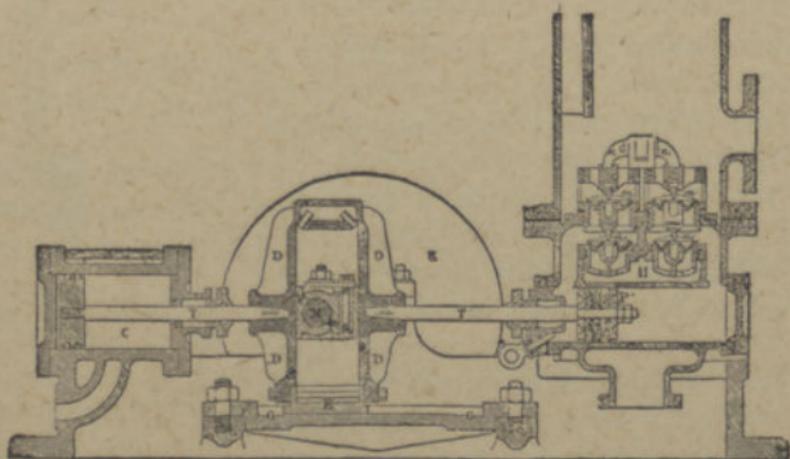


Fig. 221 — Alimentador Thirion

cilíndrica. O pé da haste do êmbolo T, liga-se a uma corrediça recta D, na qual se move um dado F, em direcção perpendicular à da haste do êmbolo. Do outro lado da corrediça liga-se a haste T', da bomba cujo eixo fica, como se vê, no prolongamento do eixo do cilindro.

O dado constitui a chumaceira da manivela M, que lhe está articulada e à qual transmite os esforços exercidos sobre o êmbolo, determinando o movimento de rotação do veio, no extremo do qual um volante de grande massa K regularisa o movimento; sobre esse veio está montado o excêntrico.

A diferença de diâmetros dos dois cilindros determina o excesso de pressão da água sobre a do vapor, preciso para vencer a resistência que aquele lhe opõe à entrada na caldeira.

O alimentador Thirion, que pode ter um só ou dois cilindros a par, funciona como uma máquina a vapor ordinária, nada mais tendo de particular o seu aparelho motor.

Alimentador Belleville, (fig. 222). — As duas hastes do cilindro motor e da bomba, cujos eixos são comuns, estão ligadas directamente uma à outra, fazendo parte

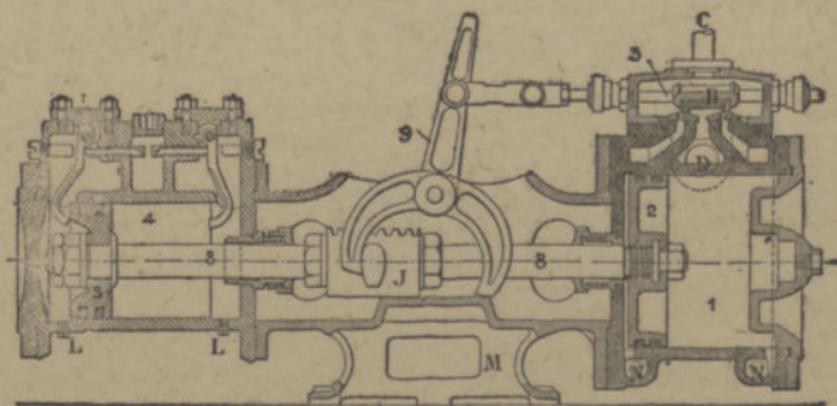


Fig. 222 — Alimentador Belleville

dessa ligação um esbarro J, que encontrando um dos ramos do braço distribuidor, n.º 9, o arrasta num sentido ou no outro, e como o outro ramo do braço, n.º 9, articula com a haste, n.º 3, do distribuidor B, determina a abertura ou encerramento dos canais de admissão.

Côm o fim de diminuir a pressão no corpo da bomba perto do fim do curso, facilitando assim a chegada dos êmbolos a essa posição, estabelece-se a comunicação dos dois lados da bomba por pequenas válvulas conduzidas por linguetes, que se prolongam até dentro do corpo da bomba perto do fim do curso. Movendo-se o êmbolo, n.º 5, comprime a água, e esta fecha a pequena

válvula de comunicação, até que perto do fim do curso, o êmbolo encontrando o linguete, desloca-o, forçando a válvula a abrir-se e estabelecendo a comunicação entre a câmara de compressão e a de aspira-

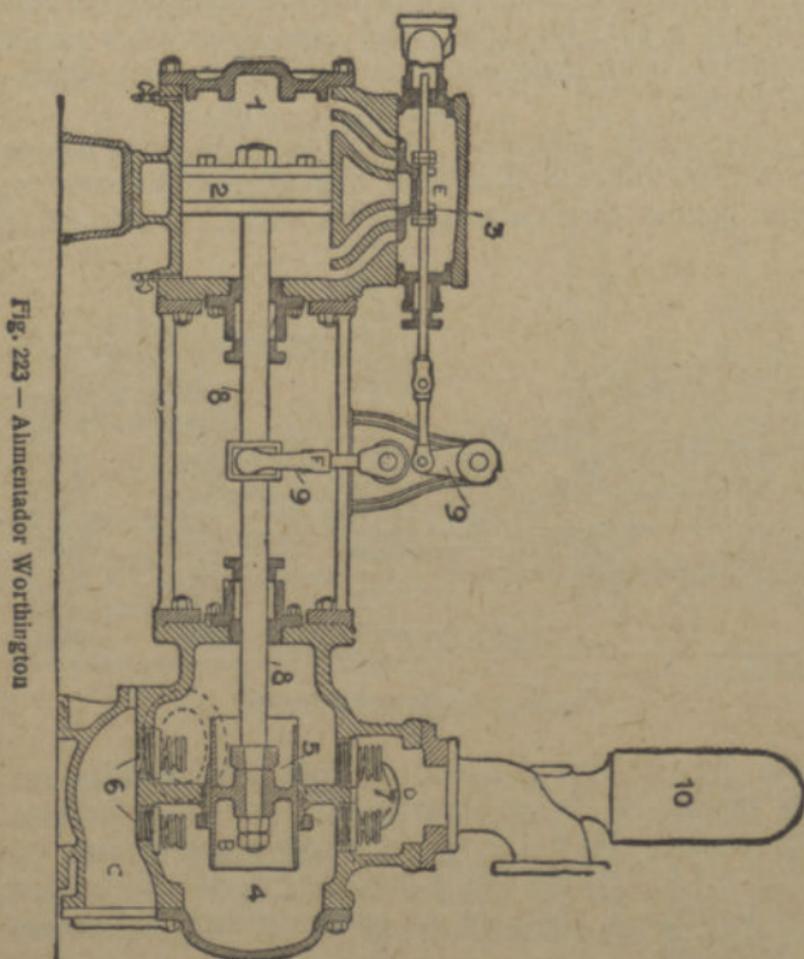


Fig. 223 — Alimentador Worthington

ção do lado oposto do êmbolo; a pressão na bomba diminuirá assim e os êmbolos não terão tanta dificuldade em chegarem ao fim do curso.

Os alimentadores *Worthington*, (fig. 223), bastante usados, são formados por dois grupos de cilindros e bombas, montados paralelamente um ao outro. As

hastes, n.º 8, do cilindro motor e da bomba, estão no prolongamento uma da outra, e formam uma só peça ou estão directamente ligadas.

A particularidade mais notável dêste tipo de alimentadores, está em que é a haste de um dos êmbolos que por intermédio de um braço distribuidor, n.º 9, veio de transmissão e tirante da válvula, conduz o distribuidor E do outro cilindro, distribuidor formado por uma válvula de concha.

A haste do distribuidor que conduz a válvula não está ligada a esta, como ordinariamente se pratica, mas permitindo-lhe uma folga de cêrca de 5^{mm} entre os esbarros, n.º 3, da válvula e da haste.

Para se proceder à regulação dêstes distribuidores executam-se as seguintes operações:

1.º — *Determinar a posição de meio curso dos êmbolos.* Por meio de uma alavanca aplicada em lugar conveniente, faz-se com que o êmbolo chegue a uma das suas posições extremas, marcando-se na respectiva haste um traço junto do bucim. Aplica-se a alavanca em sentido contrário a levar o êmbolo ao extremo oposto; junto do mesmo bucim faz-se outra marca e divide-se ao meio o espaço compreendido entre as duas marcas; leva-se então o êmbolo a uma posição em que a nova marca intermédia encoste ao bucim que nos serviu de referência e fixa-se o êmbolo nessa posição que será a de meio curso.

2.º — *Determinar a posição de meio curso das válvulas distribuidoras.* Encosta-se a válvula distribuidora na respectiva haste esbarro com esbarro, e marca-se um traço na válvula que coincida com outro feito em qualquer parte fixa da caixa do distribuidor; faz-se escorregar a válvula ao longo da haste até chegar a uma nova posição em que se acha encostada ao outro esbarro, e transporta-se o traço feito na válvula para a parte fixa da caixa, para onde já havíamos transportado a primeira posição dêsse traço ou referência.

3.º — Divide-se ao meio o espaço compreendido entre as duas marcas, e corra-se a válvula outra vez ao longo da haste até a respectiva referência vir coincidir com a nova marca intermédia; para que a regulação esteja perfeita, deve a válvula cobrir completamente os canais de admissão de um e outro lado do cilindro, ficando as respectivas barretas ou a parte mais curta da válvula e as arestas exteriores dos canais aresta a aresta.

Alimentador Weir, (fig. 224). — Neste tipo é a haste A do êmbolo que, por intermédio de um braço distribuidor B, transmite movimento a um distribuidor auxiliar que determina e regula o movimento do distribuidor principal.

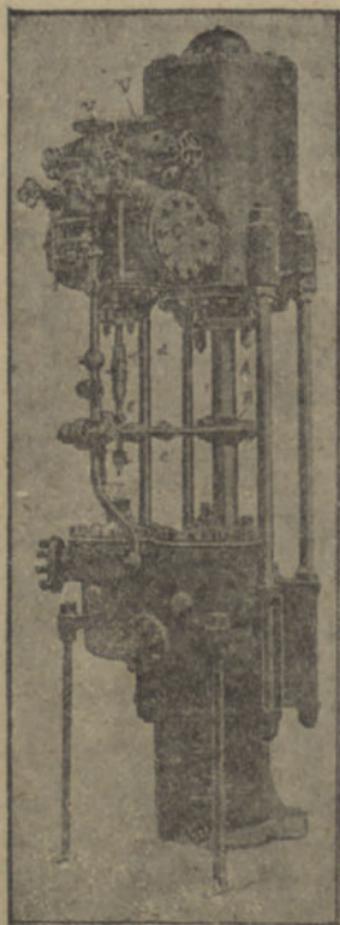


Fig. 224 — Alimentador Weir

O distribuidor é formado por uma caixa cilíndrica C, cujo eixo é perpendicular ao do cilindro. Nos extremos dessa caixa abrem-se os canais de admissão, um de cada lado, e pode deslocar-se um êmbolo sem haste, constituindo o distribuidor principal que actua como uma válvula de concha. Nas costas desta caixa está montado um pequeno distribuidor auxiliar, conduzido pelo braço do distribuidor B; quando o extremo deste braço encontra um dos esbarros *e*, que a haste *a* do distribuidor tem perto do seu extremo, arrasta-a consigo fazendo deslocar a válvula do distribuidor auxiliar, a qual funciona como uma válvula de concha ordinária *a*.

O vapor vindo da caldeira e entrando no distribuidor auxiliar pela válvula *v*, encontra aberto um dos canais de admissão do distribuidor auxiliar que o conduz à caixa do distribuidor principal, cuja válvula é por ele impelida até ao limite do seu curso, deixando livre a entrada do vapor, vindo por *V*, para o cilindro por um dos canais de admissão.

Exercendo aí a sua acção faz mover o êmbolo, até

que perto do fim do curso o braço do distribuidor B, (cujo movimento é conjugado com o do êmbolo) encontrando o esbarro *e*, da haste *a* do distribuidor auxiliar, a arrasta consigo, fechando-se o canal primitivamente aberto e abrindo-se o outro. O vapor precipita-se então por êle, entra na caixa do distribuidor principal e impele a válvula para o lado oposto descobrindo outro canal de admissão e fazendo mover o êmbolo em uma direcção oposta à primeira.

São êstes os tipos mais característicos de alimentadores, havendo todavia muitos outros, modificações mais ou menos felizes dos já descritos.

Em algumas máquinas, principalmente locomotivas, locomóveis e de escaleres a vapor, emprega-se para alimentar as caldeiras um aparelho denominado *injector*, que tem a vantagem de ocupar muito pouco espaço.

O vapor vindo da caldeira, (fig. 225), entra em uma câmara F, por um tubo *nn'*, terminado por um tronco

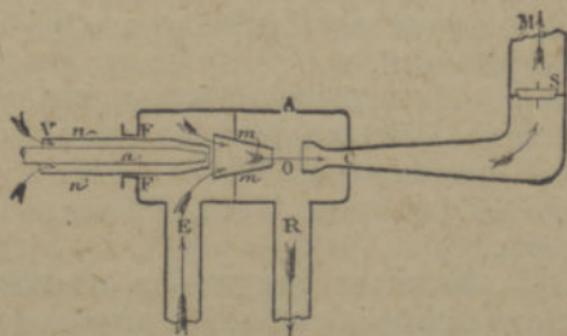


Fig. 225 — Injector Giffard

de cone aberto na parte de menor diâmetro. Dentro dêsse tubo há uma agulha reguladora *a*, aguçada de maneira a adaptar-se-lhe perfeitamente à parte cônica, a qual por intermédio de um manipulo se pode fazer aproximar mais ou menos dessa parte, e portanto interceptar ou regular o jacto anelar de vapor que por êle pode passar; a câmara *F* acha-se em comunicação com o depósito de água pela tubuladura *E*.

Em frente de nn' está o cone de aspiração mm , disposto como o primeiro, mas atravessam a divisória que separa as duas câmaras F e O.

O vapor precipitando-se nessa segunda câmara O, arrasta consigo o ar existente na primeira câmara F, resultando daí uma depressão que permite que a água entre pelo tubo E, comprimida pela pressão atmosférica que actua sôbre ela no respectivo depósito.

A água mistura-se então com o vapor na câmara F, e condensa-o, mas como êle, apesar de condensado, não perde a quantidade de movimento que trazia da caldeira, essa mistura de água e vapor condensado passa por m para a segunda câmara O, precipita-se pelo cone de compressão C atravessando a parte cônica onde a velocidade de que vai animado deminui um pouco, e abrindo a válvula de retenção S, dirige-se para a caldeira.

O excesso de água que não entra pelo cone de compressão C, dirige-se novamente para o depósito pela descarga accidental B.

Há uma grande variedade dêstes aparelhos, sendo o mais antigo o injector Giffard, de que os outros não são mais do que aperfeiçoamentos.

Tais são os injectores Webb, Friedman Gresham, Craveau, etc.

A pressão do vapor que produz o funcionamento de um injector pode ser inferior à pressão da caldeira que se quer alimentar, bastando apenas que a veia líquida produzida vá animada da velocidade precisa para vencer a resistência que a pressão dentro da caldeira lhe opõe à abertura da válvula de alimentação.

O *pulsómetro*, (fig. 226), emprega-se para esgôto de poços, elevação de água para um depósito, etc.

Compõe-se de dois compartimentos $I' I$, em forma de pèra, chamados *câmaras de água*, os quais se reúnem na parte mais estreita que fica voltada para cima.

Uma válvula distribuidora, n.º 2, de charneira ou esférica e convenientemente disposta, permite a en-

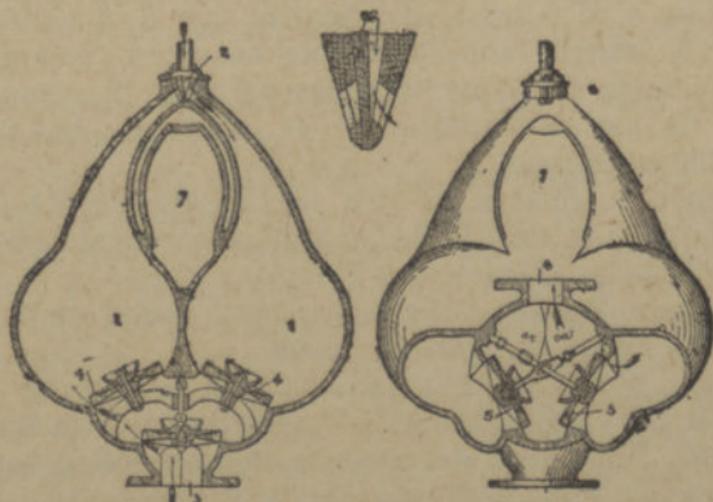


Fig. 226 — Pulsómetro

trada de vapor em uma das câmaras, n.º 1, onde encontrando um espaço muito maior se expande e condensa ao contacto das paredes frias. Como a entrada do vapor é muito apertada, êste não tem tempo para entrar com a precisa abundância para restabelecer o equilibrio de pressão, e a depressão produzida faz com que a válvula oscile para êsse lado, interceptando assim automaticamente a passagem de vapor para essa câmara, ao mesmo tempo que a permite para a outra.

Fica então existindo na câmara que considerávamos uma pressão inferior à pressão atmosférica, e esta, actuando sôbre o nível da água, obriga-a a entrar pelo canal de aspiração n.º 3, e abrir as válvulas de aspiração, n.º 4, existentes na base do aparelho.

Chegado o momento em que a válvula, n.º 2, oscila em tórno do seu eixo, é novamente permitida a entrada do vapor, e êste actuando a plena pressão sôbre a água, faz com que se feche a válvula de aspiração, n.º 4, se abra a de compressão, n.º 5, e a água é obri-

gada a sair por n.º 6 para onde a queremos conduzir. Como se vê, enquanto em uma das câmaras se dá a compressão, está-se fazendo a aspiração na câmara vizinha e vice-versa, de maneira que a compressão se vai fazendo alternadamente nas duas câmaras, e como além disso por fora das válvulas de compressão há um reservatório de ar, produz-se um jacto contínuo de água.

Em cada câmara há uma válvula atmosférica, que permitindo a entrada de uma pequena quantidade de ar atenúa os chóques das válvulas.

O aparelho não deve ser colocado além de 3 a 5 metros acima do nível do liquido.

Para pôr o aparelho a funcionar, começa-se por deitar água nas câmaras de água pelas válvulas atmosféricas, abrindo-se em seguida rapidamente o vapor. Repete-se a operação até que o ar existente no aparelho tenha saído, o que se reconhece pelo bater das válvulas.

Filtros.— Com o fim de tirar à água de alimentação algum óleo lubrificante que por ela venha arrastado para a caldeira, faz-se com que os alimentadores aspirem ou comprimam a água da cisterna através de um aparelho denominado *filtro*.

Há filtros de vários autores, Webster, Watson, Normand, etc. São formados por um vaso fechado ligado com a cisterna e com a bomba de alimentação por tubagem apropriada. A água aspirada ou comprimida pela bomba, é obrigada a atravessar uma camada de esponjas ou uma série de telas filtrantes, onde o óleo fica depositado.

Torneiras especiais permitem isolar o aparelho, sem que a alimentação das caldeiras sofra com isso.

Reconhece-se que o filtro não funciona bem, pela inspecção do manómetro que sobre êle está montado.

Nas máquinas marítimas é preciso substituir a água que se perde, por juntas e empanques em mau esta-

do, etc.; e como se não pode dispôr de grandes reservas de água doce, são necessários aparelhos, que, destilando a água do mar, a tornem em água doce utilizável para consumo das caldeiras. Estes aparelhos são formados por um vaporizador e um refrigerador.

Há grande variedade dêstes aparelhos, Weir, Karn Raynes, Cousin, Oriole, etc.

O *vaporizador* é formado por um reservatório alimentado automaticamente com água do mar. O vapor vindo da caldeira, do reservatório entre média e baixa pressão ou das camisas, vai circular em um feixe tubular formado por tubos de cobre curvados em U ou em serpentina, segundo o sistema, e mergulhados na água do mar. Essa água vaporiza-se, e o vapor produzido vai por tubuladura apropriada condensar-se no condensador principal ou em um *refrigerador*, que não é mais do que um pequeno condensador de superfície, apropriado àquele fim. O vapor, que circula no feixe tubular ou serpentina onde se condensa, passa para a cisterna.

Alguns aparelhos duplos ou triplices são formados por dois ou três vaporizadores, sendo o vapor produzido no primeiro, que vai aquecer e vaporizar a água do mar no segundo, e o vapor que aí se obtém que vai actuar pela mesma forma no terceiro.

Ordinariamente o aparelho é acompanhado por um motor transmitindo movimento a três bombas, destinadas, uma a alimentar os vaporizadores com água do mar, outra a fazer-lhes extracções continuas impedindo o grau de saturação de se elevar além do $\frac{3}{32}$ a $\frac{4}{32}$, e a terceira para aspirar do refrigerador a água destilada e conduzi-la ao seu destino.

Servo motor. — É um motor a vapor disposto de maneira tal, que o efeito exercido sôbre uma alavanca ou manípulo de manobra vá produzir exactamente uma determinada acção resultante do movimento e trabalho do motor

Consegue-se êste resultado empregando uma *válvula diferencial* manobrada pela alavanca ou manipulo de manobra, de maneira que essa válvula vai permitir a entrada do vapor do lado conveniente do cilindro para se obter o movimento no sentido desejado.

Começando a operar-se êsse movimento, por um sistema de alavancas, esbarros, engrenagens, etc., começa êle a reproduzir-se na válvula diferencial, de maneira a ela se mover em sentido contrário, até que intercepta a passagem do vapor e o motor para.

Compreende-se, portanto, que basta regular o curso da válvula de maneira que cada fracção do seu curso transportado para a alavanca de manobra, corresponda ao funcionamento do motor durante um espaço de tempo determinado, para só se produzir o efeito que se pretendia.



PARTE TERCEIRA

CAPÍTULO X

Condução

O primeiro dever do individuo encarregado da condução de uma máquina de vapor, é verificar a disposição dos seus diferentes órgãos, a maneira como eles se manobram, disposição de encanamentos, torneiras e válvulas, colocação e funcionamento dos aparelhos indicadores e de segurança e o regime de funcionamento. Deverá também informar-se do tempo de serviço de todos os aparelhos, quando se efectuaram concertos e quais êles foram, resultados de experiências, enfim, procurar por tôdas as formas bem conhecer a sua máquina.

Não sendo possível proceder imediatamente a uma minuciosa inspecção interna de todos os aparelhos e maquinismos a seu cargo, não deverá perder a oportunidade para o fazer, procedendo com método de forma a tudo ir sendo sucessivamente revistado.

Preparar para acender. Começar-se-á por revistar internamente a caldeira e tendo-se verificado que está convenientemente limpa, que não ficaram lá corpos estranhos, que os vidros do nível estão desobstruídos e limpos e que as torneiras e valvulas não estão pegadas e podem funcionar como devem, fecha-se a caldeira pondo as portas de visita e limpeza, verificando previamente se as respectivas juntas estão em bom estado.

Procede-se em seguida à operação de encher a caldeira, o que pode ser realizado a baldes, empregando bombas de mão ou a vapor, ou por diferença de nível.

No primeiro e segundo caso enche-se a caldeira, por qualquer abertura acima do nível normal, como seja a porta superior de visita. É costume freqüente, quando as válvulas de segurança são bastante acessíveis, desarmar uma delas e colocar na respectiva caixa um funil no qual se deita a água; mas êsse processo deve ser banido pelo inconveniente que oferece de avariar a séde da válvula.

Por compressão pode-se encher a caldeira pelo tubo e válvula de alimentação, ou por meio de uma mangueira que se liga a uma torneira ou válvula do fundo quando há instalação que o permita.

Pelo terceiro processo que só em casos especiais pode ser empregado, como nas máquinas marítimas em que as caldeiras estão abaixo do nível do mar e são cheias com água salgada, locomotivas em que os depósitos de água estão colocados também em nível superior ao de regime da caldeira, etc., basta abrir as válvulas ou torneiras das respectivas canalizações.

Nos últimos processos indicados é indispensável abrir uma saída ao ar existente dentro da caldeira e que vai sendo expulso pela água, o que se consegue aliviando as válvulas de segurança, e abrindo as torneiras de prova e do vidro do nível, fechando estas torneiras à proporção que o nível da água as vai atingindo.

Chegando o nível da água a uma altura um pouco inferior à de regime, fecham-se tôdas as comunicações com o exterior e procede-se à operação de garantir as fornalhas, tendo-se préviamente verificado se as fornalhas, caixas de fogo e de fumo estão como devem, limpas e desobstruídas, se não há qualquer fuga de água pelos tubos, costuras, etc., e se as grelhas estão bem colocadas.

Para se guarnecer, começa-se por dispôr perto da porta da fornalha o carvão, que deve préviamente partir-se em bocados não maiores do que uma laranja, pondo-se de parte o que por muito miúdo cairia imediatamente no cinzeiro.

Com a pá estende-se sôbre tôda a superfície da grelha uma camada de carvão com a espessura aproximada de 12 a 13 centímetros, excepto à porta, em que essa camada deve ser um pouco menos espessa. Atravessa-se então à porta e sôbre o carvão uma acha de lenha; e sôbre ela no sentido do comprimento da fornalha coloca-se mais lenha sôbre a qual se dispõe outra ligeira camada de carvão miúdo, limpando-se em seguida o cinzeiro. Abre-se uma porção de estopa, aparas, etc., sendo preferível a estopa que serviu para limpeza da máquina e por isso está embebida em azeite ou outro óleo. Isto feito e verificado que as portas da caixa de fumo estão bem fechadas, as plumas da chaminé aliviadas para lhe permitirem a livre dilatação, as válvulas de passagem fechadas sem todavia estarem muito apertadas sôbre as sédes, e as válvulas de segurança aliviadas ou aberta a torneira de saída do ar (nas caldeiras que a têm), a caldeira está pronta a acender.

Acender

Na ocasião de acender verifica-se se os cinzeiros estão fechados, coloca-se a estopa ou desperdícios à entrada da fornalha junto à lenha, e lança-se-lhe fogo conservando a porta da fornalha entreaberta. Se se verifica que há falta de tiragem, abre-se uma das portas da caixa de fumo e coloca-se nesta uma porção de estopa, aparas, etc., embebidas em petróleo, azeite ou água-rás, e lançando-se-lhe fogo e fechando-se em seguida a porta, o que basta para produzir a tiragem necessária. Se a entrada de ar fôr em excesso, o que se reconhece pelo ruído especial que produz a sua pas-

sagem através da grelha, é porque a camada de carvão não está bem disposta, bastando portanto dispô-la melhor, deitando-o onde êle falta ou distribuindo-o com o rôdo.

Tendo-se o fogo comunicado à lenha e desta ao carvão, fecham-se as portas das fornalhas e entreabrem-se as dos cinzeiros, estendendo-se com o rôdo o carvão em ignição sôbre tôda a fornalha, lançando-se sôbre êle mais carvão e regulando-se a actividade dos fogos de maneira a conseguir-se que a água entre em ebulição e se atinja a pressão precisa em um espaço de tempo variável com o tipo da caldeira.

Há tôda a conveniência em que êsse espaço de tempo seja o mais demorado possível, para que o aquecimento da água e das chapas da caldeira se vá operando lenta, metódica e igualmente por tôda a massa, evitando-se assim as dilatações desiguais que fatigam as cravações, podendo ser causa de sérias avarias.

Nas caldeiras aquitubulares, de baixa pressão, e em pequenas caldeiras, o espaço de tempo entre acender e atingir-se a pressão do regime, está em geral compreendido entre 2 e 3 horas, estando a água completamente fria. Nas caldeiras de média pressão e de grande volume, deve êsse espaço de tempo elevar-se a 4 ou 6 horas. Finalmente nas caldeiras cilíndricas de aço, para altas pressões, êsse espaço de tempo elevar-se-á ainda mais, devendo acender-se entre 18 e 24 horas antes da hora a que se deve ter pressão.

Nestas caldeiras empregam-se muitas vezes, como já tivemos ocasião de dizer, os circuladores que se devem pôr a funcionar antes da caldeira acender, ou o mais tardar quando se procede a essa operação; no primeiro caso basta acender quando a temperatura da água estiver entre 50° e 60°, e havendo três fornalhas por caldeira basta acender a central, acendendo-se as laterais quando essa temperatura se eleva a 100°. Começando a haver pressão pode-se fechar o circulador.

Sendo a caldeira munida de agitador, põe-se este a funcionar logo que se acende, conservando-se assim até que haja pressão.

Os intervalos de tempo acima indicados nada têm de absolutos, podendo ser muito mais breves; deve todavia atender-se, que é de toda a conveniência, para melhor conservação do material, alonga-los o mais possível, e só se abreviarem em caso de absoluta necessidade.

Depois das válvulas de segurança ou torneira de ar da caldeira estarem algum tempo a descarregar vapor, reconhecendo-se portanto que todo o ar que existia na caldeira foi expulso, fecham-se essas válvulas ou torneiras.

As ferramentas necessárias para a condução de fogo são: a *pá*, o *rôdo*, a *alavanca*, a *picadeira* e o *gancho*.

A *pá*, que toda a gente conhece, emprega-se exclusivamente para levantar o carvão do pavimento e lançá-lo na fornalha, devendo nesse serviço empregar-se a pá quadrada, reservando a de bico para condução e arrumação do carvão nos respectivos paióis ou depósitos.

A *picadeira* é uma pequena lança de ferro fazendo ângulo recto com a respectiva haste, cujo comprimento deverá ser um pouco superior ao da fornalha. As picadeiras podem formar com a haste uma só peça, ou fixarem-se à haste por uma chaveta. Apoiando a haste sobre um travessão para esse fim montado no cinzeiro, introduz-se a picadeira entre as grelhas, e correndo-a entre elas, faz-se com que caia no cinzeiro a cinza e jorra miúda que impede a entrada do ar através do combustível.

A *alavanca* é um sólido varão de ferro espatilhado na ponta, tendo o comprimento preciso para chegar ao fim da grelha e que serve para introduzir entre a grelha e a jorra que por ela é levantada e partida.

O *rôdo* é formado por uma chapa fixada perpendicularmente a uma haste e serve para remexer o fogo

na fornalha, conduzindo-o da portã para o muro e vice-versa.

O *gancho* é também formado por uma haste bifurcada na ponta e com os dois ramos virados em ângulo recto. Serve para o mesmo que o rôdo, não partindo tanto o carvão.

Ordinariamente há ainda nas casas de caldeiras uma *marreta* para partir carvão, um *balde* ou outra vasilha destinada a medi-lo, e uma *tenaz* bastante comprida para auxiliar a substituição de qualquer grelha.

Preparar a máquina

Emquanto se acende *prepara-se a máquina para funcionar*, para o que se lhe passa uma minuciosa revista para vêr se tudo está em ordem, as torcidas prontas a meter nos respectivos copos e êstes convenientemente limpos, os manípulos, chaves e mais ferramentas nos respectivos lugares, e isso verificado, vira-se a máquina à mão para ver se nada há que impeça o seu movimento, depois do que se desarma o aparelho virador.

Havendo na caldeira pressão suficiente, *aquece-se a máquina*. Para isso abrem-se, cêrca de meia volta, as válvulas de passagem das caldeiras, experimentam-se os alimentadores e outras máquinas auxiliares, abrem-se as válvulas para poder funcionar a bomba de circulação e põe-se esta a trabalhar, verificando-se se a descarga accidental da cisterna nada tem que lhe impeça o funcionamento.

Abrem-se a ficar as diferentes válvulas interceptoras do tubo condutor de vapor, o vapor para as camisas e ligeiramente a válvula de garganta ou a válvula auxiliar de garganta, se esta existe, tendo-se tido préviamente o cuidado de abrir as purgas.

Começa-se então a fazer variar a posição do aparelho de marcha, levando-o, sucessivamente, às suas

posições extremas, e caso haja disposição apropriada, esgota-se o fundo da bomba de ar para esta não estar sobrecarregada quando começar a funcionar.

Estando a máquina suficientemente aquecida para que o vapor vindo das caldeiras não arrefeça e se condense junto das paredes dos diferentes órgãos com os quais está em contacto, *experimenta-se a máquina.*

Para isso abrem-se mais as válvulas de passagem, e deixando ficar o aparelho de marcha em uma das suas posições extremas, abre-se a válvula da garganta, tendo-se posto as torcidas e guarnecido e aberto os conta-gotas dos copos de lubrificação. Se a máquina se nega a andar verifica-se rapidamente a posição das manivelas, deduzindo-se daí a forma como se hão de manobrar as válvulas auxiliares de marcha, de maneira que estas permitam a passagem do vapor para o lugar onde é preciso que a sua acção se vá exercer, tendo todo o cuidado em observar os manómetros para que nêsse lugar a pressão não exceda uns certos limites e ao mesmo tempo que essa acção se não exerça em sentido contrário, sobrecarregando a máquina de vapor, o que se traduz por um aumento da contra-pressão que mais dificultará em seguida o seu movimento.

Tendo a máquina andado meia volta, inverte-se a direcção da marcha manobrando o respectivo aparelho, e repetem-se as mesmas manobras até se obterem resultados idênticos. Repetem-se várias vezes estas operações denominadas *balancear a máquina*, depois do que se deixa dar várias voltas seguidas em um e outro sentido e, verificado que tudo funciona bem, *a máquina estará pronta a funcionar.*

Pôr a máquina em andamento

Activam-se os fogos, abrindo as portas dos cinzeiros, abrem-se na conta a ficar as válvulas de passagem da caldeira e na ocasião precisa põe-se a má-

quina a funcionar na direcção desejada. Verificado que o vácuo no condensador começa a produzir-se e que não há choques nos cilindros que indiquem aí a presença de água, fecham-se as torneiras de purga, regulam-se as aberturas das válvulas de passagem de vapor para as camisas, para que aí as pressões se mantenham nos limites desejados, e regula-se a entrada de água de circulação no condensador, para que a água de condensação ao sair da bomba de ar tenha uma temperatura entre 40° e 50°.

Se a máquina fôr de condensação por mistura, é necessário antes de experimentar:

1.º Deixar entrar uma pequena porção de água para que o calor não inutilise as válvulas de aspiração da bomba de ar.

2.º Purgar o condensador, para o que se deixará encher completamente de vapor e abrindo depois a válvula ou torneira de injeção, condensar êsse vapor, o que traz como consequência uma diminuição de pressão no condensador, ou seja uma menor contra-pressão sobre o êmbolo de baixa pressão.

Posta a máquina em movimento, vai-se-lhe aumentando a velocidade a pouco e pouco até se chegar ao regime desejado, regulando ao mesmo tempo a lubrificação, a abertura das válvulas atmosféricas por forma a atenuar os choques nas bombas, apalpando as chumaceiras e outras peças em movimento a vê se aquecem, apertando algumas juntas ou buçins que não estejam perfeitamente estanques, enfim fazendo tudo o necessário para que a máquina continue funcionando com a máxima regularidade, segurança e economia.

Condução das caldeiras com a máquina a funcionar

Logo que da caldeira começa a sair vapor para funcionamento de qualquer aparelho, deve pôr-se a

trabalhar o respectivo alimentador, regulando a abertura da válvula de alimentação de maneira a manter sensivelmente constante o nível de regime das caldeiras, ordinariamente entre $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de altura do vidro, e regula-se a actividade dos fogos por forma a conservar-se sem variações sensíveis a pressão de regime.

Para a condução dos fogos devem observar-se as seguintes disposições:

Manterem-se sempre limpos os cinzeiros, facilitando-se assim a entrada de ar que deve ser regulada pela conveniente abertura das portas dos cinzeiros, do registo da chaminé ou pela marcha da ventoinha da tiragem forçada.

Desobstruir com frequência os intervalos entre as grelhas, da cinza e jôrra, empregando a picadeira.

Abrir as fornalhas o menor número de vezes possível e de cada vez apenas o tempo indispensável.

Ir substituindo o carvão que vai ardendo por carvão verde, regulando isto de maneira que o consumo seja o mais resumido possível, mantendo-se sobre toda a grelha uma camada igual de carvão, sem que haja espaço algum a descoberto.

Para se proceder a essa operação que se denomina *carregar a fornalha*, o carvão deve ser lançado somente nos lugares em que é preciso e não cobrindo completamente o carvão em ignição com carvão verde. Tendo a caldeira duas fornalhas, deve carregar-se uma fornalha, e só depois de algum tempo quando se reconheça que o carvão dessa carga já arde, isto é, que essa fornalha está de novo em completa actividade, é que se deve guarnecer a outra. Havendo muitas fornalhas em uma só caldeira ou em muitas caldeiras, e supondo todas numeradas em cada caldeira, devem carregar-se seguidamente todas as fornalhas número 1, quando essas estejam em actividade, as número 2 e assim sucessivamente.

Em conclusão, é sempre prejudicial estar mais do

que uma fornalha aberta só em uma ou em várias caldeiras, e não se deve carregar uma fornalha sem que as outras fornalhas da mesma caldeira estejam bem activas.

Nas máquinas marítimas de certa importância regula-se esta operação de maneira a obter-se o *aquecimento metódico*, para o que se calcula antecipadamente o intervalo de tempo que deve mediar entre cada duas cargas da mesma fornalha, e de que quantidade de combustível deve ser formada cada carga, obtendo-se assim a maior regularidade junto à maior economia.

Reconhece-se que uma fornalha precisa de ser carregada, quando a altura da camada do combustível está reduzida a uma quarta parte da primitiva. Também é indicação de ser necessário carregar a fornalha, o verem-se nos cinzeiros manchas mais sombrias.

O cinzeiro todo escuro não indica somente a falta de carvão, pois também pode indicar que a grelha está muito obstruída pela jorra que a pouco e pouco se vai formando, tornando necessária limpeza de cada fornalha em períodos de tempo compreendidos entre 8 a 12 horas.

Para se *limpar uma fornalha*, trabalho que se deve executar rapidamente, começa-se por activar o fogo nas outras fornalhas é baixar um pouco naquela em que se quer levar a efeito essa operação. Põe-se ao alcance a quantidade de carvão preciso para a guarnecer de novo, a água para apagar a jorra e as cinzas, e as ferramentas precisas, que são o rôdo, a alavanca e a pá. Fecha-se o registo, abre-se a porta da fornalha, e com o rôdo ou a alavanca chega-se o carvão para um dos lados, deixando metade da grelha a descoberto. Com a alavanca levanta-se a jorra que cobre essa metade da grelha a qual se tira para fora da fornalha com o rôdo; com a alavanca ou rôdo faz-se com que todo o fogo passe para a parte já limpa, e se este é escasso guarnece-se ligeiramente, depois do que se limpa a outra

metade da fornalha. Estende-se em seguida o carvão em ignição por tóda a grelha, carrega-se a fornalha, fecha-se-lhe a porta, abre-se o registo e limpa-se o cinzeiro. Apagam-se e removem-se as cinzas da frente dos cinzeiros, e, pouco a pouco, vão-se introduzindo novas cargas de carvão até a fornalha estar novamente em plena actividade.

Quando se molham as cinzas e a jôrra, é necessário afastá-las da caldeira para esta se não molhar; e para que os homens que executam êsse serviço se não queimem, é prudente conservarem-se a distância, deitando a água a pouco e pouco e não em grandes porções. O melhor processo consiste em lançar a água através de um ralo com furos estreitos colocado em um regador ou em uma agulheta.

Sendo necessário *activar os fogos*, abrem-se completamente os registos e as portas dos cinzeiros, passa-se a picadeira entre as grelhas para as limpar, limpam-se os cinzeiros e torna-se igual a camada de carvão sôbre a grelha enchendo bem as covas.

Se pelo contrário é preciso *moderar o fogo*, basta fechar o registo e os cinzeiros e deixar arder o carvão que está na fornalha sem introduzir novas cargas senão quando o fogo está muito baixo.

Subindo a pressão na caldeira é porque se produziram algumas das seguintes causas:

A máquina deminuir de velocidade, a combustão ser mais activa quer por aumento de tiragem, quer por melhor trabalho do fogueiro, e finalmente porque as bombas de alimentação não funcionam.

Se pelo contrário a pressão descer, é porque houve aumento de velocidade da máquina, porta da fornalha muito tempo aberta, combustão menos activa por deminuição de tiragem, ou mau trabalho do fogueiro, fornalhas muito sujas, alimentação forçada ou com água muito fria.

Para manter a pressão constante, dever-se-á conduzir o fogo e a máquina com regularidade, verifi-

cando o funcionamento das bombas de alimentação e tomando as necessárias precauções quando haja alguma alteração no regime.

Quando cái uma grelha com a caldeira em actividade, espera-se ordinariamente a ocasião da limpeza para a colocar. Sendo à porta ou havendo uma tenaz apropriada, essa operação não oferece dificuldade nenhuma, bastando com a picadeira ou alavanca abrir entre duas grelhas o intervalo preciso para aí meter a que falta. Sendo em quartelada afastada e não havendo tenaz própria, abre-se o intervalo preciso para a colocar, amarra-se a grelha com fio a qualquer haste comprida e coloca-se assim no seu lugar; chega-se depois o fogo para cima do fio, êste arde e liberta a haste que então se retira.

Sendo necessário aumentar o número de caldeiras em actividade, procede-se com cada uma com os mesmos cuidados com que procedemos anteriormente, devendo ter-se o cuidado de só estabelecer a comunicação entre as caldeiras quando as pressões estiverem iguais, e abrindo as respectivas válvulas a pouco e pouco.

Querendo deminuir o número de caldeiras em actividade, deixa-se baixar o fogo na caldeira ou caldeiras que se retiram, e só quando está bastante baixo se isola a caldeira das outras. Havendo máquinas auxiliares a funcionar, deixam-se durante algum tempo a consumir o vapor só dessa caldeira.

Quando se empregar o regime de tiragem forçada, deve a camada de combustível ser mais espessa, proceder-se com mais rapidez à carga das fornalhas e enquanto se estiver limpando alguma fornalha, interromper para ela aquele regime.

Para se reconhecer se as válvulas de alimentação estão funcionando como devem, escuta-se o ruído característico do seu funcionamento quando cáem sôbre as sédes e apalpa-se o ençanamento, que não deverá estar muito quente; passando por êle a água de ali-

mentação, como esta tem uma temperatura muito inferior à da caldeira, a caixa da válvula e o respectivo tubo devem próximamente ter aquela temperatura.

Se a válvula não funcionar e estiver pegada, força-se um pouco a alimentação dessa caldeira, reduzindo-a para as outras, para que o excesso de pressão sobre a válvula auxilie esta a despegar-se; refresca-se com estôpas ou panos molhados, que se colocam em tórno da caixa e com um maço de madeira dão-se algumas pancadas também na caixa da válvula até a despegar.

Para se reconhecer se a avaria é na bomba de alimentação, abrem-se as válvulas ou torneiras de purga das bombas, e se em cada percurso do êmbolo se vir que a água é por elas expelida com fôrça, a bomba funciona bem; no caso contrário é que a bomba não funciona.

Tentar-se-á fazê-la funcionar tapando com o dedo o orifício de saída dessa torneira ou válvula durante o periodo de aspiração, destapando-o no periodo de compressão. Se não se tira resultado é necessário revistar a bomba, para o que se fecha a comunicação com a cisterna e se lhe tira a tampa da caixa das válvulas.

Se a avaria fôr na bomba de ar, reconhece-se facilmente pela descida do vácuo.

Deve haver o máximo cuidado nas observações dos vidros de nível, pois muitas vezes acontece essas indicações serem erradas.

Para se evitarem as falsas indicações, devem os vidros ser purgados com certa freqüência fechando alternadamente cada uma das torneiras de comunicação com os depósitos de água e vapor conservando aberta a de purga, verificando-se assim se essas torneiras e os canais ou tubos que a elas conduzem estão desobstruídos. Como contra-prova devem-se de vez em quando abrir as torneiras de prova e consultar os outros indicadores de nível, nunca confiando em absoluto nos de alarme

A água no vidro muito quieta sem oscilações é indício quasi certo de avaria.

Deve evitar-se que os vidros de nível estejam expostos a correntes de ar frio, para se não quebrarem. Se isso acontecer deve imediatamente fazer-se a sua substituição, regulando o nível de água pelas indicações dos outros aparelhos.

A primeira operação a que se procede quando rebenta um vidro, é fechar as torneiras que o punham em comunicação com a caldeira. Em seguida tira-se o tampão superior e as corôas dos buçins, limpando-se as caixas muito bem. Experimenta-se depois um vidro para vêr se está no comprimento desejado. Estando bom, enfia-se o vidro na torneira de cima e depois na guarnição, na corôa do buçim e na porca da torneira superior, em seguida na porca inferior e buçim voltados em sentido contrário e finalmente na guarnição do buçim inferior, depois do que se enfia na caixa a ficar no seu lugar. Metem-se então as guarnições e os buçins nas respectivas caixas apontando-se as porcas que depois se apertam alternadamente pouco a pouco. Põe-se depois o tampão superior com a respectiva junta e abre-se completamente a torneira de purga e pouco a torneira de vapor.

Quando o vidro está bem quente, abre-se a pouco e pouco tôda a torneira de vapor, depois a da água e finalmente fecha-se a purga.

Quando um vidro está comprido, corta-se sangrando-o no comprimento preciso com uma lima triangular molhada em água-rás, ou então molhando um cordel em azeite, dando uma volta completa com o seio dêsse cordel na altura em que se quer cortar o vidro, deitando esmeril no cordel e puxando-o com força alternadamente por cada uma das pontas. Basta depois dar uma pancada sêca na parte em excesso, para o vidro se quebrar pelo lugar sangrado.

Nas caldeiras cuja pressão não vái além de 50 libras ou seja apróximadamente 3^k,500, emprega-se

algumas vezes a água salgada para encher e alimentar as caldeiras.

Além dessa pressão deve empregar-se exclusivamente água doce, pois à temperatura correspondente a uma pressão mais elevada, o sal que a água contém em dissolução precipita-se imediatamente, produzindo-se depósitos perigosos.

Assim, quando em uma caldeira que funcione com uma pressão mais elevada, formos forçados a alimentar com água salgada, deveremos imediatamente baixar a pressão àquele limite.

O sal à proporção que a água se vai vaporizando, vai sobrecarregando o grau de saturação da água existente na caldeira, e passando certo limite começam-se a produzir *depósitos* e *incrustações*, o que oferece os seguintes inconvenientes:

1.º Sendo essas substâncias más condutoras de calor e interpondo-se entre as superfícies que devem transmitir calor e a água, são consequência de perda de calor, e portanto de aumento de consumo de combustível.

2.º As partes cobertas por êsses depósitos e incrustações adquirem temperaturas muito mais elevadas, o que lhes diminui a resistência, podendo ser causa de muito graves avarias.

Por estas razões, é preciso impedir que a saturação passe além de certos limites, o que se consegue *escumando e sangrando*.

Para se reconhecer qual o grau de saturação, tira-se da caldeira de hora a hora uma porção de água em que se mergulha um instrumento denominado salinómetro, que nos dá a indicação desejada.

O *salinómetro* é formado por um flutuador de vidro ou metal com uma haste graduada.

O instrumento é graduado da seguinte forma: Mergulhado em água destilada à temperatura de 95°, marca-se 0 no ponto da haste correspondendo ao nível do líquido. Mergulha-se em seguida em uma mistura

de 650 gramas de água destilada e 350 gramas de sal à mesma temperatura de 95°, e no ponto de flutuação marca-se 10; o intervalo entre 0 e 10 divide-se em dez partes denominadas graus. O aumento de um grau corresponde assim a um aumento de 0,035 no grau de concentração da mistura.

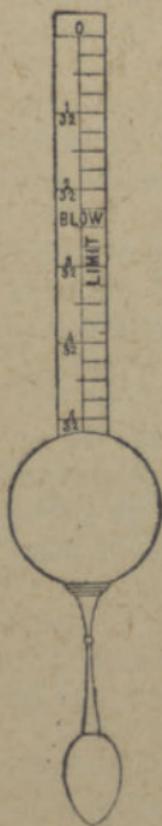


Fig. 227
Salinómetro

Êstes salinómetros são os empregados em França, empregando-se em Inglaterra outros, (fig. 227), em que o 0 corresponde ao nível de flutuação em água destilada a 200 F. Mergulha-se depois o instrumento em uma mistura de 32 partes de água à mesma temperatura e 1 parte de sal e marca-se no ponto de flutuação $\frac{1}{32}$; no ponto de flutuação correspondente a 32 partes de água e 2 de sal $\frac{2}{32}$; 32 de água e 3 de sal $\frac{3}{32}$; 32 de água e 4 de sal $\frac{4}{32}$; não se prolongando em geral as divisões além de $\frac{4}{32}$, mas sendo cada uma delas subdividida em 4 partes.

Empregando-se o salinómetro francês, (fig. 228), não deve deixar-se que o grau de saturação exceda 3°. Empregando o salinómetro inglês, êsse limite deverá ser $\frac{2}{32}$, sendo essa divisão assinalada por um grosso traço negro e pela palavra inglesa *Blow*, abreviatura de *blow out*, que significa *sangrar*.

Como acaba de ver-se, sendo êstes instrumentos graduados a uma determinada temperatura, as observações, para serem exactas, devem fazer-se a essa temperatura. Assim, empregando o salinómetro com escala francesa, observar-se-á a saturação do líquido quando êste estiver à temperatura de 95°, sendo escala inglesa a 200 F.

Para se *sangrar* ou *escumar* uma caldeira, deve pré-

viamente forçar-se a alimentação, de maneira a fazer com que o nível da água suba 4 a 5^{cm} acima do nível de regime. Passados 10 a 15 minutos abrir-se-ão as válvulas ou torneiras precisas para se levar a efeito a operação desejada, até que o nível da água tendo descido ao regime, se interceptam novamente essas comunicações.

Destas operações, a que se pratica com mais frequência é a de escumar, pois que não somente serve para extrair sais, mas também para dar saída aos óleos que pela água de alimentação são arrastados para as caldeiras. Não deve porém deixar-se de sangrar, pelo menos uma vez em cada 24 horas.

Diz-se que uma caldeira está *fermentando* ou a *fermentar*, quando no vidro do nível se observam perturbações manifestadas por subidas e descidas rápidas do nível da água, a sua desapareição brusca, ou movimentos rápidos de bolhas subindo no tubo.

Os efeitos da fermentação de uma caldeira, ou seja de uma *ebulição tumultuosa*, são as trepidações que fatigam as chapas das caldeiras, a incerteza da altura do nível de água e as projecções de água para os cilindros.

As causas produtoras da fermentação de uma caldeira, são uma alteração brusca no regime, consumo de vapor superior à produção, nível muito elevado, a caldeira ter sido cheia com água lodosa, grande quantidade de óleos, ou nas caldeiras marítimas, as sacudidelas bruscas consequência do balanço.

Portanto, para fazer cessar, ou pelo menos atenuar esse estado da caldeira, devem fazer-se desaparecer aquelas causas, ou pelo menos, torná-las menos sensíveis.

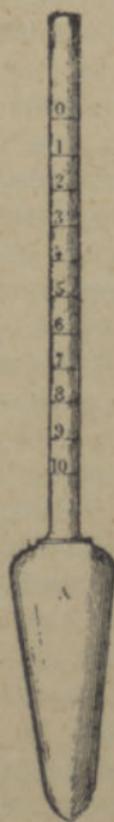


Fig. 228
Salinómetro

Assim, qualquer alteração de regime não deve levar-se a efeito bruscamente, mas sim gradualmente, pouco a pouco; a actividade dos fogos regular-se-á em conformidade com o consumo de vapor; a abertura das válvulas de passagem será só a precisa para o funcionamento da máquina no regime de marcha adoptado, apenas com um pequeno excesso para prevenir qualquer eventualidade; o nível de água não deverá ser muito elevado; encher-se-á a caldeira com água limpa, evitar-se-á a presença de óleos, reduzindo ao mínimo o consumo dos lubrificantes internos. Isto com o fim de evitar que o acidente se produza, pois produzido êle deve-se forçar um pouco a alimentação, moderar os fogos e o andamento da máquina, voltando sómente ao regime anterior quando se tenha restabelecido a normalidade, procedendo-se gradualmente e procurando-se a causa que originou o acidente para a remover ou atenuar quanto possível.

Produzindo-se um *abaixamento do nível de água*, a primeira operação que devemos praticar o mais rapidamente possível, é a verificação de que êsse nível já está ou não está mais baixo que a torneira inferior do vidro, ou a torneira de água das torneiras de prova. No segundo caso forçar-se-á sem receio a alimentação; no primeiro caso, ou se a-pesar-de se forçar a alimentação, o nível começar a baixar, apagar-se-á imediatamente sem a mínima hesitação, isolando-se a caldeira e aliviando as válvulas de segurança. Só assim se podem evitar os riscos de consideráveis desastres.

Quando em uma caldeira se *produzam fugas* de pouca importância, pode a caldeira continuar em actividade fazendo-se apenas um consêrto provisório. Sendo as fugas consideráveis, a caldeira deve ser isolada e apagada.

As fugas podem ser conseqüências de juntas mal feitas ou aliviadas, ou por solução de continuidade em tubos, rebites, parafusos ou costuras, produzidas por

gasto, oxidação, excesso de pressão, caldeira queimada, resfriamentos súbitos ou falhas no metal.

Se é uma fuga pouco pronunciada em uma costura, procura-se estancá-la metendo na fenda pequena cunhas de madeira bem apertadas; as fugas em tubos remedeiam-se provisóriamente, fazendo uma arreata-dura no tubo em que a fuga se produziu.

Em todo o caso, com a caldeira a funcionar principalmente com altas pressões, poucas vezes se obtêm alguns resultados na aplicação dêstes expedientes, sendo forçoso apagar ou esperar que se apague para então se proceder com mais segurança.

Sendo uma junta mal feita ou aliviada, o remédio será apertá-la ou fazê-la de novo. Sendo tubos rotos, ou se tapam com escoras e tampões ou se substituem, o que é preferível, mas nem sempre possível.

Um rebite ou parafuso, substituem-se; uma costura, encalca-se; a uma falha do metal, aplica-se um remendo.

Deve porém ter-se em vista que a qualquer destas avarias deve seguir-se um exame atento e minucioso das causas que a produziram e das conseqüências que pode trazer, para se poder ajuizar com segurança das condições em que a caldeira poderá continuar a funcionar, se o puder fazer.

Como regra geral, ao aparecimento de uma fuga deve seguir-se a redução de pressão para lhe atenuar as conseqüências, que são: perda de calor e necessidade de alimentação mais abundante e, portanto, aumento de consumo de combustível; corrosão do metal no lugar onde a fuga se produziu, ou seja mais rápida deterioração da caldeira.

Válvulas de segurança. — Com as válvulas de segurança, deve haver o máximo cuidado em as conservar vedadas e podendo manobrar livremente, para o que é conveniente de tempos a tempos aliviá-las.

Caso seja forçoso descarregar vapor e as válvulas estejam pegadas, põem-se a trabalhar tôdas as máqui-

nas que seja possível e força-se a alimentação com água fria, sangrando e escumando abundantemente. Havendo mais de uma caldeira e estando as valvulas pegadas apenas em uma delas faz-se a descarga através da outra.

Quando as caldeiras se conservam acesas sem que a máquina funcione, *encosta-se o fogo*, chegando-o todo ao muro ou a meio da grelha, e conservando-se aí com o menor consumo preciso de combustível, apenas o suficiente para manter a pressão no limite desejado.

Nas caldeiras aquitubulares com o fogo encostado, deve-se mantê-lo a meio comprimento da grelha, nas outras junto ao muro; o encostá-lo à porta apresenta o inconveniente de não impedir que pela parte a descoberto entre ar frio, cuja acção se traduz por contracções que prejudicam o ajustamento dos tubos na chapa tubular, fugas nas costuras da caixa de fogo, etc.

Para apagar tira-se rápidamente com o rôdo o carvão das fornalhas, arrancando alguma jôrra que esteja agarrada à grelha, o que depois dela arrefecida muito difficilmente se poderia conseguir. Fecham-se em seguida, herméticamente, tôdas as portas das fornalhas, cinzeiros e registos, calafetando com estopa ou desperdícios, se preciso fôr, e isola-se completamente a caldeira.

É preferível em todo o caso fechar e calafetar completamente tôdas as entradas de ar e deixar o fogo morrer nas fornalhas, impedindo-se qualquer entrada de ar frio que vá incidir na caldeira, sendo causa de bruscas contracções.

Estas precauções devem observar-se especialmente nas caldeiras de aço para altas pressões.

Resumindo, *durante o funcionamento devem observar-se as seguintes precauções nas caldeiras das máquinas de vapor:*

Aquecimento. Ter perto da fornalha o carvão preciso para o regular funcionamento, sem que possa em qualquer ocasião haver falta dêle, e ao mesmo tempo sem ser em quantidade

exagerada que embarace o trabalho do fogueiro e o livre acesso do ar aos cinzeiros; conservar a grelha bem coberta e os cinzeiros bem limpos, regular os intervalos entre as cargas de carvão, o peso dessas cargas e os intervalos entre cada limpeza de fornalhas, evitando que se molhem as caldeiras quando se apagam as cinzas e jôrras.

Nível da água. Mantê-lo sempre o mais próximo possível do nível de regime, consultar amiudadas vezes os respectivos indicadores, purgar os vidros, ter todo o cuidado em evitar que se possam produzir ebulições tumultuosas, ou, por outras palavras, que a caldeira fermente.

Extracções. Medir de hora a hora, quando se trabalha com água salgada, ou pelo menos uma vez em cada 24 horas quando se trabalha com água dôce, o grau de saturação das caldeiras, ou seja pesar a água, e segundo as indicações do salinómetro, fazer as precisas extracções escumando e sangrando.

Pressão. Verificar o bom funcionamento dos manómetros consultando-os com frequência e mantendo a pressão o mais próximo possível da pressão indicada para regime; verificar o bom funcionamento das válvulas de segurança, cuja carga em caso algum deverá ser aumentada.

Fugas. Verificar a sua existência e gravidade, atenuá-las se fôr possível, ou caso contrário, verificar os seus progressos.

Condução de máquinas durante o seu funcionamento

Estando a máquina em movimento, tendo-se regulado a expansão e lubrificação, a circulação de água no condensador e a velocidade, deverá haver os seguintes cuidados gerais:

Consultar amiudadas vezes os diferentes manómetros de pressão e vácuo para se verificar se tudo corre como deve, e caso contrário procurar a causa e removê-la; apalpar as diferentes chumaceiras para observar se a sua temperatura se mantém; ter emfim o máximo cuidado e atenção nos diversos acidentes que se podem produzir, e que em geral são caracterizados por diversos ruídos, por aumentos de temperaturas e fugas. Assim, ouvindo-se qualquer ruído que não seja produzido pela trepidação das caldeiras, con-

seqüência da tiragem, choques das válvulas e outros ruídos que se produzem normalmente sempre que há uma máquina em funcionamento, deve procurar-se a séde dêsse ruído.

Um choque brusco e violento no fim do curso, transmitindo-se as vibrações a tôdas as transmissões de movimento, e ao mesmo tempo produzindo-se a abertura das válvulas de escape, é indício da presença de água nos cilindros; abrem-se então as purgas que se fecham novamente quando êsses ruídos cessam.

Choques de uma grande violéncia, são caracterfsticos da interposição de um corpo duro, devendo parar-se imediatamente a máquina e revistá-la.

Um choque pouco violento transmitindo-se as vibrações à cruzeta e manivelas, indica que a porca que fixa a haste ao êmbolo aliviou; conforme a violéncia do choque assim se reconhece se é forçoso ou não parar imediatamente, mas deve-se fazê-lo sempre que êsse choque vá aumentando de intensidade.

Um choque semelhante ao produzido por vários bocados de ferro batendo uns nos outros, produzindo-se próximo dos fins do curso e propagando-se as vibrações à cruzeta, indicam que a coroa do êmbolo está aliviada. Se o choque aumenta é que a coroa continua aliviando, devendo-se parar a máquina e remediar a avaria.

Se o choque é metálico, vibrante e se produz no fim do curso sem transmissão das vibrações, é a guarnição do êmbolo que está folgada, podendo-se esperar que a máquina pare para se fazer a precisa reparação.

Choques nos tubos, são produzidos pela entrada de água fria nos tubos quentes, ocasionando contracções que podem produzir a ruptura dêsses tubos e por isso se devem evitar.

Choques nas articulações. Têm lugar no fim do curso e são indício de grande folga. Reconhece-se qual a articulação que bate, lubrificando abundantemente uma a uma as que estiverem próximas do lugar onde se

ouve o choque, e verificando quando este se torne mais amortecido pela presença do óleo interposto. Sendo a folga pequena, pode-se esperar que a máquina pare; aumentando a ponto de tornar-se o choque bastante violento, é forçoso parar e apertar a chumaceira. Atenua-se um pouco a pancada abrindo o refrescador para a articulação folgada, por formar a água com o lubrificante um sabão que preenche a folga, amortecendo o choque.

Um ruído como se os diferentes órgãos se movessem arrastando-se com saltos rápidos e sucessivos, é característico da falta de lubrificação ou de grande apêrto da articulação onde êle se produz.

Aquecimento de uma articulação; tão depressa se dá por êle reforça-se nêsse órgão a lubrificação; se tendo esta chegado ao máximo a temperatura não baixar, abrem-se os refrescadores, ou com uma agulbeta deita-se-lhe água com abundância, andando um pouco mais devagar; se ainda assim não obedecer, é forçoso parar a máquina e remover a causa que produziu o aquecimento e que pode ser devida a um grande apêrto da chumaceira, falta de lubrificação, interposição de corpos estranhos, desnivelamento das peças móveis, ovalização dos munhões ou aspereza das superficies em contacto.

Obedecendo, isto é, baixando a temperatura de articulação vai-se a pouco e pouco fechando os refrescadores até se conseguir fechá-los de todo, ou se não fôr possível fazê-lo, deixa-se andar com água aberta.

Quando se produz o aquecimento e se verifica que o aumento de lubrificação não basta, antes de abrir o refrescador emprega-se, muitas vezes com êxito, a mistura de óleo lubrificante com flor de enxôfre ou plumbagina.

Se tendo desarmado uma chumaceira que aqueceu, se vir que houve arrancamento de metal, é preciso antes de a armar novamente alizar as superficies, por forma a não haver a mais pequena aspereza.

Fugas. Quando são exteriores, como, por exemplo, por bucins, juntas, etc., facilmente se vêem e remedeiam apertando a junta ou o bucim, ou mesmo em caso de necessidade, parando a máquina e fazendo a junta ou substituindo, no todo ou em parte, a guarnição. Podem-se também fazer desaparecer as fugas calafetando-as com cunhas de madeira ou fazendo arreataduras.

As fugas interiores são mais difíceis de reconhecer.

Ordinariamente é pelo abaixamento do vácuo no condensador e elevação de temperatura d'este recipiente que são indicadas.

Deve portanto procurar-se qual a origem da fuga, quando a máquina estiver parada e desmontando o que fôr preciso.

A entrada de ar no condensador reconhece-se passando ao longo das juntas ou tubos de evacuação uma luz, que, junto da entrada do ar, será aspirada por ela. Uma vez reconhecida, veda-se por qualquer processo.

Quando o condensador aquece é porque há insuficiência de circulação, bastando então pôr a bomba de circulação mais depressa ou abrir-lhe mais a válvula de aspiração, o que permite a entrada da água da circulação ou de injecção em maior quantidade.

Quando a água de condensação aparece salgada, é porque há ruptura em algum tubo ou porque as respectivas guarnições não estão em bom estado. É necessário então, parada a máquina, tirar as portas e encher o condensador de água para vêr qual o tubo ou tubos que deitam, e substituir ou tapar os tubos rotos e refazer as guarnições.

Parar a máquina

Para se executar esta manobra fecha-se a válvula de garganta e põe-se o aparelho de marcha na sua posição média. Se a máquina tiver que andar novamente, bastará levar o aparelho de marcha à posi-

ção conveniente, abrindo a válvula de garganta e, sendo preciso, manobrando as válvulas auxiliares de marcha.

Sendo a paragem definitiva, uma vez fechada a válvula de garganta, tiram-se as torcidas e fecham-se os copos de lubrificação, modera-se a velocidade da bomba de circulação, fecham-se as válvulas de passagem das caldeiras, abre-se novamente a de garganta e manobra-se o aparelho de mudança de marcha, para nos encanamentos, distribuidores, cilindros e reservatórios não ficar nenhum vapor; fecham-se em seguida tôdas as válvulas de passagem e tôdas as comunicações de vapor. Quando o vácuo no condensador descer, abrem-se as purgas e mais tarde pára-se a bomba de circulação, fechando-se as respectivas comunicações.

Engrena-se então o virador, apertam-se todos os bucons e procede-se à limpeza da máquina.

Em regra não se deve despejar a caldeira com pressão, mas se fôr forçoso fazê-lo, sómente se levará a efeito depois de extraídos e apagados os fogos. Deixar-se-á abater a pressão até cêrca de 15 a 20 libras, 1k,100 ou 1 atmosfera, abre-se então a válvula do fundo, depois de a sangrar, e finalmente a de segurança. Reconhece-se que a caldeira está despejada pelo ruído especial produzido pela saída do vapor.

Não sendo forçoso despejar imediatamente, dever-se-á sangrar e escumar a caldeira para lhe tirar alguns sais ou óleos, e depois de tudo bem fechado e tapado, esperar-se-á que a água tenha arrefecido completamente, o que levará alguns dias, para então se esgotar com bombas, se despejar pela válvula de sangrar ou por alguma porta de limpeza.

Durante o funcionamento deve notar-se quais os concertos de que a máquina e caldeiras carecem, concertos que se realizam depois das máquinas e caldeiras deixarem de funcionar, e parte dos quais são executados pelo pessoal encarregado da condução da máquina.

CAPÍTULO XI

Explosões

A explosão é sem dúvida a avaria mais grave que numa caldeira se pode produzir, não sómente pelos prejuizos materiais mas também pelas perdas de vidas e graves ferimentos que quasi sempre acompanham êsse acidente.

Dá-se a explosão de uma caldeira quando brusca-mente dela se separa com violência alguma parte.

As causas que podem produzir uma explosão são as seguintes:

- A — falta ou deminuição da resistênciã da caldeira;
- B — excesso de pressão;
- C — modificação brusca do equilibrio do sistema;
- D — outras causas mais ou menos problemáticas e in-determinadas.

A — A falta de resistênciã pode ser consequência:

1.º *Da má qualidade do material empregado ou por defeitos de construção, sendo a prova hidráulica e inspecção minuciosa e sobretudo a seriedade e competência do construtor, as únicas garantias que, sob êsse ponto de vista, se podem obter.*

2.º *Consertos mal projectados ou mal executados. As*

garantias que se podem obter são as mesmas do caso precedente, devendo ter-se em conta as seguintes considerações:

Qualquer *falha* (desdobramento do metal) deverá ser arrancada e os bordos chanfrados, salvo se a espessura da chapa ficar tão reduzida que ofereça pouca resistência, pois nêsse caso dever-se-á deitar um remendo.

Quando houver uma *moma* pequena e não se lhe observarem fendas, a caldeira pode continuar em serviço.

A chapa não deve ser trabalhada para fazer desaparecer a *moma*, visto que êsse trabalho fatiga muito o metal modificando-lhe a sua estrutura e tornando-o quebradiço, podendo produzir-se fendas, sendo uma chapa nessas condições um perigo constante.

Sempre que se observe uma deterioração no metal que pareça perigosa, dever-se-á proceder ao seu conserto, substituindo a parte deteriorada.

Nem sempre é vantajosa a substituição completa de uma chapa, pois que com o descravar e cravar de novo fatigam-se muito as costuras que sofrem essas duas operações, sendo por isso preferível substituir apenas a parte avariada por um remendo, que embora menos sólido do que uma chapa nova, merece todavia bastante confiança.

Um remendo deverá ser feito de material da mesma qualidade e com a mesma resistência que a parte que vai substituir; deve deitar-se sempre que seja possível do lado de dentro para não ter tendência a separar-se por efeito da pressão, cortando-se a parte avariada e deixando sobreposta apenas uma tira da largura precisa para suportar a cravação.

A parte sobreposta deve ajustar-se perfeitamente, os furos coincidirem rigorosamente e a ligação fazer-se com rebites e nunca com parafusos ou prisioneiros, pois só assim se pode conseguir o contacto íntimo das duas chapas.

O encalque das costuras deve fazer-se de maneira que não fiquem entalhes ou sulcos nas chapas.

Se um rebite verter, não basta encalçar os bordos da cabeça do rebite, mas sim recravar de novo.

3.º *Falta de resistência nos acessórios.* Tôda a fuga na caldeira é causa de corrosões e consequentemente de explosão, devendo portanto refazer-se qualquer junta em que se tenha produzido alguma fuga.

Deve porém haver o máximo cuidado quando se apertam juntas para que se não quebrem os parafusos ou prisioneiros.

É relativamente freqüente, quando se quebra um dos parafusos de uma junta, a fractura dos outros seguir-se-lhe imediatamente e portanto a parte móvel que êles fixavam projectar-se violentamente a distância produzindo desastres.

4.º *Deminuição de resistência pelo uso.* Tôda a caldeira deminui de solidez com o funcionamento, produzindo-se fracturas, corrosões internas ou externas e fendas que são consequências das dilatações desiguais, flexões alternadas e defeitos de construção. Deve ter-se portanto o máximo cuidado em revistar frequentemente a caldeira para verificação da existência ou agravamento daquelas avarias.

A extensão de uma fenda determina-se com precisão deitando-lhe ácido muriático (clorídrico); observar-se-á então em tôda a sua extensão uma efervescência produzida pelo desenvolvimento dos gases.

Determinados os extremos da fenda, para evitar que ela se prolongue, fazem-se-lhe furos de pequeno diâmetro e metem-se-lhe pernos atarraxados e cravados.

A corrosão exterior é devida em geral ao contacto da água ou do vapor de água com a chapa.

Essa água, que pode ser proveniente de fugas, correndo sobre a chapa abre-lhe sulcos e se encontrar algum obstáculo como cravações, etc., empoça, oxidando rapidamente a chapa nêsse lugar.

Há portanto tôda a vantagem, quando uma fuga se

produz, em pôr um balde ou outro recipiente que impeça a água de correr ou empoçar sôbre a chapa.

Os produtos da combustão contendo ácido sulfuroso e vapor de água, também têm acção corrosiva sôbre as paredes metálicas por êles banhadas. A sua acção produz-se principalmente com o auxilio das cinzas que se agregam às paredes e que absorvem o ácido sulfuroso, que transformando-se em ácido sulfúrico, ataca as superficies metálicas.

A corrosão interior produz-se em consequência da oxidação do metal provocada pelo oxigénio dissolvido na água, principalmente quando combinado com o ácido carbónico. Dessa oxidação resulta a corrosão das chapas onde se produzem muitas cavidades cheias de um pó castanho. Geralmente o máximo da acção corrosiva é perto da entrada da água de alimentação sendo atacadas não só as chapas, mas também os rebites, escoras, tubos dos esquentadores de vapor, etc.

As águas ácidas ou gordurosas (quando as gorduras contenham ácidos) também atacam e corroem o metal.

5.º *Deminuição de resisténcia produzida por falta de contacto com o liquido.* Nos ebulidores formam-se algumas vezes, na parte mais elevada, depósitos de vapor, deixando por isso de haver contacto entre a chapa e a água; a chapa adquire portanto nêsse lugar uma temperatura muito elevada, do que resulta a deminuição da sua resisténcia, podendo por isso deformar-se.

Também nas fornalhas interiores se dá algumas vezes o caso de abater o tecto, em consequência de se aglomerarem na parte mais baixa grande quantidade de cinzas. Sucede então que essas cinzas produzem o arrefecimento da chapa na parte inferior, emquanto o tecto está fortemente aquecido e por isso abate.

O risco dessa avaria remove-se limpando com frequência as cinzas dos condutos.

As incrustações que cobrem as chapas das caldeiras

são más condutoras de calor, favorecendo a elevação de temperatura da chapa.

A experiência mostra que uma camada com 1^{mm} de espessura basta para produzir aquele efeito, e que com 5^{mm} e fogos muito activos tornam-se perigosos, podendo a chapa pôr-se ao rubro.

Subindo a temperatura da chapa além de certos limites, as incrustações fendem-se e destacam-se, podendo a temperatura da chapa ser bastante elevada para se produzirem contracções bruscas ao contacto com a água, que então a vai banhar. Essas contracções podem ser bastante violentas para que a chapa seja fendida, explodindo a caldeira.

Não chegando a haver explosão, pode a caldeira *queimar-se*.

A parte queimada de uma caldeira (parte aquecida até ao rubro) caracteriza-se pela côr azulada que se observa na chapa do lado exposto à acção do fogo.

As incrustações favorecendo o aumento de temperatura em certos lugares podem também produzir dilatações desiguais cujas conseqüências já foram examinadas.

Sendo provenientes das substâncias contidas na água de alimentação, quer dissolvidas quer em suspensão, evitam-se as incrustações purificando a água que há-de servir para a alimentação da caldeira.

Sendo forçoso alimentar com água que contenha sais, devem fazer-se extracções ou introduzir na caldeira substâncias que actuem química ou mecânicamente.

No primeiro caso então o açúcar e o melão, que dissolvem os sais; a soda e o tanino que os decompõem, formando outros sais não incrustantes, e o amido, a batata e a argila que, misturando-se com êles, formam depósitos não aderentes e fáceis de limpar.

No segundo caso então o coque e o vidro pulverizado, que destroem as incrustações pelo atrito continuo exercido sôbre as chapas, escoras, etc.

Em qualquer dos casos, porém, deve com frequência fazer-se a limpeza interna picando a caldeira com picadeiras de bico rombo, para não ferirem a chapa, ou, o que é preferível, raspando-as com raspas apropriadas.

Óleos gordos. Os óleos empregados como lubrificantes são em parte arrastados mecânicamente para as caldeiras, a-pesar-de todos os cuidados que se possam ter para o evitar.

Esses óleos aglutinando-se com os sais calcáreos, formam um sabão que, em massa ou em pó, é bastante prejudicial.

A superfície, torna-se emulsionante dando origem a projecções de água; depositado sobre a chapa, actua exactamente como as incrustações.

Os meios preventivos são: usar óleos minerais, que são os menos perigosos, o emprêgo de filtro e de âminas de zinco.

Falta de água. A falta parcial de água pode ser consequência de depósitos permanentes de vapor produzidos por defeito de construção da caldeira, como, por exemplo, lâminas de água muito estreitas, pequenos intervalos entre os tubos, etc., ou abaixamento do nível de água por mau funcionamento da bomba de alimentação ou falsa indicação dos aparelhos do nível.

A falta total de água, que raramente se dá, pode ser causada por obstrução das comunicações interiores, etc., etc.

A falta periódica de água dá-se quando o vapor não circula livremente em certos lugares, também por defeito de construção.

As consequências da falta de água são as seguintes: o vapor sendo pouco condutor de calor, como de resto acontece a todos os gases, permit- que a chapa que com êle está em contacto tome a temperatura da fonte calorífera que lhe ficar próxima, podendo então queimar-se e funder-se, explodindo.

Havendo água na caldeira ou tentando meter água

quando se der a avaria, os efeitos mecânicos que acompanham a explosão são então muito mais graves.

As causas mais freqüentes da falta de água em uma caldeira são o mau funcionamento dos aparelhos indicadores de nível, obstrução do tubo ou valvula de alimentação ou a má direcção da água de alimentação.

Por isso todos os cuidados e atenção que se devem ter com êsses aparelhos são poucos, mesmo que se empreguem reguladores automáticos de alimentação, de cujo automatismo é bom sempre desconfiar, principalmente nas caldeiras aquitubulares, que, tendo um pequeno volume de água, esta rapidamente se volatiliza.

6.º *Diminuição de resistência em consequência de avaria accidental.* — A prova hidráulica que consiste em submeter a caldeira a uma pressão hidráulica superior à pressão de regime, tem sido algumas vezes causa de desastres, tanto mais para temer quanto mais freqüentemente essa operação seja repetida.

Portanto estas experiências não devem fazer-se com muita freqüência, e quando tenham de se realizar proceder-se-á com todo o cuidado, sendo indispensável serem seguidas de uma revista minuciosa de toda a caldeira.

A ruptura accidental do tubo condutor do vapor pode causar graves desastres se não houver válvulas automáticas que interceptem a passagem do vapor para o tubo rebentado.

Havendo grandes frios, devem deixar-se as caldeiras despejadas ou com esquentadores acesos, para evitar que a água gele, porque o aumento de volume que resulta da produção daquele fenómeno causaria a ruptura da caldeira

B — *Excesso de pressão.* — 1.º Dá-se quando a pressão no gerador vai além do limite prático de segurança. Êste limite deve ser fixado depois de revistas minuciosas, sondando as chapas e tendo em vista o tempo de trabalho na caldeira.

Essas visitas devem ser anuais e a carga das válvulas de segurança regulada para a pressão máxíma a que o gerador deve funcionar, carga que por princípio algum deve ser excedida.

2.º Se houver a *obstrução de qualquer comunicação*, o vapor acumula-se e vencida a resistência o gerador pode explodir.

3.º *Orifícios de libertação obstruídos*. É evidente que as consequências são as mesmas do caso precedente.

4.º *O excesso de pressão atmosférica* pode esmagar as antigas caldeiras de faces plânas, quando, depois de apagadas, tendo-se condensado o vapor há o vácuo dentro da caldeira. É para evitar êste risco que se empregam as válvulas atmosféricas.

C — As caldeiras sob pressão acham-se num estado de equilibrio vibratório; produzindo-se qualquer *modificação brusca dêsse estado de equilibrio* pode dar-se a explosão da caldeira.

Evita-se êsse perigo não abrindo bruscamente nenhuma torneira nem válvula.

D — *Causas problemáticas e indeterminadas*. As causas problemáticas a que se tem por vezes attribuído a explosão das caldeiras são: calefação, água sobreaquecida, electricidade e decomposição da água.

Os fogueiros quando param as máquinas têm por hábito atabafar o fogo com carvão em pó, fechando em seguida o registo e as portas da fornalha e do cinzeiro.

Quando mais tarde puxam o fogo, os gases acumulados na fornalha pela destilação do carvão explodem, explosão que em geral pouca importância tem.

Evitam-se essas explosões, abrindo o registo um pouco antes de puxar o fogo.

CAPITULO XII

Pequenas reparações

Quando entre as ligações das diferentes peças se escapa água ou vapor, diz-se que se produziu uma *fuga*, avaria que se remedeia fazendo:

Encalques, quando as peças são fixas e não devem separar-se nunca umas das outras; exemplo: costuras das caldeiras.

Juntas, quando as peças são fixas mas têm de ser desmontáveis; exemplo: tampas de cilindros, manilhas de encanamentos, etc.

Vedamentos, quando ambas as peças ou só uma delas é móvel e tem de escorregar sobre outra; exemplo: torneiras, válvula distribuidora, etc.

Empancamentos, quando uma das peças é móvel e tem de passar através de uma outra peça fixa; exemplo: hastes de êmbolos e válvulas, etc.

O *ajustamento*, faz-se nas articulações regulando a folga entre as superfícies friccionantes por forma que, com uma regular lubrificação, não se produzam aquecimentos nem choques.

O *encalque* faz-se aplicando na junção das duas peças uma ferramenta especial chamada *encalcadeira* sobre a qual se bate com um martelo, correndo a encalcadeira ao longo da costura. Produz-se assim o esmagamento do metal formando-se ao longo da costura um cordão metálico que impede qualquer fuga.

Em uma caldeira, o encalque deve sempre fazer-se da parte de dentro e caso não se possa assim proceder, encalcar-se-á por fora, mas aplicando por dentro e ao longo da costura massa de ferro, o que evita que a água penetre entre as chapas ocasionando uma mais rápida deterioração da caldeira.

Quando se encalca uma costura é preciso fazê-lo com o máximo cuidado, por forma a não se produzirem sulcos que, modificando a estrutura do metal, o tornam mais facilmente oxidável.

As *juntas* fazem-se interpondo entre as faces das peças a ligar várias substâncias plásticas, de maneira que apertando depois as duas peças uma de encontro à outra, o intervalo compreendido entre elas fique completamente cheio por essas substâncias que depois de endurecidas devem formar um corpo sólido que não possa ser atravessado nem expulso pela pressão de qualquer líquido ou de vapor.

As substâncias mais empregadas na confecção das juntas são:

Massa de zarcão, que se prepara misturando e batendo partes iguais de alvaiade em massa e zarcão, juntando-se-lhe a quantidade de óleo da linhaça precisa para a massa ficar com a consistência desejada.

A massa deve ficar bem misturada, reconhecendo-se que está boa quando não se agarra aos dedos e quando com ela se conseguem fazer fios compridos e delgados sem se quebrarem. Para dar mais consistência à massa de zarcão mistura-se-lhe algumas vezes mealhar desfiado e cortado em bocados miúdos.

Faz-se uso desta massa para as juntas de água ou vapor que não estejam expostas directamente à acção do fogo, devendo esperar-se pelo menos dois dias antes de se experimentarem.

O emprêgo da massa de zarcão deve ser banido das juntas de encanamentos de água para beber ou cozinhar, pelo perigo da intoxicação resultante da absorpção do zarcão, que é um sal de chumbo. Pela

mesma razão quem estiver fazendo a massa de zarcão deve procurar um lugar onde não haja vento, para não correr o risco de absorver o zarcão por êle levantado.

Massa Serbat. Encontra-se pronta no mercado bastando batê-la para amolecer; pode-se preparar misturando:

Sulfureto de chumbo calcinado.....	1k,000
Óxido de manganês.....	0k,750
Óleo de linhaça.....	0k,180

Esta massa tem sôbre a de zarcão a vantagem de ser mais resistente à acção do fogo e ser mais duradoura.

Massa de alvaiade. Emprega-se como se encontra no mercado, ou prepara-se misturando o óxido de chumbo ou zinco com óleo de linhaça. Emprega-se especialmente para cobrir ou embeber as juntas de trança, gacheta ou tela.

Massa de ferro. Prepara-se com:

Limalha de ferro fundido.....	1k,000
Flor de enxôfre.....	0k,150
Sal amoniaco.....	0k,020

Mistura-se a frio, 0k,200 da limalha com todo o enxôfre e sal amoniaco, deitando-se-lhe depois a quantidade de água precisa para que se produza a combinação quimica entre o enxôfre e o ferro, o que se conhece pelo aumento de temperatura da mistura. Quando essa combinação se produz, vai-se então juntando o resto da limalha e alguma água para conservar a consistência precisa, devendo a massa ser aplicada immediatamente.

Esta massa deteriora-se sob a acção persistente da humidade e ataca o cobre e o bronze. Emprega-se nas costuras de chapas e para encher fendas ou chôchos em peças de ferro.

Massa refractória. Obtem-se misturando limalha de ferro fundido não oxidada, argila e pedaços de mós de aguçar ferramentas depois de bem pulverizados e peneirados. Bate-se depois a mistura des as substâncias adicionando-se-lhe pouco a pouco o vinagre ou água amoniacal, na quantidade precisa para se obter a consistência desejada.

Emprega-se em juntas expostas directamente à acção do fogo.

Confecção de juntas

Com massa de zarcão — Começar-se-á por raspar e limpar cuidadosamente as faces das manilhas ou abas, sôbre as quais se passará em seguida uma estopa embebida em óleo de lixaça ou em alvaiade bastante diluído. Fazem-se pequenas bolas de massa de zarcão que se dispõem sôbre a aba ou manilha, esmagando-as em seguida de maneira a estender-se uma camada de massa de espessura uniforme sôbre tôda a superficie contornando os parafusos, pernos ou os furos por onde êles têm de passar. Aproxima-se então a outra aba ou manilha e metem-se as porcas que se apertam duas a duas diametralmente opostas e em cruz.

Para que a junta tenha ficado bem feita, é necessário que uma parte da massa tenha sido espremida para fora da junta.

Quando o intervalo entre as duas manilhas é muito grande ou se estas não estão bem paralelas, interpõe-se uma anilha de chumbo, com junta de massa de um lado e doutro.

Muitas vezes, para melhor segurar a massa, coloca-se sôbre ela um fio de vela ou de arame de chumbo de pouca espessura passando alternadamente por fora e por dentro dos parafusos, mas sem que haja cruzamento de fios.

Com qualquer das outras massas o processo para a

confecção das juntas é idêntico, sendo às vezes substituída a anilha de chumbo por lona, por rede metálica, ou chapa ondulada.

A *guta-percha em pano* é muito empregada em juntas que com frequência têm de ser desarmadas; fazem-se recortando a gutta-percha a ficar com o contorno da superfície das manilhas ou abas. Quando a junta é muito grande, em vez de se recortar a gutta-percha em uma só peça, cortam-se várias tiras ou sectores com os topos cortados em malhete que se devem ajustar. Cortada a junta unta-se com óleo mineral e plumbagina, apertando-se depois bem entre as manilhas ou abas.

Para assegurar à junta maior duração é freqüente colocar sobre a gutta-percha outra junta de pano cru que igualmente se embebe em óleo e plumbagina.

As juntas de *amianto* em cartão ou em tela, fazem-se exactamente como as de gutta-percha, humedecendo-as também com óleo e plumbagina, ou só com água ou tinta de alvaiade muito diluída.

As juntas de amianto são preferidas para juntas submetidas a altas temperaturas, em virtude da propriedade que goza o amianto de ser incombustível.

Juntas de caixa. Bastante usadas, deriva-lhe o nome de ter uma das manilhas uma coroa circular saliente que se aloja em uma garganta ou *caixa* aberta na outra manilha. Fazem-se estas juntas dispondo no fundo da caixa alguns fios de amianto embebidos em alvaiade ou massa de zarcão, sem que êsses fios se cruzem.

Juntas de papel. Quando o intervalo entre as manilhas é muito pequeno e as suas faces estão bem paralelas e lisas, empregam-se muitas vezes juntas formadas por uma anilha de papel embebido em óleo.

As *juntas metálicas*, usam-se com grandes vantagens em altas pressões. Fazem-se interpondo entre as manilhas pela parte de dentro dos parafusos ou pernos uma anilha de cobre bem recozido com a espessura máxima de 3 a 4 milímetros e secção triangular ou

de dois triângulos ligados pelo vértice e apertando depois fortemente os parafusos.

Juntas de gacheta. Empregam-se em juntas que têm de ser desmontadas com frequência, como portas de caldeiras, etc. Para isso faz-se uma gacheta chata de linho que se corta e cose no comprimento preciso. Embebe-se depois essa gacheta em massa de zarcão, de alvaiade ou de óleo mineral e plumbina bastante diluidas, aplicando-se então entre as faces da junta.

Para se vedar uma torneira ou válvula, começar-se-á por desarmá-la e limpar em seguida muito bem a válvula e a caixa. Verificar-se-á depois se a parte vedante está lisa ou só com pequenos riscos ou covas, se a sua geratriz é recta e se alguma cousa há que impeça a válvula ou macho de descer mais na respectiva caixa. Se isso se der, será forçoso levar a caixa, válvula ou macho, ou ambas as coisas ao tórno, ou substituir alguma dessas peças ou ambas, segundo as circunstâncias. Se não é possível tirar a caixa para a levar ao tórno, ou se torneia no seu lugar com um aparelho especialmente destinado a ê-se fim, ou se torneia só a válvula ou macho e a caixa se aproxima a rascador. Para isso, ligada a válvula ou macho à sua haste e manipulo ou a algum improvisado, cobre-se ligeiramente a parte vedante com uma camada pouco espessa de tinta de zarcão bastante diluida. Coloca-se depois no seu lugar e começa-se dando-lhe movimento de rotação e fazendo-se variar a sua posição relativa de tempos a tempos. Tira-se depois o macho ou válvula fora e com uma rasca ou com um rascador tira-se algum metal nos pontos em que o zarcão deixou marca.

Repetem-se estas operações até as marcas ocuparem quasi toda a superficie vedante. Humedece-se então o macho ou válvula com água, azeite ou óleo e polvilha-se com vidro bem moído e peneirado, esmeril muito fino ou areola (areia de moldar, torrada

e peneirada) coçando-se novamente no seu respectivo lugar. De tempos a tempos limpam-se e enxugam-se bem ambas as peças e coçam-se a sêco no seu lugar. Quando depois de efectuada essa operação, se verificar que ambas as superfícies vedantes estão brilhantes, sem que nêsse brilho haja solução de continuidade, é porque o macho ou válvula estão bem vedados e nada há a fazer senão armar, fazendo as juntas e empancamentos precisos, tendo o cuidado de untar o macho com óleo ou azeite.

Sendo plânas as superfícies a vedar, como, por exemplo, a válvula de um distribuidor e o respectivo espelho, faz-se escorregar sôbre uma delas um plâno (peça de ferro fundido com uma das suas faces perfeitamente plâna) untado com tinta de zarcão, tirando-se depois algum metal com a ponta de uma lima no sítio marcado pela tinta até as marcas se aproximarem e depois com a rasca ou rascador até ficarem boas.

Reconhece-se que essa superfície está boa quando depois de sôbre ela ter escorregado o plâno em tôdas as direcções, se observa que os pontos marcados estão muitíssimo perto uns dos outros. Praticam-se depois as mesmas operações sôbre a face da outra peça e faz-se em seguida a verificação, fazendo escorregar as duas peças uma sôbre a outra como hão de funcionar, rascando em ambas onde fôr preciso.

A *arreatadura* faz-se quando um tubo se rompe, applicando sôbre a parte rôta um pedaço de massa de zarcão coberto com chapa de chumbo. Começa-se depois a enrolar uma tira de lona com a qual se forra o tubo em uma extensão um pouco superior à da ruptura que deve ficar a meio.

Sôbre a lona enrola-se depois qualquer fio resistente seguindo-se as voltas bem juntas e apertadas. A *arreatadura* é apenas um remédio passageiro, pois logo que se possa deve substituir-se por um remendo ou soldadura.

Quando se reconhece que um tubo está muito enfra-

quecido, enrola-se em tórno dêle, com voltas bem juntas e apertadas, arame de latão estanhado, tendo tido prévi mente o cuidado de limpar e estanhar o tubo. Aquece-se depois o tubo, e a solda fundindo-se une-se tudo, ficando como se fôsse uma só peça.

O *empancamento* faz-se por meio de bucins e contra-bucins com a respectiva guarnição.

O *bucim* pode vir da fundição com a peça fixa, ou ser amovível, fazendo com ela junta com os respectivos pernos e porcas.

O bucim está disposto de maneira que o seu eixo coincida com o eixo da peça móvel que atravessa a *caixa*, entre a parede da qual e a peça móvel há um espaço onde se aloja a guarnição. Ao fundo da caixa adapta-se um *casquilho* de bronze cujo diâmetro interno é cêrca de 2^{mm} superior ao diâmetro da haste ou veio que o atravessa.

O casquilho forma assim o fundo da caixa do bucim impedindo que para o outro lado se escape a guarnição que sôbre ela se apoia.

A *coroa do bucim* é uma peça metálica também atravessada pela haste ou veio, havendo entre ambas a folga de cêrca de 2 milímetros em diâmetro e podendo ou não ser munida de um casquilho.

A *coroa* tem uma *guia* que entra na caixa do bucim à qual serve de tampa. Prisoneiros fixados à caixa do bucim e atravessando a aba da coroa mantêm esta no seu lugar por meio de porcas, contra-porcas e troços.

Algumas vezes na coroa do bucim abre-se uma caixa, onde também se adapta uma guarnição e entra a guia de outra coroa em tudo perfeitamente semelhante à de um bucim e denominando-se *contra-bucim*.

A *guarnição* de um bucim é formada por gachetas quadradas ou redondas de linho, de algodão, de patente, de amianto, ou metálica.

Gacheta de linho. Com várias fileças de linho cujo número varia com a grossura que se pretende dar

à gacheta, faz-se uma trança bastante comprida, que depois se vai cortando em bocados de comprimento preciso para cada *volta*, tendo o cuidado de amarrar com fio delgado os topos, ou seja *falcassá-los* antes de os cortar, para que a gacheta se não escangalhe. Esta gacheta emprega-se apenas para baixa pressão ou para água, visto não resistir às altas temperaturas que a queimam.

Gacheta de algodão. Faz-se da mesma maneira que a de linho entrançando filanças de algodão, empregando-se apenas em bucins de muito pequeno diâmetro.

Gacheta de patente. Adquire-se já preparada com o diâmetro e secção desejados. É formada por um núcleo de guta-percha em tórno do qual se enrola pano préviamente embebido em uma substância especial que lhe permite resistir a temperaturas mais elevadas.

Gacheta de amianto. Resiste a altas temperaturas mas endurece com o tempo e sob a acção da água ou do vapor húmido tende a desagregar-se. Assim como a gacheta de patente, encontra-se preparada no mercado e nas dimensões desejadas.

Gachetas metálicas. Também se encontram preparadas no mercado, sendo formadas por tranças de fio de latão muito delgado.

Para se fazer um empancamento começa-se por desarmar a coroa bucim, marcando-a para depois ser armada na mesma posição. Em seguida, com uma ferramenta apropriada, chamada *saca-gachetas*, de *gancho* ou de *rósca* segundo a forma da ponta, tira-se a guarnição velha pondo-se de parte alguma volta que por estar em bom estado ainda possa ser aproveitada. Tirada tóda a guarnição, escolhe-se uma gacheta que entre justa na caixa do bucim e corta-se o número de voltas que se julguem precisas, com o comprimento necessário para darem a volta em tórno da haste sem que os topos se sobreponham, antes deixando uma pequena folga.

Os topos da gacheta podem cortar-se em bisel, devendo nêsse caso sobrepor-se, ficando como se a volta fôsse inteira.

Essas voltas são depois mergulhadas em azeite, ou, o que é preferível, em óleo mineral e plumbagina a ferver, onde se conservam durante uma hora para ficarem bem impregnadas dessas substâncias, metendo-se depois as voltas na caixa do bucim uma a uma e com os topos todos desencontrados. Para auxiliar a meter a gacheta até ao fundo da caixa, emprega-se o *pari de empanque* e o *masso* de madeira, applicando-se um dos topos do pau de empanque à gacheta e batendo no outro com o masso.

Quando a caixa es á cheia, arma-se a corôa do bucim e apertam-se as respectivas porcas.

Se com um apêrto razoável a guia do bucim entrar tôda na caixa, é necessário meter mais gacheta; se pelo contrario a guia apenas embeijar, é necessário tirar-lhe uma volta ou substitui-la por um *cheio* formado por uma volta de gacheta chata da largura igual ao diâmetro da gacheta que se tira mas de pequena espessura.

Para que a corôa esteja bem apertada é necessário que a folga entre a corôa e a haste esteja igualmente repartida e que a distância entre a face da aba e a face da caixa do bucim seja igual em tôda a volta.

Ao mesmo tempo é necessário que a guia não fique tôda metida na caixa para poder ser apertada se preciso fôr, mas que não fique tão pouco metida que qualquer peça móvel possa ir bater na corôa do bucim.

Para o empancamento do contra-bucim, procede-se exactamente da mesma forma.

Também se emprega para embeber as gachetas antes de as meter no seu lugar, a massa de anti-frição ou a massa Belleville, que se encontram preparadas no mercado.

Nos hucins de grande diâmetro emprega-se muitas

vezes uma disposição que permite que tôdas as porcas do bucim sejam apertadas ao mesmo tempo. Para isso, essas porcas são formadas por carrêtos dentados e engrenando com todos êles há uma corôa dentada a que por meio de uma transmissão adequada se dá movimento de rotação. É claro que êsse movimento se transmite igualmente a todos os carrêtos e o apêrto é dado todo por igual.

Devem apertar-se as corôas dos bucins sómente quando as gachetas estiverem quentes, porque estando muito duras quando frias, oferecem grande resistênciã dando uma falsa indicaçã do apêrto.

No fundo das caixas devem de preferênciã metter-se gachetas novas, pondo por cima as já servidas.

Empancamentos metdlicos. Diferem dos já descritos em se empregarem guarnições metálicas, de bronze ou anti-fri ção. Podem ser formados por uma anilha bastante larga e cortada a meio. Por fora dessa anilha metem-se voltas de gacheta, sôbre a qual exerce pressã a corôa do bucim. É claro que apertada a gacheta ela comprimirá a anilha de metal sôbre a haste, obtendo-se assim o vedamento desejado.

Outro processo consiste em fazer as anilhas de pequena altura e em vez de serem de secçã rectangular, serem de secçã em forma de trapézio.

A corôa do bucim exercendo pressã sôbre a última anilha, directamente ou por intermédio de molas, faz com que as anilhas escorreguem umas sôbre as outras, ajustando-se de encontro à haste.

Para que êstes empancamentos se empreguem com resultado, é necessário que as hastes estejam muito lisas e que o eixo das anilhas metálicas, das caixas, corôas do bucim e da haste coincidam rigorosamente.

Quando o empancamento tem por fim impedir a fuga de um liquido submetido a altas pressões como, por exemplo, nas máquinas hidráulicas, bombas de compressã de ar, etc., empregam-se guarnições de couro

com a secção em *U*, com a abertura dos dois ramos voltada para o lado donde se quere impedir a saída do liquido. Êste passa por uns furos de pequeno diâmetro para entre os ramos da guarnição, e portanto, quanto maior fôr a sua pressão, mais comprime um dos ramos da guarnição de encontro à haste e melhor assegura o resultado desejado.

Ajustamentos

Para se proceder ao ajustamento duma articulação começa-se por marcar as diferentes peças que a compõem, por forma a não haver dúvidas, quando se vá armar, de que tudo fica nos seus respectivos lugares. Marca-se em seguida a posição das porcas que apertam as chumaceiras, aliviam-se os freios e apertam-se igualmente ambas as porcas marcando-se a sua nova posição, tendo verificado que ambas elas se deslocaram da mesma quantidade.

A posição da porca determina-se marcando a punção de bico um pequeno pique em um dos cantos da porca e marcando com um esq adro e riscador na capa da chumaceira um traço correspondendo à posição ocupada por êsse canto. Apertando a porca, êsse canto descreve um arco e medindo com o compasso de mola a corda dêsse arco tem-se o apêrto que essa porca deu; aperta-se então a outra ou outras porcas quando há mais do que duas por chumaceira, fazendo com que um dos cantos das suas faces descreva um arco de corda igual ao comprimento que tinhamos no compasso.

Desarmam-se depois tôdas as peças que constituem a articulação e limpam-se muito bem limpas, principalmente as superficies de fricção, os canais de lubrificação e os respectivos copos lubrificadores, tendo o cuidado de afagar qualquer mozza, risco ou aspereza que se note sôbre essas superficies. Cobre-se em se-

guida o munhão com uma ligeira camada de tinta de zarcão, coloca-se sôbre êle um dos bronzes na sua posição r elativa e exercendo-se pressão obriga-se a deslocar-se em t orno dêsse munhão.

Feito isto, verifica-se se pelo menos $\frac{1}{3}$ da superfície do bronze a meio ajusta sôbre o munhão, vendo se essa superfície está t oda marcada pela tinta.

Se não está, r asca-se e repete-se a operação quantas vezes f r necessário para se obter êsse resultado. Praticadas as mesmas operações para o outro bronze, limpa-se tudo e arma-se novamente a chumaceira levando-se as porcas às marcas, tendo tido o cuidado de intercalar entre o bronze de cima ou de fora e o munhão, dois ou três pedaços de arame delgado de chumbo, massa de zarcão ou c era.

Desarma-se novamente a chumaceira tirando-se-lhe a capa e o bronze, e verifica-se a espessura da substância que intercalamos entre o bronze e o munhão e portanto qual a folga da chumaceira.

Ordin riamente essas folgas são respectivamente de $\frac{1}{3}^{\text{mm}}$ nas grandes articulações e $\frac{1}{5}^{\text{mm}}$ nas pequenas.

Um tirante está bem justo, quando pela acção do seu p eso gira de um modo regular e contínuo em t orno do munhão.

Uma chumaceira de um veio está bem justa, quando fazendo-se girar o veio, êste o faça docemente apenas com um ligeiro aumento sôbre o esforço preciso para o fazer girar com a chumaceira aliviada.

Se a folga é muito grande, tiram-se calços em número e espessura igual de ambos os lados, tornando-se novamente a armar verificando ontra vez a folga, e assim tantas vezes quantas f rem necessárias.

Se a folga é muito pequena interpõem-se de cada lado um ou mais calços em número e espessura igual para ambos os lados, fazendo-se novas verificações da folga.

Quando não há calços ou não basta tir -los para se conseguir a folga desejada, limam-se os calços mais

grossos ou os bronzes, sendo vantajoso o haver entre os bronzes alguns calços de diversas espessuras para se poder proceder rápidamente em ulteriores ajustamentos.

As porcas das chumaceiras das articulações devem ficar bem apertadas, os respectivos troços bem abertos e os freios bem apertados.

Quando o munhão está ovalisado ajusta-se a chumaceira na parte de maior diâmetro.

Avarias nos manómetros. Essas avarias podem ser devidas à deslocação do ponteiro em tórno do seu eixo, quando estando o manómetro submetido à pressão atmosférica esse ponteiro não indica o 0 e quando submetido a pressão mostra um erro constante. Conserta-se, tirando o ponteiro e colocando-o na posição conveniente.

Se o manómetro não acusa um erro constante e esse erro é proporcional às pressões a que vai sendo submetido, a avaria é devida a deslocamento do ponto de articulação do pequeno tirante com o sector ou com a mola. Corrigem-se, portanto, fazendo por tentativas variar a posição desse ponto de articulação até se acertar com a posição em que as indicações são exactas.

Se os erros não seguem lei alguma, é porque a mola está furada ou sua elasticidade sofreu alterações, pelo que o manómetro deve ser posto de parte.

Para melhor conservar um manómetro é conveniente deixar juntar alguma água no respectivo tubo, o que evita a acção directa do vapor sobre a mola, que fica assim submetida a uma temperatura mais baixa do que se soffresse directamente a acção do vapor. Além disso, nunca se deve abrir bruscamente uma torneira de um manómetro

Rebentando o troço de uma caldeira, pode-se tapar esse tubo com bujes de madeira ou escoras com tam-

pões. Claro está que não nos referimos às caldeiras aquitubulares, onde em regra um tubo roto deve ser substituído e só em alguns casos podem ser tapados empregando bujões metálicos especiais.

Querendo tapar um tubo com bujões de madeira, deixa-se descer a pressão e abater o fogo e abrindo-se a porta da caixa de fumo introduz-se no tubo um bujão de madeira que não rache com facilidade. Vai-se batendo no bujão até êle passar além da ruptura. Mete-se outro bujão áquem da ruptura e a água molhando os bujões fá-los inchar ajustando-se perfeitamente de encontro ao tubo.

Apagando a caldeira devem os bujões de madeira ser substituídos por escoras com tampões. Os tampões são ordinariamente de ferro fundido, tendo uma parte de diâmetro pouco inferior ao dos tubos para nêles entrarem e tendo outra parte de maior diâmetro, formando assim um ressalto de uma para a outra, ressalto que se faz encostar às chapas tubulares. Uma escora de ferro ou aço, roscada nas extremidades, atravessa os dois tampões, podendo apertar um de encontro ao outro.

Para montar um destes aparelhos, corta-se o tubo à face da chapa tubular e põe-se juntado o ressalto dos tampões uma junta de gachetas de mealhar ou de amianto embebida em massa para juntas. Mete-se a escora no tubo e enfiam-se-lhe de cada lado um dos tampões até os encostar às chapas tubulares; enfia-se depois na escora uma anilha bem justa fazendo junta de encontro aos tampões, e metem-se as porcas. Segura-se com uma chave a porca do lado da caixa de fogo enquanto com outra se aperta em a do lado da caixa de fumo.

Emprega-se também para tapar tubos um sistema de escoras donominadas *escoras devotente*.

Estas escoras são formadas por um varão de ferro ou aço roscado nos extremos, sendo um com rôsca esquerda, outro com rôsca direita; de cada lado há um tam-

pao formado por duas anilhas de ferro de diâmetro aproximado ao do tubo, entre os quais está outra anilha de um metal muito maleável. Entre êsses tampões há um tubo de ferro enfiado na escora e que faz com que êles se possam aproximar.

Verificado qual o tubo em que se deu a ruptura, abate-se o fogo e a pressão, abre-se a caixa de fumo e introduz-se a escora no tubo até o tampão extremo estar à altura da chapa tubular. Como o aparelho está antecipadamente preparado para uma determinada caldeira, já se sabe que estando êsse tampão nessa posição o outro está em posição aproximadamente simétrica com relação à outra chapa tubular. Aperta-se então fortemente com uma chave a porca que fica do lado da caixa de fumo, e as anilhas mais maleáveis, sendo esmagadas pelas outras entre as quais estão colocadas, ajustam-se perfeitamente ao tubo.

Para se substituir um tubo começa-se por abrir nos seus extremos vários rasgos no sentido da sua geratriz, até próximo da chapa testa, tendo todo o cuidado em não ferir esta.

Em seguida com uma encalcadeira e um martelo vai-se aliviando o tubo da cravação, aplicando a encalcadeira normalmente ao tubo na parte em que êste passa além da chapa tubular.

Mete-se depois no tubo uma escora com uma anilha que seja de diâmetro aproximado ao do furo da chapa tubular e do outro lado um grampo que se apoia à mesma chapa. O grampo pode ser substituído por uma chapa furada que se apoia em calços assentes na chapa tubular. Mete-se depois sôbre o grampo uma anilha e sôbre esta a porca. Com uma chave com o braço bastante comprido, vai-se apertando fortemente a porca, e o tubo assim solicitado por êsse esforço é obrigado a sair.

Limpam-se bem limpos os furos das chapas tubulares tirando-se-lhes alguma rebarba que por acaso possam ter.

Metido o tubo novo depois de bem limpo e recozido nos extremos, ajusta-se com o tufo mecânico, tendo o cuidado em regular o aperto apenas o preciso para se conseguir que fique estanque sem que o tubo fique degolado.

Prova hidráulica. Depois de bem limpo e desarmado tudo quanto impeça que tôdas as partes da caldeira exteriormente estejam bem acessíveis, tapam-se-lhe tôdas as aberturas por meio de bujões sólidamente fixados, juntas cheias nos encanamentos e caixas de válvulas ou interpondo anilhas de guta-percha ou de couro entre as sedes das válvulas, escorando-se por fim as válvulas de segurança. Enche-se em seguida a caldeira completamente e estabelece-se a comunicação entre ela e a bomba hidráulica especialmente adequada a êsse fim, por meio de uma tubuladura apropriada. Esta bomba deve estar munida de um manómetro em cujas indicações se deve ter absoluta confiança.

Começa-se então a comprimir vagarosamente a água na caldeira, examinando com a máxima atenção as diferentes costuras, rebites, tubos, escoras, fornalhas, chapas tubulares, etc., tomando nota de qualquer fuga ou deformação que se produza, para mais tarde se proceder ao preciso consêrto.

Se se produzirem fugas numerosas ou muito importantes, dever-se-á depois da reparação proceder a nova experiência.

Sempre que se observar sintomas de fadiga dever-se-á tomar nota da pressão a que êles se produzem e a pressão máxima de regime e portanto a carga das válvulas de segurança deverá ser regulada para $\frac{2}{3}$ da pressão observada.

Se essa pressão fôr inferior a $\frac{2}{3}$ da pressão do regime para que a caldeira foi construída, dever-se-á condenar a caldeira ou fazer-lhe grandes consertos segundo as circunstâncias.

O limite máximo a que se deve fazer subir a pres-

são numa prova hidráulica será para as caldeiras novas ou que tenham sofrido grandes consertos, o dôbro da pressão efectiva de regime quando essa pressão não exceda $6^k,000$ por centímetro quadrado. Se a pressão efectiva de regime fôr superior à acima indicada, a sobrecarga deverá ser apenas de $6^k,000$ por cm^2 em qualquer caso.

Para caldeiras que tenham sofrido pequenas reparações ou caldeiras em serviço, a pressão da experiência deverá ser igual a uma vez e meia a pressão efectiva de regime no primeiro caso e essa pressão e mais a sobrecarga constante de 3^k no segundo.

Esta pressão dever-se-á manter pelo menos durante 10 minutos.

Emprego do zinco para prevenir a corrosão das caldeiras. Em vista de várias experiências a que se tem procedido, ficou provado que se nas caldeiras entrar alguma água salgada, a água das caldeiras ficará mais ou menos acidulada; por outro lado, por mais cuidados que haja na escolha dos óleos neutros empregados para a lubrificação interna, é sempre para recear que elles conttenham alguns ácidos que, a-pesar dos filtros, sempre hão de passar em parte para as caldeiras, tornando-lhes a água também mais ou menos acidulada.

Ora, podendo as caldeiras ser construídas com metais de natureza diferente (por exemplo, caldeiras de ferro ou aço com feixe tubular de cobre), êsses metais estando mergulhados na água acidulada, podem constituir um elemento de pilha, no qual a corrente se dirigirá do ferro, electrodo negativo, para o cobre, electrodo positivo. É vantajoso portanto obstar a que haja dissolução do ferro, o que se obtem introduzindo na caldeira outro metal mais atacável pela água acidulada, e que se tornará em electrodo negativo. Êsse metal é o zinco que se introduz nas caldeiras na proporção de $1^k,100$ por 1^m^2 de superficie da grelha para as

caldeiras de grandes dimensões, e $0^k,370$ por $1m^2,000$ para as de pequenas dimensões.

O zinco pode empregar-se em chapas de superficie variável mas de espessura ordinariamente igual a 20^{mm} . Essas chapas distribuem-se pela caldeira, suspensas por grampos de ferro ligados às escoras por forma a haver entre as chapas de zinco, os grampos e as escoras contacto perfeito.

Outro processo consiste no emprêgo do zinco em esferas A, (fig. 229), atravessadas por uma lâmina de cobre B, nas extremidades da qual se soldam os fios condutores C, C, que no outro extremo se soldam às paredes bem decapadas da caldeira. Um grampo D suspende todo o aparelho das escoras E. Êste aparelho denomina-se *electrogénio de Hannay*, e é bastante empregado.

O zinco cobre-se a pouco e pouco de uma camada de óxido que isola o metal, pelo que é necessário de tempos a tempos raspar a camada oxidada.

Quando a espessura do zinco está reduzida a metade da espessura primitiva, substituem-se as placas ou esferas.

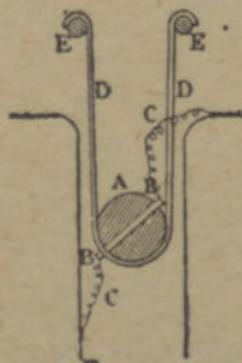


Fig. 229
Electrogénio
de Hannay



CAPÍTULO XIII

Conservação das caldeiras quando apagadas

Embora em repouso, várias causas influem para a deterioração mais ou menos rápida das caldeiras, devendo contar-se como sendo de efeitos mais sensíveis, o ar húmido, a acção galvânica provocada pelo ferro e pelo cobre em presença da água e dos ácidos provenientes da decomposição de corpos gordos, ou de alguns sais de cal e magnésia.

Vejamus então qual o tratamento a seguir quando uma caldeira tem de permanecer apagada durante algum tempo.

A primeira operação a que se deve proceder, é a limpeza dos tubos, que se executa, salvo caso de força maior, depois da caldeira arrefecida e que se faz por meio de escôvas de arame ou de cabelo que se passam através dos tubos, para o que se ligam a uma haste apropriada. Tôda a cinza proveniente dessa limpeza é em seguida retirada, bem como a proveniente da limpeza da caixa de fogo, caixa de fumo, fornalha e condutos.

Se a caldeira tem de se acender poucos dias depois, se o seu grau de saturação não é muito elevado, se a água que contém não foi metida há mais de vinte dias e não está muito suja ou gordurosa, e não contém ácidos, o que se reconhece fazendo uso do papel de Tornesol, escusa de se despejar a cal-

deira. Ficando a caldeira muito tempo em repouso, ou dando-se algum dos factos previstos no periodo antecedente, deve despejar-se a caldeira e proceder-se à raspagem interna.

Como, a-pesar-de tódas as precauções, é impossivel evitar por completo a entrada de óleos para a caldeira, estes, quando fôssemos a despejar, depositar-se-iam sôbre os tubos, esteios e tetos de fornalhas, o que, como já vimos, tinha inconvenientes. Para o evitar começar-se-á por meter mais água na caldeira, elevando-lhe o nivel a ponto de entornar durante algum tempo por uma das portas de visita, o que faz com que o óleo saia com a água que por aí se escapa, podendo depois esgotar-se a caldeira à vontade, sem risco de que se produza o inconveniente apontado.

Após a raspagem da caldeira, deve esta ser lavada com água sob pressão para poder expulsar completamente todos os corpos estranhos que haja na caldeira e esta ficar completamente limpa.

Ao mesmo tempo procede-se à beneficiação externa, raspando e pintando a zarcão tódas as superficies exteriores, que assim ficam livres do contacto do ar.

Ainda com o fim de tirar da caldeira e condensador todo o óleo que possam conter, procede-se algumas vezes, depois da caldeira raspada e limpa, a uma operação que se denomina *lexivagem*.

Para se executar essa operação, encher-se-á a caldeira com água dôce limpa até à porca superior do vidro, deitando-se-lhe 20 quilos de potassa ou de soda por cada tonelada de água. Ordinariamente, procede-se à mesma operação no condensador, onde se deitam 100 a 200 litros de água com 5 a 10 quilos da mesma substância básica.

Acende-se em seguida a caldeira fazendo subir a pressão até 2 ou 3 quilogramas e deixando descarregar o vapor para o condensador. O excesso da água existente no condensador, proveniente da condensação do

vapor vindo da caldeira, será aspirado por uma das bombas de alimentação e reenviado para a caldeira.

Depois da caldeira e condensador estarem durante 15 a 20 horas submetidos a êste regime, as gorduras serão atacadas e a água tornar-se-á oleosa, fortemente còrada e com um cheiro característico.

Começar-se-ão então a fazer extracções, reparando as perdas resultantes dessa operação com água doce limpa ou, o que é preferível, com água destilada, de maneira que passadas 24 horas o líquido primitivo tenha sido completamente renovado. Deixa-se então morrer o fogo e quando a caldeira já está fria, despejam-se e lavam-se a caldeira e o condensador.

Depois de executadas todas estas operações a caldeira é revista e pode conservar-se completamente cheia ou completamente vazia.

No primeiro caso, que é o adoptado quando o período de repouso não deve ser muito prolongado, devem encher-se as caldeiras com água doce tornada básica pela adição de carbonato de soda na proporção de 3 0/0.

Se as caldeiras forem de média ou baixa pressão podem encher-se com água do mar à qual se juntam 8 quilos de carbonato de soda por tonelada de água, ou então uma porção de cal, bastante para que uma barra de ferro bem decapada não mostre sinais de oxidação depois de mergulhada na mistura durante 12 horas.

Para a conservação das caldeiras despejadas, processo preferível para um largo período de repouso, devem empregar-se os meios para as conservar bem sêcas, para o que se procede da seguinte forma:

Queima-se sôbre a grelha uma porção de lenha ou coque e dispõem-se dentro da caldeira alguns tabuleiros com cal viva, porque sendo êste corpo muito ávido de água absorverá tôda a humidade que possa ali ter ficado.

Fecha-se em seguida a caldeira com excepção da porta superior e coloca-se perto desta, sôbre os esteios,

um tabuleiro no qual se queima algum carvão de madeira. O ácido carbónico resultante dessa combustão, à medida que se vai formando vai caindo para o fundo da caldeira, e pouco a pouco vai expulsando o ar. Reconhecido, pelo facto do carvão não arder, que todo o ar foi expulso, põe-se a porta superior e a caldeira pode conservar-se durante 4 a 6 meses, findos os quais se deve substituir a cal, que depois de hidratada deixa de exercer acção eficaz.

Ainda com o fim de preservar as superficies metálicas do contacto do ar, agente principal da deterioração, emprega-se algumas vezes a pintura interna da caldeira com bom cimento ou coaltar ou queimando-se uma porção dêste último produto sob o feixe tubular para que o espesso fumo produzido condensando-se junto às paredes dos tubos os cubra de uma camada que por completo o isole.

PARTE QUARTA

CAPÍTULO XIV

Turbinas

Entre os vários tipos de máquinas rotativas sucessivamente apresentadas com mais ou menos successo, o tipo *turbina* sobressai entre todos como o mais completo e perfeito, tendo saído do campo puramente experimental por se ter reconhecido não só que era praticamente utilizável como também mais vantajoso do que a máquina alternativa em muitas das suas múltiplas applicações.

De facto, na máquina alternativa, a cada período de acção do vapor, e ainda dentro de cada período, a temperatura do fluido sofre alterações de que resultam perdas pelas trocas de calor entre o vapor e paredes dos cilindros. Juntam-se a estas perdas ainda as resultantes da incompleta expansão do vapor nos cilindros de baixa pressão, as que são consequência da laminagem do vapor no início de cada período de admissão e evacuação, e ter-se-á a perda total que afecta o rendimento térmico da máquina alternativa, perda esta que é bastante considerável.

Ao contrario da máquina alternativa, na turbina a secção da entrada do vapor é sempre a mesma, o vapor passa através da turbina sempre na mesma direcção e por uma forma regular e continua, deixando cada parte da turbina sempre à mesma temperatura, não havendo portanto as trocas de calor entre elle e as paredes que occasionem perdas importantes. A admissão

sendo constante e não periódica, as perdas resultantes das diferentes fases da distribuição são eliminadas. É certo que do facto de não haver compressão resulta uma perda que não há meio de evitar, mas somando todas as perdas e fazendo o balanço com as da máquina alternativa, a vantagem é tóda para a turbina cujo rendimento térmico é sensivelmente maior.

Sob o ponto de visto do rendimento mecânico ainda a vantagem está no lado das turbinas.

Nas máquinas alternativas as resistências passivas têm por causas principais: a inércia que tende a opôr-se às variações de velocidade e de mudança de direcção de movimento, de todas as peças que têm movimento alternado, e o atrito no complicado sistema de articulações e guias de movimento, o que tudo somado ocasiona uma perda bastante grande no rendimento mecânico do motor.

Nas turbinas, sendo o movimento sempre na mesma direcção e com a mesma velocidade, não há que considerar as perdas devidas à inércia; e quanto ao atrito das peças móveis, reduz-se ao do veio nas respectivas chumaceiras que, pelo emprêgo da lubrificação forçada, é ainda bastante atenuado. Sendo a turbina animada de movimento circular, há perdas devidas à força centrífuga e ao atrito do vapor no meio do qual se move o tambor da turbina, o qual é reduzido ao mínimo pelo emprêgo do vapor sobreaquecido que faz com que êle se comporte quasi como um gás. Fazendo o balanço das perdas em um e outro sistema de motores, ainda a turbina mostra a sua vantagem sobre a máquina alternativa por ser maior o seu rendimento mecânico.

Resumindo as vantagens da turbina sobre a máquina alternativa, temos:

- 1.º — *Número limitado de peças móveis.*
- 2.º — *Da acção do vapor resulta immediatamente o movimento de rotação do veio motor sem a intervenção*

de quaisquer órgãos de transmissão que absorvam trabalho.

- 3.^o — *Redução do péso do motor para a mesma potência.*
- 4.^o — *Menor volume occupado pelas turbinas, e sobretudo pequena altura.*
- 5.^o — *Aumento considerável de velocidade para o mesmo consumo de combustível, nas velocidades máximas.*
- 6.^o — *Movendo-se tôdas as peças sempre no mesmo sentido, as vibrações são praticamente eliminadas.*

Para contrapor a estas vantagens, temos :

- 1.^o — *Falta de elasticidade no seu funcionamento económico, pois que para a mesma velocidade o consumo de vapor pouco varia quando se produz uma variação de carga.*
- 2.^o — *Grande velocidade angular mesmos nos tipos mais recentes em que esse inconveniente é menos sensível.*
- 3.^o — *Não ser reversível, tornando indispensável o emprego de mais outra turbina sempre que se pretende a reversibilidade do movimento, como por exemplo acontece nas máquinas maritimas.*

Este artificio, que não há meio de evitar, faz perder à turbina uma parte das vantagens enunciadas sôb os números 3 e 5.

Vejamos agora o que é a turbina.

Uma caixa fechada de forma sensivelmente cilíndrica é atravessada na direcção do seu eixo por um veio no qual se acham montados um ou mais tambores com pequenas pás fixadas na periferia. O vapor vindo das caldeiras e sendo guiado de maneira a ir incidir sôbre as pás da forma mais conveniente, actua sôbre elas determinando o movimento de rotação do sistema tambor e veio. Assim, a energia de que o vapor vai animado transforma-se em energia mecânica que determina directamente o movimento de rotação do veio motor sem a intervenção de qualquer órgão de transmissão.

É este o principio fundamental das turbinas.

Por três formas distintas o vapor pode actuar nas turbinas, e assim as teremos divididas em três grupos principais.

Se o vapor se expande antes de actuar sôbre as pás do tambor, a turbina diz-se *de acção*.

Se o vapor actua sôbre as pás da turbina a plena pressão como vem da caldeira, expandindo-se depois entre as diferentes coroas de pás, a turbina diz-se *de reacção*.

Finalmente, se o vapor sofre uma expansão parcial antes de actuar na primeira coroa de pás e a sua expansão se completa posteriormente durante a sua passagem pelas outras, a turbina será *mixta*.

Deve porém notar-se que nem nas primeiras a expansão pode ser total como se pretendia, nem nas segundas o vapor no seu percurso entre a caldeira e a turbina deixa de se expandir, embora ligeiramente, e por isso todas as turbinas são a bem dizer mixtas. Em todo o caso, um dos modos de acção do vapor prevalece sôbre o outro e êsse serve para classificar a turbina.

Há um órgão especialmente destinado para se produzir a expansão do vapor antes da sua entrada na turbina? Esta é de acção.

Não havendo êsse órgão a turbina é de reacção.

Em cada um dêstes três grupos principais há a distinguir tipos diversos.

Assim, sôb o ponto de vista da sua composição, teremos:

turbinas simples quando as pás estão dispostas sôbre um único tambor;

turbinas múltiplas quando há mais do que um tambor com pás, passando o vapor sucessivamente de um para os outros.

Em relação ao caminho percorrido pelo vapor na

sua passagem através da turbina, isto é, segundo a direcção da descarga do vapor, teremos:

turbinas de descarga paralela quando esta se faz em uma direcção paralela ao eixo da turbina;

turbinas de descarga radial, quando o vapor se escapa na direcção de um dos raios, podendo ser *centripetas* ou *certrifugas*, conforme isso se faz da periferia para o centro ou em sentido inverso.

Finalmente, com referênciã à admissãõ do vapor podem ser:

turbinas de admissãõ total se o vapor é admitido em tãda a periferia do tambor;

turbinas de admissãõ parcial, quando a admissãõ se faz sãmente em zonas limitadas da periferia do tambor.

Em qualquer tipo de turbina há que considerar dois òrgãos principais, a sabêr; o *distribuidor* e o *tambor*.

O *distribuidor* tem por fim regular e dirigir a passagem do vapor de maneira que o seu modo de acção sãbre as pás de tambor se exerça nas melhores condições em conformidade com o tipo de turbina e pode affectar formas diversas.

Quando o distribuidor tem por fim apenas mudar a direcção da descarga do vapor, como acontece nas turbinas de reacção e ainda nas turbinas mixtas, excepção feita da sua entrada na turbina, é formado por *coroas* ou ordens de *pds fixas* semelhantes às que se fixam no tambor e intercaladas entre cada duas destas últimas. Quando o distribuidor tem por fim não só dirigir a descarga do vapor, mas também provocar e favorecer a sua expansãõ total ou parcial, é entãõ formado por tubuladuras ou canais em forma de cone divergente tomando estas tubuladuras ou canais o nome de *agulhetas*.



O *tambor*, é formado por um disco metálico, na periferia do qual se fixam *pás móveis* de forma apropriada, sôbre as quais vai actuar o vapor.

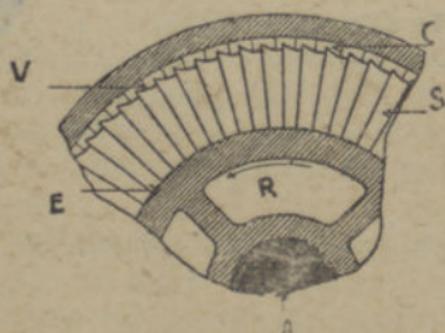


Fig. 230 — Corte transversal de uma turbina

o qual é atravessado só de um lado ou de ambos êles, pelo veio motor, fazendo-se a sua passagem para o exterior, através de *bucins* que assegurem o vedamento. Um dos lados do cilindro está em comunicação com as caldeiras por meio de um colector de vapor, o outro comunica também por tubuladura apropriada com a atmosfera, condensador ou outra turbina.

O intervalo C entre o tampo das pás móveis S e o cilindro, (fig. 230), bem como entre o tampo das pás fixas V e o tambor R, denomina-se *liberdade das pás*.

Vejamos agora alguns tipos de turbinas mais comumente empregados e as características especiais de cada um dêles.

O tambor acha-se montado sôbre o *veio motor* da turbina, o qual é suportado e guiado no seu movimento de rotação por diversas *chumaceiras-suportes*.

O tambor e distribuidor acham-se encerrados em uma caixa de forma sensivelmente cilíndrica ou cônica que tem o nome de *cilindro*,

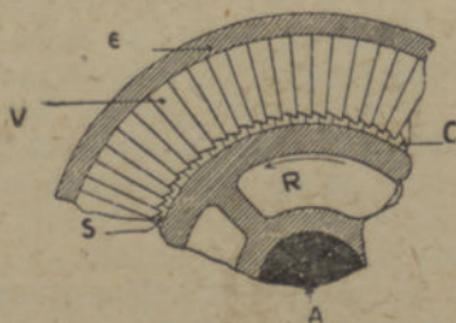


Fig. 231 — Corte transversal de uma turbina

Turbina de acção

O característico das turbinas de acção é, como já foi dito, o facto do vapor se expandir quasi totalmente antes de ir actuar sôbre as pás do tambor.

Da expansão do vapor, que tem lugar em cada uma das agulhetas, resulta êste ir animado da máxima velocidade compativel com a pressão existente no cilindro, e actuando sôbre as pás do tambor ceder-lhes a sua *fôrça viva* determinando o movimento de rotação.

Nestas condições, o rendimento será máximo quando máxima fôr a velocidade do vapor à saída da agulheta e mínima a sua velocidade ao abandonar as pás.

Para conseguir êste resultado é necessário que seja tão grande quanto possivel a diferença de pressões, inicial P e final p , o que se consegue empregando caldeiras que forneçam vapor a altas pressões e fazendo a descarga da turbina para um condensador onde, como se sabe, a pressão é inferior à pressão atmosférica. Além disso é necessário que a agulheta tenha uma forma tal que o vapor na sua passagem por ela se possa expandir de modo que a sua pressão passe de P para p , única maneira de adquirir a sua velocidade máxima e, consequentemente, a maxima fôrça viva.

Vejamos agora alguns tipos de turbinas de acção:

Turbina Laval.—É, como vai vêr-se, uma turbina de admissão parcial e descarga paralela, bastante simples nos seus elementos.

Sendo o seu rendimento tanto maior quanto mais elevada fôr a velocidade periférica do tambor, de aí derivam os inconvenientes que limitam o seu emprêgo. De facto a sua grande velocidade, que chega a atingir 20.000 rotações, torna necessária a adopção de uma equipagem de rodas de engrenagem que reduza aquela

velocidade a cêrca de 2.000 rotações, velocidade esta ainda bastante elevada.

Além disso, como a tal velocidade corresponde um valôr bastante elevado para a fôrça centrífuga dela resultante, não se pode passar além de certos limites

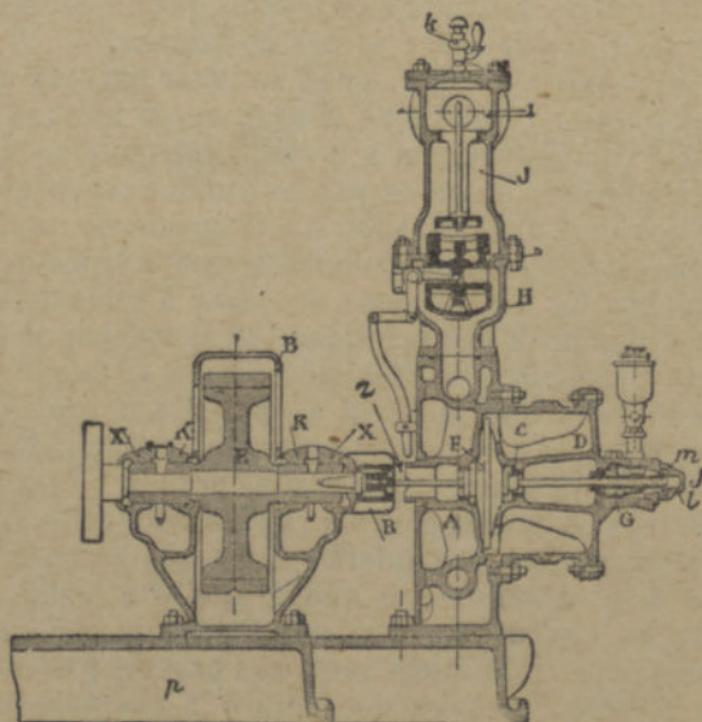


Fig. 232 — Turbina Laval

em dimensões e portanto em potência, sem comprometer a segurança do aparelho.

A (fig. 232), mostra um corte longitudinal de uma turbina Laval e a (fig. 233) a planta da mesma turbina.

O vapor vindo da caldeira por tubuladura apropriada entra na *caixa do separador* I, atravessa o *rulo* J onde deixa qualquer substância estranha que por êle venha arrastada e, misturando-se com uma pequena porção de óleo lubrificante, que gôta a gôta cai do *copo* k, passa pela *válvula do regulador* S e entra na *caixa*

de distribuição A, concêntrica com o tambor F da turbina. Na caixa de distribuição distribui-se pelas agulhetas, que na figura não estão à vista, e vai actuar sô-

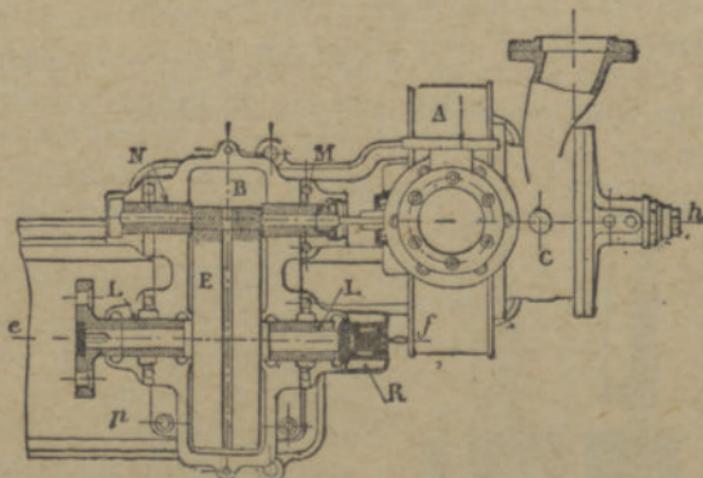


Fig 233 — Turbina Laval

bre as pás do tambor F, donde passa para a caixa de evacuação C, de aí por tubuladora apropriada para o condensador ou atmosfera.

O tambor está montado sôbre um veio motor, um dos extremos do qual é guiado em uma chumaceira de rótula G. O outro extremo do veio passa para o exterior do cilindro através do obturador, Z, além do qual se acham as duas chumaceiras suportes de forma vulgar M, N (fig. 233); entre as chumaceiras está montado um carrêto engrenando com uma roda de engrenagem, E, montada sôbre um veio intermedidrio, suportado também por duas chumaceiras suportes LL. No extremo dêsse veio esta montado o regulador de força centrífuga R.

Esta equipagem de rodas de engrenagem é resguardada na caixa B onde está montado um copo lubrificador destinado exclusivamente para a sua lubrificação.

Vejamos agora mais detalhadamente cada um dês-tes órgãos.

O tambor, cujo diâmetro para o tipo de 300 cavalos é de 0^m,700, é formado por um disco de aço, bastante resistente, na periferia do qual e em direcção paralela ao eixo se abrem as caixas A, (fig. 234), para montagem das pás P.

Na mesma figura se vê de perfil e em corte a forma das pás, que ordinariamente são de bronze fosforoso, mas que quando se utiliza o vapor sobreaquecido têm de ser construídas em aço-níquel.

A largura das pás não exc. de 12^{mm} e o seu comprimento varia com o diâmetro do tambor; as pás são em número variável com a potência da turbina, tendo 40 pás a turbina de 5 cavalos e 200 a turbina de 100 cavalos.

Por mais cuidados que se tenha, ao construir uma turbina é absolutamente impossível fazer com que o centro de gravidade do sistema tambor e veio coincida

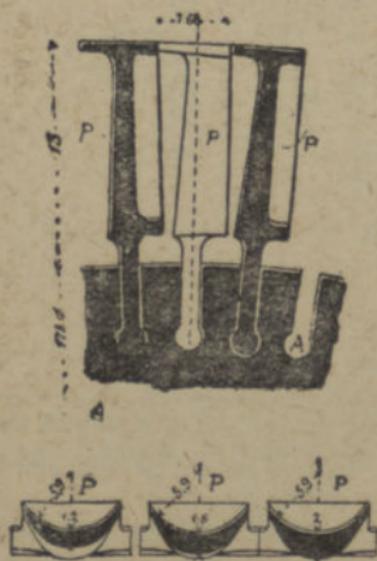


Fig. 234 — Pás de turbina Laval

rigorosamente com o eixo do veio, pois que se não pode obter metal absolutamente homogêneo, e assim a massa do tambor e pás não poderá nunca estar igualmente distribuída em tórno do eixo do veio.

Por esta razão, quando o tambor está em movimento, em virtude da força centrífuga o veio tende a curvar-se na direcção em que do seu eixo se acha afastado o centro de gravidade da massa girante, pelo que, se êle fôr de dimensões tais que o tornem rígido, aumentará consideravelmente o atrito nas chumaceiras suportes e corre o risco de se quebrar.

Para obviar a êstes inconvenientes, Laval emprega

um *veio flexível* de dimensões tão reduzidas que lhe permitem a flexão sem lhe comprometer a segurança. Sobre esse veio o tambor é montado, não a meio mas sim a um t $\frac{1}{3}$ do seu comprimento.

Vejam os que sucederia se o tambor fôsse montado a meio do veio.

Nessas condições, seja *cc*, (fig. 235), o veio, *d* o tambor e *a* posição do centro de gravidade. Em virtude da força centrífuga o veio tenderia a curvar-se como mostra a figura, e o centro de gravidade *a'*, afastando-se cada vez mais do eixo de rotação, representado pela linha pontuada, mais aumentaria o efeito da força centrífuga, acabando-se fatalmente pela fractura do veio.

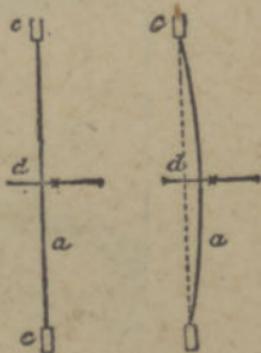


fig. 235

Consideremos agora o caso do tambor estar montado a um t $\frac{1}{3}$ do comprimento do veio, como foi adoptado para as turbinas Laval. Nessas condições, ao pôr a turbina em marcha, o veio *cc*, (fig. 236), co-

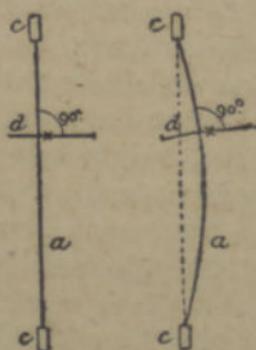


Fig. 236

meça por se curvar, mas então o plano de simetria do tambor *d* em vez de se conservar perpendicular ao eixo de rotação, como acontece no primeiro caso, estará, como se vê na figura, inclinado em relação a esse eixo, pelo que, quanto mais aumentar a velocidade angular, maior será a sua tendência para ocupar a posição perpendicular ao eixo de rotação, até que, atingida uma certa velocidade, a força centrífuga é vencida e o tambor vem

ocupar a sua posição de equilíbrio fazendo o veio endireitar-se e passando o eixo do veio a ser o eixo de rotação, como se pretendia.

Chumaceira de rótula.— O suporte A, (fig. 237), da chumaceira, cuja forma, como se vê na figura, é sensivelmente tronco-cônica, fixa-se por meio de pernos e porcas ao cilindro, ficando o seu eixo no prolongamento do eixo do veio motor da turbina.

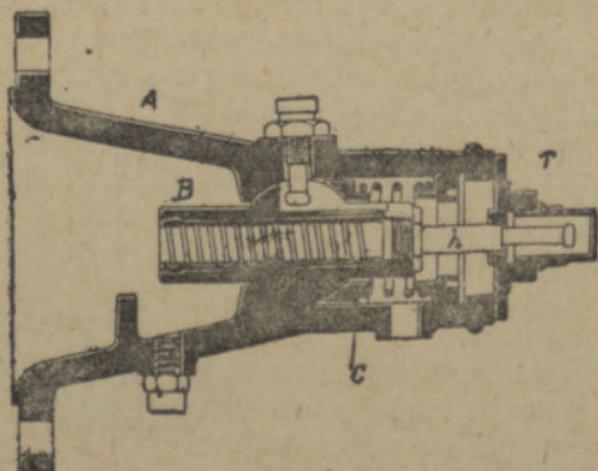


Fig. 237 — Chumaceira de rótula

Um *bronzes* B bastante longo e inteiriço, guarnecido com metal branco, tem exteriormente e a meio uma parte com a forma e-férica. Essa parte do bronzes ajusta-se de um lado à parede da *caixa da chumaceira* e do outro à *capa* C, sendo esse ajustamento regulado pelo experto de uma *mola helicoidal*, cuja tensão é regulada por intermédio de um *tampão roscado*, como se vê na figura. Um *parafuso-freio* atravessa a caixa e impede que o bronzes seja arrastado pelo veio no seu movimento de rotação.

A *haste h*, mantida na sua posição pela *tampa* T da caixa da chumaceira, impede qualquer deslocamento longitudinal do veio.

Ao longo da parede interna do bronzes abre-se um canal que facilita a lubrificação abundante desta chumaceira, que, a-pesar-de especialmente disposta para

evitar a passagem do óleo para o interior da turbina, não consegue por completo tal resultado.

Em virtude da sua forma e disposição, o bronze desta chumaceira pode deslocar-se em tórno de qualquer eixo da esfera e por isso acompanha o veio quando êste se deforma em virtude da fôrça centrífuga, pelo que dessa deformação não resulta aumento do esforço de fricção.

A passagem do veio motor da turbina para o exterior faz-se através de um *obturador*, (fig. 238,) formado

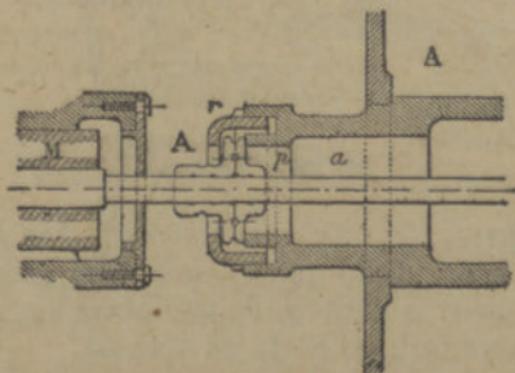


Fig. 238 — Obturador

por um *disco* de metal branco A, que se ajusta ao veio, disco com o cubo ou núcleo bastante longo para aumentar a superfície de contacto. O furo do disco que, como dissemos, se ajusta ao veio, tem vários canais de pequena profundidade para onde entra algum vapor que ali se conserva em virtude da fôrça centrífuga, e formando por isso como que uma guarnição. Para facilitar a montagem, o disco do obturador é bipartido, fixando-se as duas partes por meio de cavilhas.

O disco é mantido no seu lugar por uma *coroa*, do *bucim do obturador*, r.

As *agulhetas* são em número de 4, 6 ou 8 e acham-se igualmente repartidas pela circunferência da caixa de distribuição. Cada uma é formada por um tubo B em cone divergente em relação ao caminho percorrido

pelo vapor, o qual é indicado na (fig. 239) por setas. As agulhetas acham-se montadas de forma tal que o vapor vai incidir sobre as pás P do tambor, segundo um ângulo previamente determinado. A válvula H manobrada exteriormente por um *manipulo de roda R*,

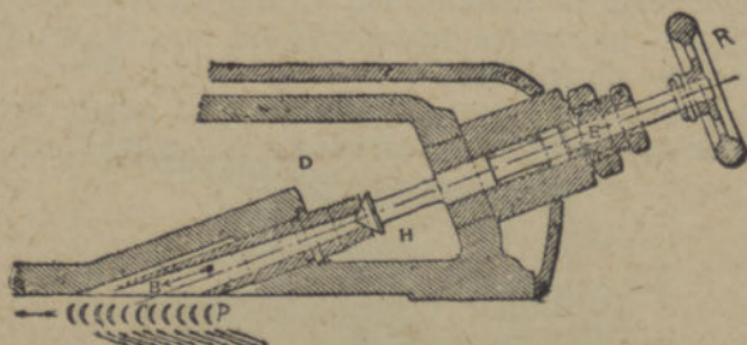


Fig. 239 — Agulheta

regula a passagem do vapor através das agulhetas, permitindo além disso que à vontade se possa aumentar ou diminuir o número de agulhetas em actividade e assim se varie a potência da turbina.

Regulador. — O regulador que mostra a (fig. 233), é um regulador de força centrífuga que, por intermédio de um apropriado sistema de alavancas, vai actuar sobre uma válvula, de sede dupla e grande secção, montada na passagem do vapor entre o separador e a caixa de admissão; os construtores americanos usam porém um regulador semelhante, mas que actua sobre uma válvula atmosférica, a qual, quando se abre, deixa passar uma porção de ar para dentro do cilindro, pelo que, aumentando aí a pressão, faz diminuir a velocidade de descarga do vapor, do que resulta diminuir a força viva de que éle vai animado e portanto diminuir também a velocidade da turbina.

Estes reguladores, sendo muito sensíveis e de construção muito delicada, demandam muitos e especiais cuidados na sua conservação.

Em modêlos mais recentes da turbina Laval apparece outro tipo mais simples de auto-regulador, (fig. 240).

Êste é formado por uma *caixa cilíndrica* C, que se abre na caixa de admissão, tendo o seu eixo no prolongamento de cada uma das agulhetas. O *êmbolo* E, bastante longo, prolonga-se por uma haste cujo extremo é a válvula da agulheta respectiva. Em virtude da acção do vapor, êste êmbolo tenderia a subir e portanto a válvula a abrir-se, se não se lhe opusesse a resistência de uma *mola helicoidal*, cuja tensão se regula pelo apêrto de um *parafuso tensor*, manobrado do exterior.

Estando a mola bem apertada, a válvula conserva-se fechada; regulando a tensão da mola para uma certa pressão, sempre que na caixa de distribuição aumentar a pressão do vapor, o êmbolo sobe, abrindo a válvula, pelo que a pressão baixará, dependendo assim o grau de abertura da válvula do equilíbrio entre a pressão do vapor e a tensão da mola.

Engrenagem. — A grande velocidade angular da turbina Laval torna necessário o emprêgo de uma equipagem de rodas de engrenagem, com o fim de reduzir aquella velocidade em conformidade com o fim a que a turbina é destinada.

O carrêto e roda são feitos em aço com duas ordens de dentes helicoidais de pequeno passo, e sendo cada ordem de dentes inclinada em sentido contrário ao da outra. A inclinação dos dentes é de 45° e a relação entre os diâmetros do carrêto e da roda é de 1 : 10.

Algumas vezes, com o fim de obter ainda maior redução de velocidade, o carrêto engrena com duas rodas montadas, uma de cada lado e em veios paralelos. No extremo de cada um dêsses veios há outro carrêto,



Fig. 240
Regulador

engrenando com outra roda montada em um quarto veio, cujo eixo está no prolongamento do eixo do veio motor da turbina.

A turbina Laval, cuja potência, limitada pelas causas que apontamos, não vai além de trezentos cavalos, funciona em boas condições de regularidade e economia, sendo bastante empregada como motor de dinamos, bombas centrifugas e aparelhos de ventilação.

Turbina Rateau. — É uma turbina de acção múltipla, admissão total e descarga paralela, (fig. 243).

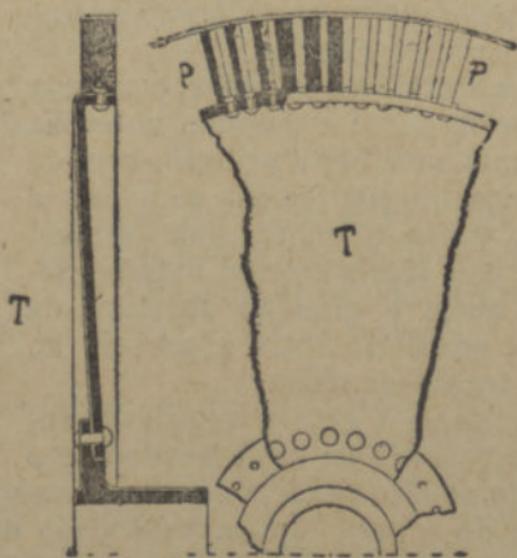


Fig. 241 — Tambor e pás

Consta esta turbina de um *cilindro* dividido em vários compartimentos por meio de *diafragmas* transversais. O *veio-motor* atravessa longitudinalmente o cilindro e os diafragmas, obtendo-se o vedamento entre o cilindro e o veio, na passagem d'este último para o exterior, por meio de um *obturador* assim disposto:

À *manga b*, (fig. 242), veste no *veio a*, fixando-se por meio de uma junta cônica apertada por um *bucim g*.

No espaço anelar *c* circula vapor sob pressão, o que assegura o vedamento na periferia da *manga b*.

Para se obter o vedamento na periferia do veio servem os *dois aneis* bisartidos *d, d*, feitos em metal branco e bem apertados de encontro ao veio pelo esforço dos *aros cc*, feitos de aço temperado, os quais abraçam os aneis fazendo as vezes de mola.

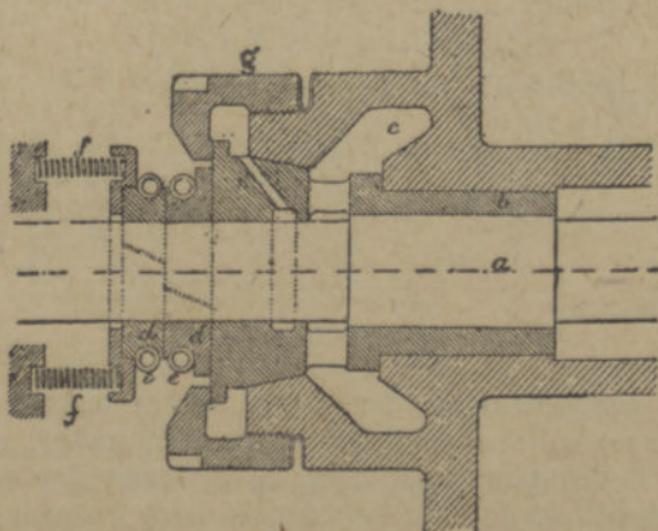


Fig. 242 — Obturador

Esses anéis são premidos de encontro à face do topo da manga pelo esforço de quatro *molas helicoidais f f* cuja tensão deverá ser bastante para assegurar o vedamento entre as superfícies em contacto.

Como se vê pela descrição que acabamos de fazer, neste sistema de obturação há atrito de metal sobre metal, o que ocasiona uma certa perda que se evita em outros tipos de turbinas como, por exemplo, com a disposição empregada por Parsons que adiante veremos.

Em cada compartimento da turbina acha-se montado sobre o *veio* um *tambor T*, feito de chapa de aço-níquel para não ser facilmente oxidável e com uma forma tal que permite reduzir-lhe consideravelmente a espessura sem lhe diminuir a resistência.

A borda do disco é virada em ângulo recto e sôbre a aba assim formada se cravam as *pás móveis* P, (fig. 241), também feitas em metal não oxidavel.

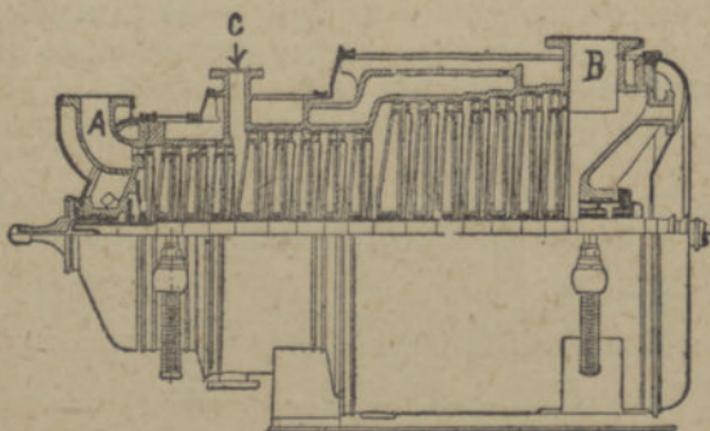


Fig. 243—Turbina Rateau

Os *diafrágm*as são ôcos para serem mais leves e são atravessados ao centro pelo veio motor, obtendo-se o vedamento por meio de um casquilho de metal branco metido no diafragma e bem j sto ao veio.

Distribuídos pela circunferência do diafragma acham-se vários canais com a forma de um cone divergente, através dos quais o vapor passa de compartimento para compartimento, sendo cada um dêsses canais uma *agulheta* onde o vapor sofre um certo grau de expansão.

Dada a forma e dimensões das agulhetas, vê-se, (fig. 243), que o vapor vindo da caldeira pelo *tubo condutor* e tendo passado pela *válvula de garganta* e *válvula do regulador*, entra por A na *caixa de admissão*; aí encontrando o *primeiro diafragma* passa através das *agulhetas*, (fig. 244), sofrendo uma *expansão parcial* que se traduz por um aumento de *fôrça viva*, depois do que vai actuar sôbre as *pás móveis* do *primeiro tambor* fazendo-se deslocar e perdendo por isso grande parte da *fôrça viva* de que ia animado. Deixando o comparti-

mento do primeiro tambor, passa através do *segundo diafragma* pelas respectivas *agulhetas*, sofrendo portanto nova expansão e conseqüente aumento de força viva, e assim sucessivamente de *tambor para tambor* até chegar à *caixa de evacuação* de onde, por B, (fig. 243) vai para o *condensador*.

O número de tambores empregados está ordinariamente compreendido entre 20 e 30, distribuídos por

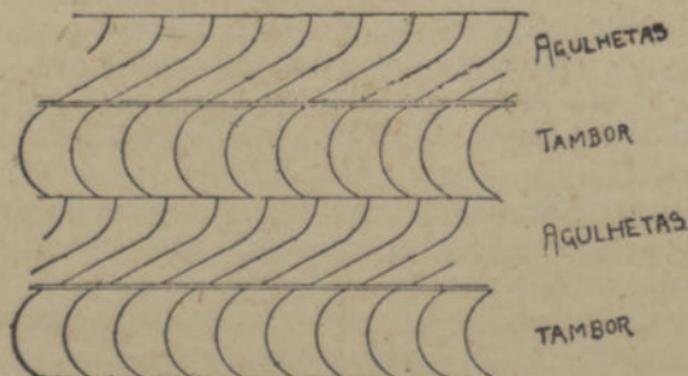


Fig. 244—Secção das agulhetas e das pás

quatro séries de diâmetro crescente. O aumento de diâmetro tem por fim o poder conseguir-se um acréscimo de volume correspondente ao aumento do volume sofrido pelo vapor após a sua expansão na passagem através das agulhetas.

Para que acidentalmente se possa obter um aumento de potência e para auxiliar a operação de deixar a andar, um *vd'vula auxiliar de marcha* permite que, por C, possa ser directamente admitido na segunda série de tambores o vapor a plena pressão, conforme vem das caldeiras.

Na turbina Rateau adopta-se muitas vezes uma disposição também adoptada em outros tipos, por meio da qual os tambores se acham distribuídos por dois cilindros independentes postos em comunicação por um

tubo através do qual se faz a passagem de vapor de um para outro.

Por analogia com as máquinas alternativas, dá-se às turbinas assim dispostas o nome de *turbinas Compound* sendo *turbina de alta pressão* aquela em que a admissão se faz com vapor vindo das caldeiras, e *turbina de baixa pressão* aquela em que o vapor admitido já funcionou em alta pressão. Também por analogia com as máquinas alternativas, quando duas turbinas estão montadas com o seu eixo no prolongamento um do outro, actuando portanto sobre um único veio motor, diz-se que elas estão dispostas em *tandem*.

As chumaceiras suportes são montadas exteriormente em número de duas, uma de cada lado do cilindro.

Para impedir o deslocamento longitudinal do veio da turbina, consequência da resistência que pelas pás móveis é oposta à passagem do vapor e ainda devida à diferença de pressões do vapor entre uma e outra face do tambor, há uma *chumaceira de impulso*, inteiramente semelhante àquelas que foram descritas quando tratámos das máquinas alternativas. Como é necessário que os tambores estejam exactamente a meio do compartimento em que trabalham e como, em consequência dos gastos na chumaceira de impulso, êles se vão afastando dessa posição, esta chumaceira é disposta por forma a poder ser deslocada em um ou outro sentido, havendo um escantilhão que aplicado a uma referência serve para a verificação da posição dos tambores.

A turbina Rateau, cuja velocidade média é 1600 a 2000 rotações, tem as mesmas applicações que os outros tipos já descritos e, assim, emprega-se como motor de diâmetros, bombas centrifugas, ventoinhas, etc., tendo também sido experimentada como motor de barcos torpedeiros.

Outra applicação feliz da turbina Rateau é a que aproveita o vapor de evacuação de máquinas alternati-

vas, pelo que a energia do vapor é assim mais completamente utilizada.

Neste caso o vapor de evacuação de uma ou mais máquinas alternativas vai para uns reservatórios denominados *acumuladores*, donde, sob uma pressão constante, vai actuar na turbina passando por tubuladura apropriada.

O emprêgo dos acumuladores é necessário e tem por fim regularizar as características do vapor antes da sua admissão na turbina evitando as alterações que poderiam produzir-se por qualquer alteração momentânea no funcionamento das máquinas cuja evacuação alimenta os acumuladores.

Turbina Breguet. — É uma turbina de acção multipla, admissão total e descarga paralela.

Dentro de um cilindro dividido em duas partes por meio de uma parede cheia, acham-se montados sôbre um veio vários tambores de diâmetro crescente cuja forma, bem como a das respectivas pás, é perfeitamente igual à dos tambores e pás da turbina Laval.

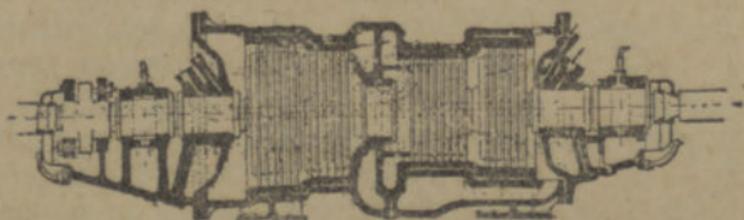


Fig. 245 — Turbina Breguet

O vapor vindo das caldeiras entra em um dos compartimentos do cilindro perto do diafragma central, passa através das agulhetas onde sofre uma expansão parcial como acontece na turbina Rateau e actua sôbre as pás do primeiro tambor. Passa depois entre pás fixas dispostas de maneira a formarem uma *agulheta* no intervalo entre cada par, torna a expandir-se e vai actuar em outro tambor, e assim sucessivamente, até

que chegado ao último tambor desse lado da turbina, vai por um canal exterior outra vez para a parte central, mas então do lado oposto do respectivo diafragma, indo actuar por forma inteiramente semelhante nos tambores dêsse lado da turbina até que, chegando ao último, passa da caixa de evacuação para o condensador ou atmosfera.

O deslocamento longitudinal do veio não se faz sentir nesta turbina visto a descarga do vapor fazer-se em duas direcções opostas, do centro para as extremidades.

Turbina Seger. — É uma turbina de acção múltipla, admissão limitada e descarga paralela.

Dentro de um cilindro atravessado pelo veio-motor movem-se dois tambores sistema Laval, separados por um diafragma de pequena espessura e cheio de furos de pequeno diâmetro.

Um desses tambores está fixo ao veio-motor enquanto o outro, que é o que está ao lado da caixa de evacuação, é montado em uma manga concêntrica com o veio-motor, mas girando livre em torno dêle.

Os dois tambores A e B separados pelo diafragma C, (fig. 246), têm pás montadas com as concavidades em sentido contrário as de um às do outro.

O vapor expandindo-se na sua passagem através das agulhetas D actua sobre as pás do tambor A depois do que passa através do diafragma C e com o restante da sua força viva actua sobre as pás do tambor B fazendo-o girar em sentido contrário ao de A, sendo a velocidade de A cerca de 12 vezes maior do que a de B.

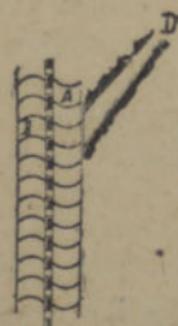


Fig. 246
Tambores e agulhetas

Montados nos extremos do veio do lado de A e da manga do lado de B, ha dois tambores D e E cujos diâmetros estão entre si na razão inversa das velocidades dos tambores A e B, (fig. 247).

O conjunto da turbina fixa-se sôbre um *suporte* no qual se acha montado um *veio de transmissão* perpendicular ao veio motor da turbina e no qual está fixado um tambor, F, de grande diâmetro. Paralelamente e junto a êste tambor ha outro igual, montado sôbre um veio curto que pode ser deslocado para regular a tensão de uma *correia* sem fim que, passando nos quatro tambores de que falamos, transmite o movimento de rotação do veio motor ao veio de transmissão com a redução de velocidade correspondente à diferença de diâmetros dos tambores.

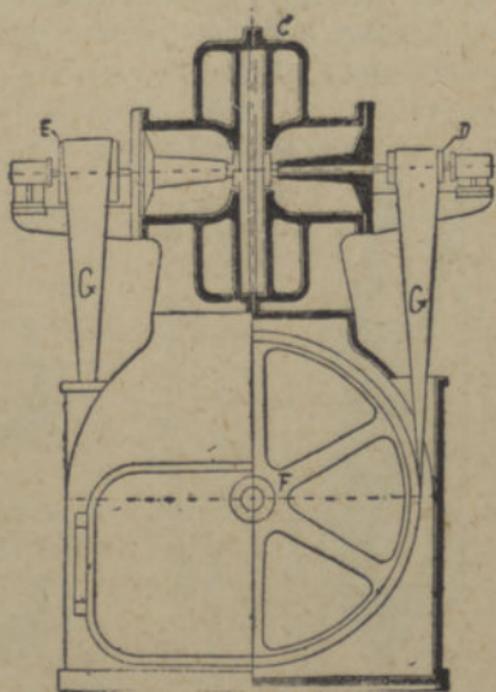


Fig. 247 — Turbina Seger

Esta turbina, que se emprega como motor de bombas centrífugas, dinamos, etc., mas sômente para pequenas potências, é por assim dizer um aperfeiçoamento da turbina Laval, por meio do qual se utiliza o restante da fôrça viva com que o vapor abandona o primeiro tambor para fazer mover um segundo tambor e assim obter-se um acréscimo de rendimento.

Turbina Riedler-Stumpt. — Dentro de um *cilindro* que afecta a forma da caixa de uma ventoinha, move-se um *tambor* de aço-niquel, cujo diâmetro em geral não excede dois metros. Na periferia do tambor, (fig. 248), abrem-se por meio da freza

entalhes de secção semi-circular que constituem as *pás móveis* da turbina e cujo número é ordinariamente 150.

Os entalhes abertos no tambor podem estar dispostos só em uma coroa e então as pás são *simples*, ou se dispõem em duas coroas paralelas, e nêsse caso as pás são *duplas*.



Fig. 248 — Pás

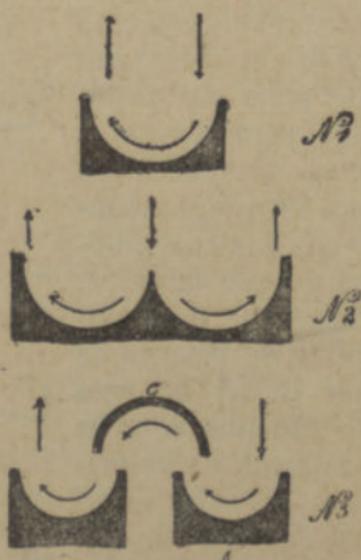


Fig. 249 — Secção das pás

Se o tambor tem pás simples, o vapor entra na pá por um dos lados, contorna-a e sai pelo lado oposto, como pode ver-se pela direcção das setas na (fig. 249), n.º 1.

Tendo o tambor pás duplas, o vapor incide tangencialmente ao plano médio do tambor, divide-se em dois jactos de encontro à nervura que separa os dois entalhes e cada jacto actua em um dos entalhes como em um tambor de pás simples (mesma figura, n.º 2).

Outra combinação pode obter-se montando a par dois tambores de pás simples A e B (n.º 3) e fazendo na parede do cilindro, a meio dos dois tambores, uma canelura C que dirija a descarga do vapor, de modo que êle siga a direcção indicada na mesma figura.

A construção e montagem dos tambores são operações bastante cuidadas para que o centro de gravidade de todo o sistema girante fique o mais próximo possível do eixo de rotação. A montagem faz-se sem que o *veio motor* atravesse o tambor, mas encostando este à face do tampo do prato de ligação por que aquele termina e atravessando as duas peças por parafusos com porca, contra-porca e trôço, que ligam entre si tambor e veio.

As *agulhetas*, (fig. 250), têm em certa extensão do seu comprimento a forma de um tronco de cone com a base maior voltada para o lado da entrada de vapor, como se vê nos cortes C D e E F; na sua restante extensão a agulheta passa a ter a forma de uma pirâmide truncada de base rectangular, como se vê no corte A B, estando a base menor voltada para o centro da agulheta; o orifício de saída do vapor, em vez de ser perpendicular ao eixo da agulheta, abre-se em uma direcção oblíqua em relação a esse eixo, obtendo-se assim não sómente uma expansão mais completa do vapor, mas também uma melhor forma de incidência do vapor sobre as pás da turbina.

Feitas em aço-níquel, o que as torna menos sensíveis aos efeitos da oxidação, as agulhetas são distribuídas pela circunferência da turbina em grupos por sectores, de modo que conforme se abre o vapor para a totalidade das agulhetas, ou apenas para um ou mais

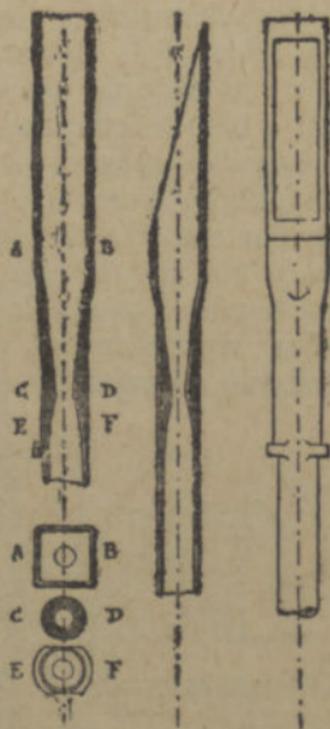


Fig. 250 — Agulhetas

sectores, assim se consegue obter a potência máxima da turbina ou apenas uma fracção dessa potência. Nas turbinas para pequenas potências as agulhetas acham-se tôdas em um só grupo disposto em um sector.

Em virtude da incidência do vapor se fazer tangencialmente à curva da pá, o veio motor desta turbina não tende a deslocar-se longitudinalmente, pelo que a chumaceira de impulso é indispensável, havendo apenas chumaceiras suportes com a forma vulgar.

A lubrificação destas chumaceiras faz-se pelo processo chamado de *lubrificação forçada*, em virtude do qual o óleo lubrificante é comprimido por uma bomba e obrigado a passar através das chumaceiras; assim, os munhões giram não em contacto com o bronze mas sim em contacto com uma camada de óleo sôb pressão, o que reduz bastante o atrito. O movimento para esta bomba é tirado do veio motor.

Um *regulador de força centrífuga* actuando na admissão do vapor estrangula-a mais ou menos, regu-

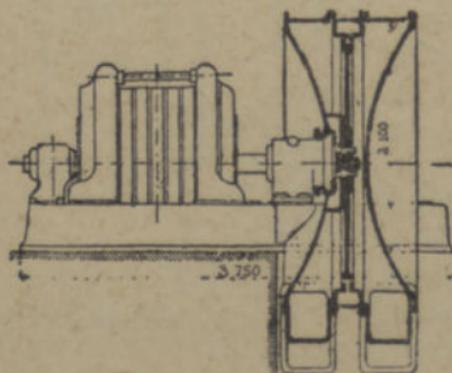


Fig. 251 — Turbina Riedler-Stumpf de alta pressão

lando a velocidade da turbina, e um *regulador de segurança* intercepta completamente a passagem fazendo parar a turbina quando é atingida uma velocidade perigosa, ou seja cêrca de 15 % além da velocidade normal.

A (fig. 251) mostra a disposição geral de uma turbina de *alta pressão*, sistema Riedler-Stumpf, ligada a um dinamo a que serve de motor.

A (fig. 252) mostra a disposição mais completa de duas turbinas Compound do mesmo sistema, montadas

em tândem e servindo também como motor a um dínamo montado entre elas.

Turbina Zoelly. — É uma turbina múltipla, de acção e de descarga paralela, (fig. 253).

Nos modelos primeiramente apresentados e que hoje estão fora de uso, os tambores eram divididos em dois grupos, no primeiro dos quais o vapor, passando

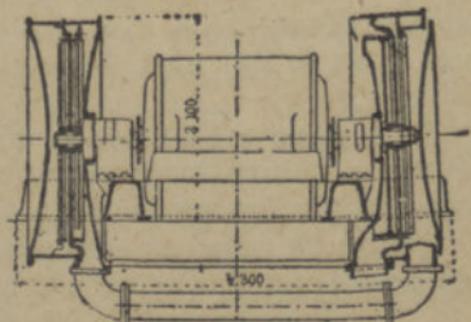


Fig. 252 — Turbinas Riedler-Stumpf em tandem

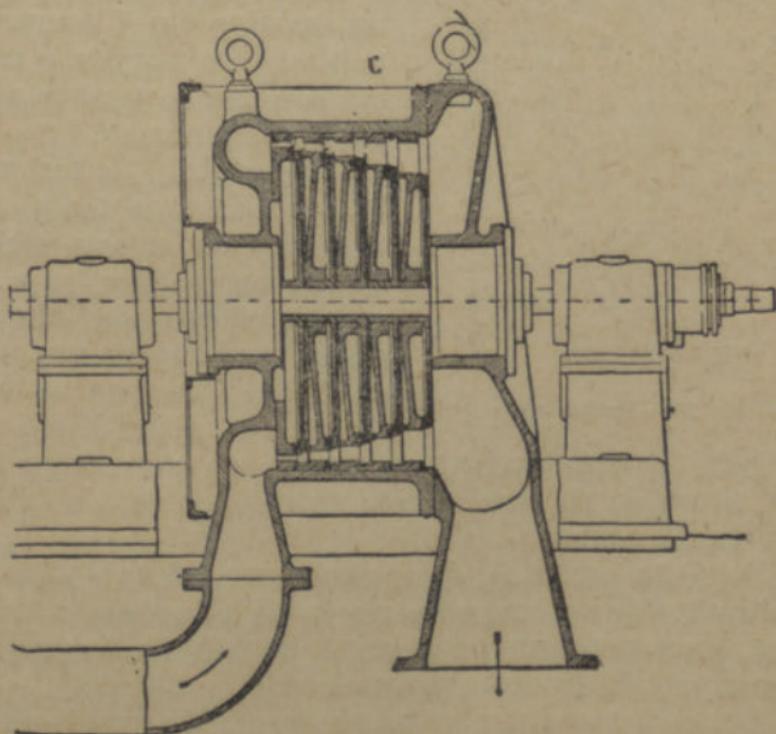


Fig. 253 — Turbina Zoelly

através de quatro agulhetas convergentes divergentes,

incidia tangencialmente sôbre as pás móveis, emquanto que no segundo grupo as agulhetas eram apenas divergentes, e a incidência do vapor sôbre as pás fazia-se em uma direcção paralela ao eixo da turbina.

No modêlo mais recente, que por completo substituiu o primitivo, cada *cilindro* é dividido em vários compartimentos por meio de diafragmas.

Dentro de cada compartimento move-se um tambor de aço-níquel T, (fig. 254), na periferia do qual se montam as *pás moveis* P, sendo cada pá separada da que se lhe segue por um *calço*.

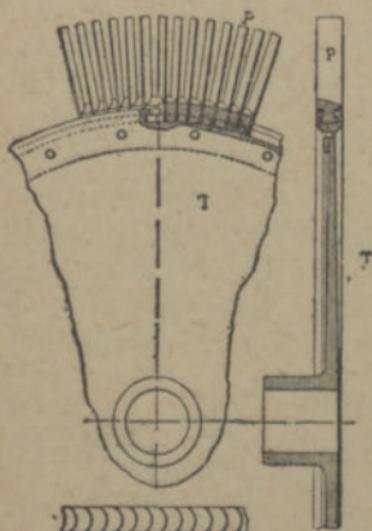


Fig. 254 — Tambor e pás

Pás e calços fixam-se em um *rebaixo* em T formado pela aba do tambor e por um *aro* fixo ao tambor por parafusos e porcas.

Ao contrário da turbina Rateau, em que todos os tambores da mesma série são de igual diâmetro e a cada aumento de altura da pá corresponde um aumento de diâmetro de cilindro, na turbina Zoelly o

cilindro é rigorosamente cilíndrico e a cada aumento de altura da pá corresponde uma diminuição no diâmetro do tambor.

Por êste processo, da mesma maneira se obtém o acréscimo de volume e de secção de passagem do vapor, correspondente ao aumento de volume do vapor, consequência da expansão produzida.

As *agulhetas* abrem-se na espessura da parede dos diafragmas, tendo duas faces opostas, planas e divergentes, e as outras duas formadas por arcos de círculos concêntricos. Cada agulheta tem a secção de um

sector circular, secção que vai aumentando do lado da entrada para o da saída do vapor.

De diafragma para diafragma, a espessura da parede que separa as agulhetas vai diminuindo, aumentando proporcionalmente a secção das agulhetas até que no último diafragma há uma única agulheta com a secção de uma coroa circular.

Ordinariamente empregam-se duas turbinas em *tandem*, sendo as três chumaceiras suportes do veio motor, montadas exteriormente, uma entre as duas turbinas e as outras aos lados.

A mais destas três chumaceiras, há uma chumaceira de impulso, com o fim de impedir o deslocamento longitudinal do veio.

Além dos fins com que geralmente são empregados os vários tipos de turbinas anteriormente descritos, a turbina Zoelly também se emprega como *turbina marítima*, isto é, destinada a fazer mover os navios.

A (fig. 255), mostra a disposição adoptada para a instalação de turbinas Zoelly, a bordo de um navio construído em Kiel.

AP são as turbinas de alta pressão; BP, turbinas de baixa pressão; C o condensador e VV os dois veios motores com as respectivas chumaceiras suportes S e chumaceiras de impulso II.

Em marcha seguida as turbinas podem trabalhar em série e assim o vapor é admitido só em um dos cilindros de AP, passando depois sucessivamente por cada um dos outros três. Em manobras, cada grupo formado por uma turbina de AP e outra de BP do mesmo bordo, pode trabalhar isoladamente, recebendo vapor directamente da caldeira.

Nos cilindros das turbinas de alta pressão, mas em compartimento separado, acha-se montado um outro tambor com as pás dispostas de forma a determinarem o movimento do veio em sentido contrário, ou seja para a ré.

Este tambor de marcha à ré, gira livre no veio quan-

do êste se move na marcha a vante, e o conjunto de todos os aparelhos acha-se disposto de forma tal que tôdas as manobras podem ser executadas por um único operador.

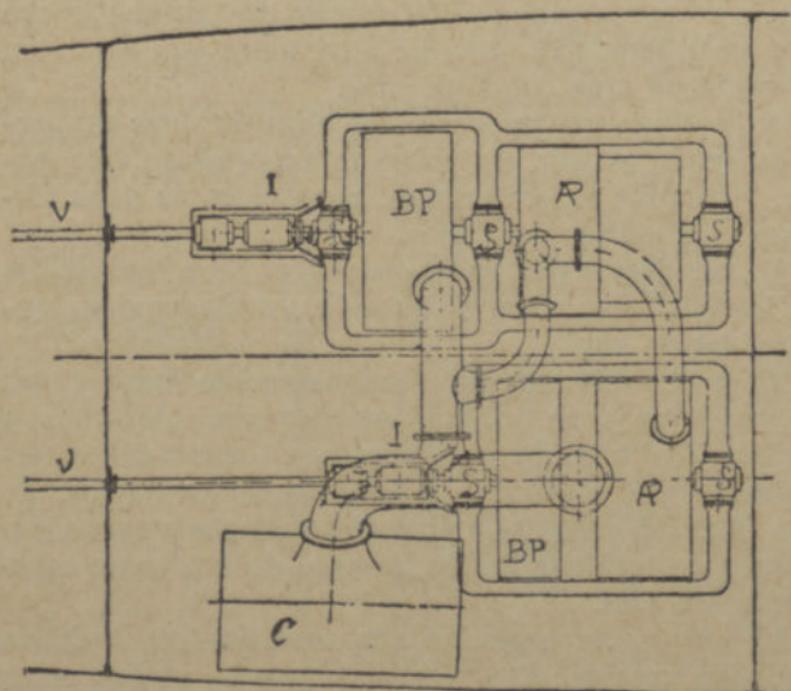


Fig. 255 — Emprêgo da turbina Zoelly, como turbina marítima

Turbinas de reacção

Ao contrário do que sucede nas turbinas de acção, em que a pressão e expansão do vapor são utilizadas apenas para determinar um aumento de velocidade e de força viva, sendo essa força viva que vai determinar o movimento do tambor, nas turbinas de reacção, a pressão e expansão do mesmo agente motor são directa e imediatamente utilizadas para o mesmo resultado ser obtido.

A diferença entre umas e outras pode pois ser caracterizada pelo facto de que, nas primeiras, o vapor, quando actua sobre as pás móveis, vai animado da

sua velocidade máxima e pressão mínima, enquanto que nas segundas sucede justamente o contrário, isto é, o vapor quando é admitido a actuar sobre as pás móveis, vai animado da sua velocidade mínima e da pressão máxima.

Pelo exposto, se deduz que nas turbinas de acção, o trabalho produzido é proporcional à velocidade do vapor, a qual é cedida ou transmitida ao tambor sem que aí haja qualquer transformação da forma de energia, visto esta transformação se ter produzido antes de o vapor ir actuar sobre as pás, enquanto que, nas turbinas de reacção, o trabalho produzido é função da pressão do vapor e obtem-se porque a forma especial de energia possuída pelo vapor, sob pressão, se transforma junto às pás em outra forma de energia que determina o movimento do tambor.

Como nas turbinas de acção o vapor já se expandiu completamente antes de actuar nas pás móveis, os intervalos entre estas não precisam ser completamente ocupados pelo fluido; nas turbinas de reacção, pelo contrário, o intervalo entre cada duas pás, deve ser tal que o vapor o encha por completo e possa efectuar-se livremente a expansão que corresponde à queda de pressão que aí tem lugar.

Vejamos agora em detalhe os tipos de turbinas de reacção mais comumente empregados.

Turbina Parsons. — Foi em 1884 que Parsons construiu a primeira turbina reconhecida como praticamente utilizável para fins industriais e como tal empregada como motor de um dinamo em uma fábrica de Inglaterra.

Esse modelo de turbina tem sofrido várias modificações, correspondendo cada modificação a um aperfeiçoamento, e hoje são inúmeras as turbinas Parsons empregadas como *turbinas terrestres*.

Dez anos mais tarde, isto é, em 1894, realisaram-se várias experiências com um barco torpedeiro deno-

minado *Turbinia*, no qual o aparelho motor era constituído por turbinas Parsons, resultando dessas experiências o ficar praticamente demonstrado que também como *turbina marítima* este género de motores satisfazia plenamente e até com vantagens sobre as máquinas alternativas.

Esse modelo primitivo tem sido também bastante aperfeiçoado e o número de navios, quer de guerra, quer mercantes, accionados por *turbinas Parsons*, cada vez se vai tornando mais notável, não só pelo acréscimo de número e de potência que representam, mas principalmente pela importância dos navios em que é adoptado.

A turbina Parsons é uma turbina de reacção, admissão total e descarga paralela. Constroem-se presentemente dois modelos um pouco diferentes, um de turbina terrestre, outro de turbina marítima.

Turbina terrestre, (fig. 257). Dentro de um cilindro atravessado longitudinalmente pelo *veio motor*, acham-se três *tambores* A B e C de diâmetro crescente, ordinariamente em uma só peça, chamados respectivamente *tambores de 1.^a, 2.^a e 3.^a expansão*.

Na periferia dos tambores fixam-se em coroas paralelas e equidistantes em cada tambor as *pás móveis*, em tudo semelhantes às *pás fixas*, fixadas à parede do cilindro, de modo que cada coroa de pás móveis M fica entre duas coroas de pás fixas F, (fig. 256).

O vapor vindo da caldeira e passando através da *válvula de garganta* K, atravessa a *válvula do regulador* H, e pelo *canal de admissão* J entra no cilindro da turbina, onde encontra a primeira coroa de pás fixas F¹, (fig. 256), que lhe modifica a direcção de forma a ir incidir da maneira mais conveniente sobre a primeira coroa de pás móveis M¹. Aí, em virtude da expansão sofrida a que corresponde uma queda de pressão, exerce um esforço de reacção sobre as pás móveis que as faz deslocar, determinando o movimento de rotação do tambor

Esta ordem de operações vai-se sucessivamente repetindo de uma para outra coroa de pás até que o vapor pelo *canal de evacuação Z*, (fig. 257), se dirige para o condensador.

Como, à proporção que o vapor se vai expandindo vai aumentando de volume e portanto é necessário

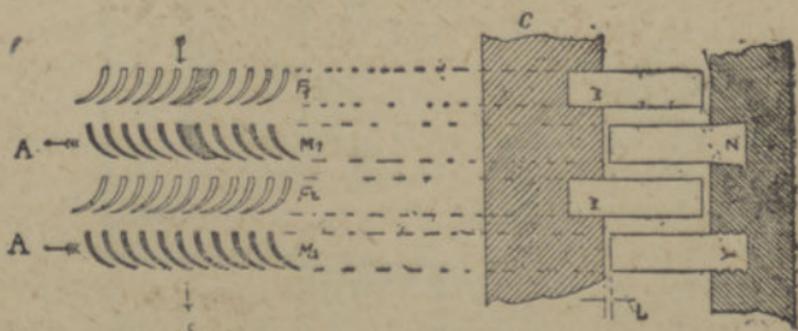


Fig. 256 — Pás fixas F e móveis M

aumentar as secções de passagem do vapor para essa operação ser facilitada, por isso os tambores são dispostos em séries de diâmetro crescente.

Para evitar o deslocamento longitudinal do tambor e do veio sôbre que êle se acha montado, deslocamento resultante da diferença de pressões existente entre uma e outra face de cada coroa de pás móveis e ainda da direcção do movimento do fluido, emprega-se um *compensador* formado por três êmbolos, *e*, *f* e *g*, com os diâmetros respectivamente iguais a cada um dos diâmetros dos tambores, A, B e C, êmbolos que são montados sôbre o veio motor da turbina do lado do canal de admissão.

O vedamento entre os êmbolos e as paredes dos cilindros obtem-se pelo sistema *em labirinto*, para o que na periferia do êmbolo se abrem muitos canais estreitos e de pequena profundidade, os quais se enchem de vapor que, em virtude da força centrífuga resultante do movimento de rotação dos êmbolos, não pode sair para fora dos canais, que enche por completo, fazendo as vezes de guarnição.

Para prevenir a hipótese de que alguma fuga se produza através dos êmbolos do compensador, a parte posterior do cilindro do êmbolo de maior diâmetro está em comunicação pelo *tubo N* com o *canal de evacuação I*.

Como se vê na (fig. 257), as faces dos êmbolos dos compensadores que estão voltadas para o tambor estão em comunicação com o espaço anelar que precede cada um dos tambores e que tem o nome de *reservatório intermédio*, limitando o *êmbolo e*, o comprimento do primeiro reservatório e estabelecendo-se a comunicação entre os outros êmbolos *f* e *g* e os reservatórios de segunda e terceira expansão respectivamente pelos *canais D* e *E*. Fácilmente se vê que em virtude desta disposição, os êmbolos do compensador sofrem uma pressão igual e contrária à sofrida pelos tambores e que tenderia a deslocá-los longitudinalmente, pelo que mantendo-se o equilíbrio este efeito é anulado.

Além do compensador, uma *chumaceira de impulso S*, de forma vulgar, é empregada com o mesmo fim e também para que por meio de parafusos de pressão *V, X* actuando no tópo dessa chumaceira, todo o sistema chumaceira, veio e tambores possa ser deslocado longitudinalmente, por forma a conseguir-se que os tambores ocupem sempre a mesma posição relativa, o que se verifica por meio de um escantilhão aplicado a uma referência. Por esta razão a esta chumaceira chama-se também *chumaceira reguladora*.

A admissão do vapor neste tipo de turbinas é intermitente, variando entre 150 e 200 o número de admissões em cada minuto, o que é regulado por meio de um *regulador de força centrífuga*, empregando-se a seguinte disposição:

A haste da *válvula do regulador M* está ligada a um *êmbolo M* na parte superior do qual actua uma *mola helicoidal* cuja tensão pode ser facilmente regulada. Em virtude da acção da mola, o êmbolo *M* tende a

conservar-se sempre na sua posição extrema e portanto a válvula H a conservar-se fechada.

O vapor vindo por K é admitido livremente no cilindro do compensador, por se achar sempre aberto o canal de admissão, *t*, que lhe atravessa o fundo, emquanto que a evacuação se faz por um canal lateral, onde se acha uma válvula de evacuação L a que por meio de uma adequada transmissão de movimento tirada do regulador de força centrífuga, R, se dá movimento rectilíneo alternado.

O movimento ao regulador de força centrífuga é transmitido pelo veio motor da turbina por meio de um parafuso sem fim aberto no próprio veio e por algumas rodas de engrenagem Q.

Se a válvula L estiver fechada, o êmbolo M sobe e com êle a válvula H, pelo que o vapor é admitido na turbina.

Quando a válvula L se abre, dá-se a evacuação do vapor do fundo do cilindro do regulador, pelo que a mola que está por cima do êmbolo M obriga êste a descer e a válvula H a fechar-se, interceptando a passagem do vapor.

Pelo que acabamos de expôr se deduz que, aumentando a velocidade da turbina, aumenta o número de vezes que a válvula L se abre e portanto o número de interrupções na admissão do vapor à turbina, pelo que a sua velocidade se tornará menor, sucedendo o inverso quando essa deminuição vai além da velocidade para que o aparelho está regulado.

Êste sistema de regulador é bastante sensível e eficaz, tendo sôbre qualquer outro a vantagem de que estando todos os seus órgãos em movimento mais fácil e rápida é a sua acção do que em qualquer outro cujos órgãos estejam em repouso.

Um outro regulador, chamado *regulador de segurança*, é formado pela transmissão *b, a, g* e fecha completamente a válvula H quando a velocidade exceder em 12 a 15 % a velocidade prevista para regime da turbina.

Para facilitar a operação de deitar a andar, ou para se obter acidentalmente um aumento de potência, há uma tubuladura munida de uma *válvula auxiliar de marcha*, que permite que o vapor a plena pressão possa ser directamente admitido no reservatório de 2.^a expansão.

A lubrificação das chumaceiras suportes faz-se por meio do sistema denominado de lubrificação forçada, para o que há uma *bomba Q*, para compressão do óleo, com motor próprio ou com uma transmissão de movimento tirada do veio motor ou do regulador de velocidade.

Pás. — Tanto as pás fixas como as móveis são cortadas de barretas de bronze forjado e laminado com o perfil previsto para a pá.

A sua secção é limitada por duas linhas curvas não paralelas e de forma tal que a aresta do lado da evacuação é mais aguda do que a do lado da admissão, devendo além disso as superfícies das pás serem bem lisas e unidas para não aumentar as perdas resultantes da fricção do vapor na sua passagem pela turbina.

O comprimento das pás varia com as dimensões e potência da turbina, aumentando gradualmente, de expansão para expansão. Os seus limites estão em geral compreendidos entre 10 e 200^{mm}.

Para que entre as pás se consiga obter o aumento de secção correspondente ao aumento de volume que resulta da expansão sofrida pelo vapor, não sómente o comprimento da pá vai aumentando como também a curvatura e o passo das pás se vão modificando de expansão para expansão.

Por *passo* das pás deve entender-se o intervalo entre duas pás sucessivas da mesma coroa.

A (fig. 258) mostra as variações de curvatura e passo das pás de uma turbina, e por ela se vê que do lado da admissão para a evacuação o passo vai aumentando e a curvatura diminuindo

Na mesma figura pode ver-se que as pás são montadas em uma direcção obliqua em relação à geratriz do cilindro, obliquidade que nas pás fixas é em sentido contrário ao das pás móveis.

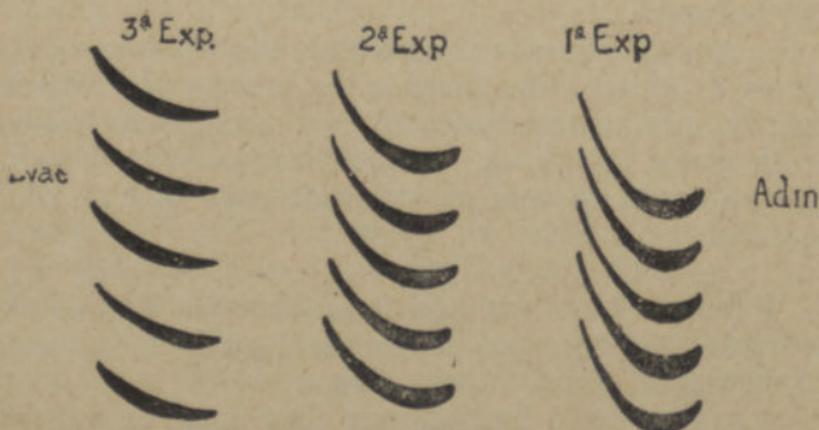


Fig. 258 — Secção de pás

O passo das pás é regulado pela interposição de um *calço*, (fig. 250), também feito em bronze forjado, calço cuja secção é a prevista para o intervalo das pás e cuja altura é ligeiramente superior à do *rebaixo* onde as pás são fixadas.



Fig. 259 — Rebaixo e ranhuras de fixação

Esse *rebaixo*, (fig. 259), feito na periferia do tambor ou na parede do cilindro, tem a secção rectangular com duas *ranhuras* em cada uma das suas faces laterais.

Na parte da pá que entra no rebaixo, fazem-se também duas ranhuras, G, (fig. 260), de modo que, encalcando depois o calço, o metal encalcado, entrando em tôdas as ranhuras, fixa entre si as pás e os calços, e ambas as cousas ao rebaixo em que estão introduzidas.

Para fazer a montagem das pás em um tambor, começa-se por fixar nêste e em qualquer parte do re-

baixo, um *escantilhão* que determina a inclinação da pá.

Ao *escantilhão* encosta-se uma pá, a esta um calço, e assim sucessivamente alternando pás e calços até se completar a corôa de pás, para o que se retira o *escantilhão* quando na volta se chega perto dêle. Deve notar-se que, depois de ter medido um grupo de cêrca de 10 pás, se aplica lateralmente uma *encaladeira*, em que se dão algumas *marteladas* com um martelo não muito pesado, para encostar bem as pás e os calços uns contra os outros.

Completada uma ou mais coroas de pás, procede-se ao *encalque* dos calços, para o que se faz uso de uma *encaladeira* cuja lâmina deve ter a forma do intervalo entre as pás, a qual se encosta ao tópo do calço, para que, aplicando-lhe algumas *pancadas*, o metal entre nas ranhuras e fique bem apertado entre as pás fixando-as por uma forma bastante sólida.

Para fixar as pás no cilindro o processo é o mesmo, com a diferença de se dispensar o *escantilhão* por o *freio das pás* servir para lhes determinar a inclinação.

Sendo o cilindro cortado por um plano que passa pelo seu eixo, e havendo aí uma aba para fazer junta, A, (fig. 261), nessa aba se fixam os *freios das pás*, que têm por fim não sómente impedir-lhes a queda, mas também determinar-lhes a inclinação.

Para isso tem o *freio* uma face plana que deve ficar no mesmo plano que a face da aba da junta, enquanto

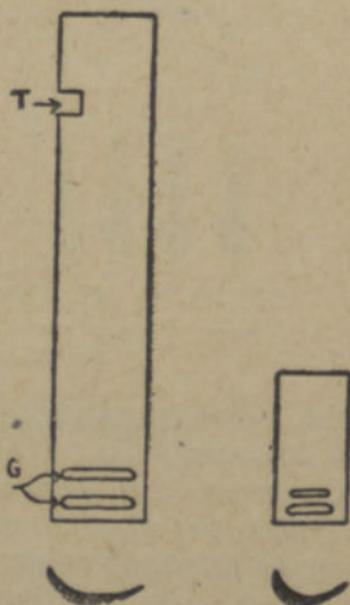


Fig. 260 — Pá e calço

a face oposta tem a curvatura da pá e respectiva inclinação e um castelo da forma de um calço. É evidente que encostando ao freio uma pá, a esta um calço e

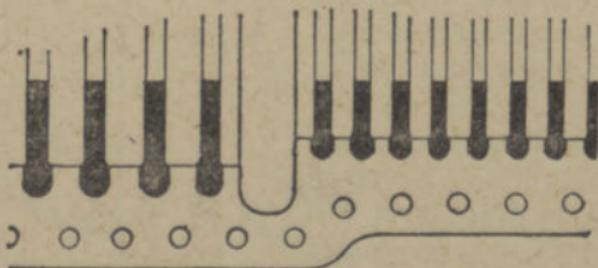


Fig. 261 — Freios das pás

assim sucessivamente, é perfeitamente dispensável o uso do escantilhão.

Os freios têm uma espessura bastante maior do que uma pá, para terem a necessária resistência, e fixam-se cravando-os em uma caixa de perfil esmalhetado que, com o auxilio da freza, se abre na aba da junta do cilindro.

Em cada coroa de pás fixas, há, portanto, quatro freios que se sobrepõem dois a dois, quando o cilindro da turbina está fechado.

Com excepção das pás da primeira expansão, que são de pequena altura, as outras pás tenderiam a curvar-se em virtude da pressão que sobre elas exerce o vapor na direcção em que se faz o seu percurso. Para as consolidar, evitando que esse facto se produza, têm as pás na aresta do lado da admissão e perto do extremo solto, um *rebaixo* T, (fig. 260), no qual entra um aro de latão B, (fig. 262), que é amarrado com arame de cobre W, para tôdas as pás, e em seguida soldado a maçarico junto de cada pá. As pás ficam assim tôdas ligadas umas às outras, formando um conjunto bastante sólido para resistir com vantagem ao esforço que tende a curvâ-las.

Depois de soldado o aro, o tambor ou os cilindros são levados ao tórno e o tópo das pás torneado de

modo que a *liberdade das pás* não exceda 2 a 3 mil-

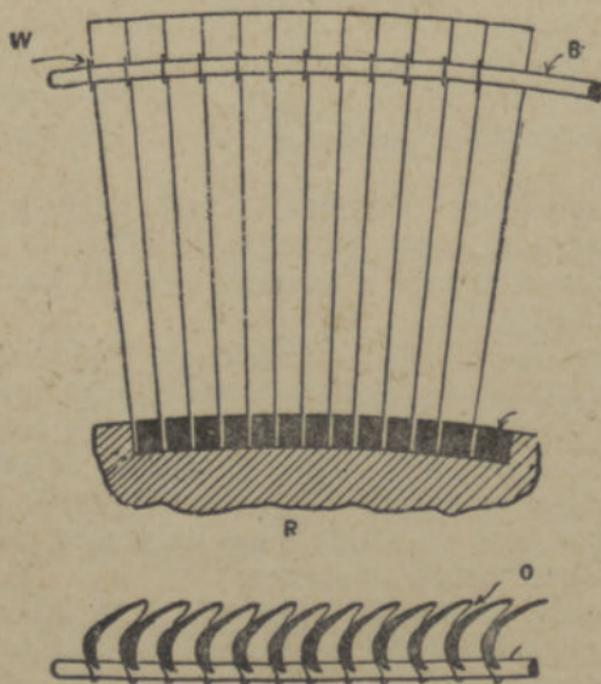


Fig. 262 — Fixação das pás

metros nas últimas expansões e indo sucessivamente diminuindo para as primeiras. A folga entre cada coroa de pás fixas e a de pás móveis que lhe fica mais próxima é ordinariamente 3 a 4 milímetros.

Veio-motor. Os veios-motores são formados por duas quarte-ladas separadas pelo comprimento do tambor aos extremos do qual se acham ligados.

Essa ligação, (fig. 263). faz-se vestindo no extremo do veio V e fixando-a por meio de para-fusos freios, uma *manga M* de

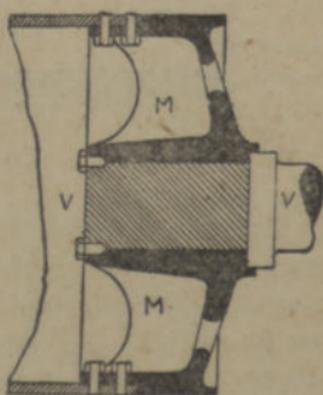


Fig. 263 — Ligação do veio V ao tambor T

ferro fundido, formada por duas coroas ligadas por nervuras. A coroa de menor diâmetro é a que se fixa ao veio, enquanto que a coroa de maior diâmetro serve para fixação do tambor T, por meio de uma cravação dupla como se vê na figura, obtendo-se assim um conjunto bastante sólido e de peso relativamente pequeno.

As chumaceiras suportes do veio-motor são três, colocadas duas, uma em cada extremo do cilindro mas exteriormente, e a terceira, além da transmissão para o regulador.

Embora haja todo o cuidado em distribuir igualmente a massa metálica em tórno do eixo geométrico do sistema girante, para dar ao veio uma certa flexibilidade e diminuir os gastos resultantes do esforço de fricção empregam-se nas turbinas de grande potência as chumaceiras de rótula e nas de menor potência o sistema que vamos descrever.

Em cada chumaceira, (fig. 264), há três bronzes cilíndricos e concêntricos ajustando-se uns dentro dos outros com uma folga muito pequena

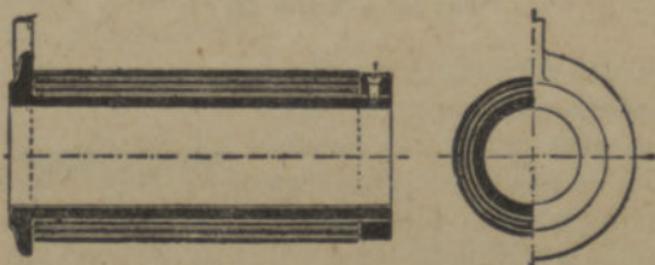


Fig. 264 — Chumaceira

Essas pequenas folgas existentes entre o veio e o primeiro bronze e entre cada um destes e o que se lhe segue, são o bastante para dar ao sistema uma flexibilidade tal que, com relativa facilidade, o seu eixo de rotação procura a posição em que passa pelo centro de gravidade da massa girante e, como a lubrificação destas chumaceiras se faz pelo sistema dito de lubri-

licação forçada, para o que nos bronzes há uns furos que permitem a passagem do óleo de uns para os outros, não somente se reduz consideravelmente o efeito das vibrações como também se produz uma certa resistência que se opõe ao arrastamento dos bronzes pelo veio, no seu movimento de rotação, pelo que a velocidade de rotação dos bronzes vai diminuindo do mais próximo do veio para o mais afastado e assim se reduzem os gastos.

A lubrificação faz-se por meio da *bomba a*, (fig. 257), que aspira o óleo do tanque Y e por vários tubos de lubrificação o conduz às três chumaceiras S, P e P, donde volta novamente ao tanque Y por outros tubos para isso especialmente dispostos. A pressão do óleo é próximamente $1k,500$ por centimetro quadrado e consumo médio cêrca de um grama por cavallo hora.

O vedamento do veio à saída da turbina faz-se por meio dos bucins GG, (fig. 257), pelo sistema em labirinto.

Por êsse processo o veio V, (fig. 265), na sua passagem através do bucim B em vez de ser cilíndrico tem uns anéis semelhantes aos anéis da chumaceira de impulso. Nos intervalos dêsses anéis entram uns aros de bronze montados por segmentos em rebaixos abertos na caixa do bucim. Um tubo T vindo da caixa de evacuação do cilindro do regulador permite

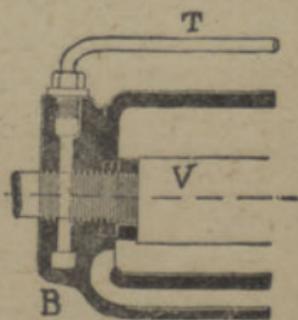


Fig. 265 - Bucim

a passagem do vapor para a parte posterior do bucim regulando-se essa passagem por meio de uma torneira.

O vapor preenchendo os intervalos entre os anéis e os aros e sendo arrastado pelo veio no seu movimento de rotação, ali se conserva em virtude da força centrífuga formando uma guarnição bastante estanque para evitar as fugas do vapor ou as entradas de ar.

Conquanto a disposição descrita seja a mais vulgarizada do tipo terrestre de turbinas Parsons, outros modêlos existem como, por exemplo, as turbinas de descarga radial e um outro bastante complicado, para pequenas velocidades, no qual o cilindro também adquire movimento de rotação em sentido contrário ao do tambor, pelo que, sendo a velocidade total resultante da reacção do vapor sôbre as pás, dividida pelos dois órgãos em movimento, a velocidade do veio-motor será menor do que se fôsse êle sômente a utilizar aquele efeito.

Turbinas marítimas. — A potência e velocidades sempre crescentes, reclamadas para os grandes navios, quer mercantes, quer de guerra, trazem consigo um aumento considerável no pêsô e no volume do aparelho motor. Nos pequenos e velozes *destroyers* porém, em que espaço e deslocamento são extremamente reduzidos, é ao aumento do número de rotações que tem de se recorrer para obter os mesmos resultados.

Êsse número de rotações, que chega a ser 4 a 6 vezes maior do que nos grandes transatlânticos ou cruzadores, não é isento de perigos de sérias avarias que nem a escolha de materiais mais resistentes, nem a mão de obra mais cuidadosa e perfeita, conseguem evitar.

Ora a turbina tendo no seu activo uma considerável redução no pêsô e espaço ocupado, em relação às máquinas alternativas de igual potência, estava naturalmente indicada para substituir êste último tipo de motores, sempre que a potência e velocidade fôssem além de certos limites.

Sendo a turbina Parsons aquela em que a velocidade angular é mais reduzida, foi para ela que se viraram tôdas as atenções, e efectivamente, após concludentes resultados obtidos durante as já citadas experiências com o *Turbinia*, o seu emprêgo como motor marítimo foi-se sucessivamente alargando e hoje

pode considerar-se exclusivo naqueles tipos de navios.

Comparada com o tipo terrestre, a turbina marítima, sistema Parsons, apenas difere em algumas questões de detalhe.

Assim, a disposição das pás, quer fixas, quer móveis, e a disposição geral do cilindro, tambor e veio, são perfeitamente idênticas, notando-se apenas à primeira vista a supressão dos êmbolos compensadores do deslocamento longitudinal, e a adição à turbina de baixa pressão de uma outra turbina especialmente disposta para a marcha a ré, visto só assim se poder conseguir a reversibilidade do movimento.

Sendo nas condições normais de marcha, a direcção da descarga do vapor de vante para ré, será também o deslocamento do tambor de vante para ré que é necessário evitar. Ora, como em consequência da acção do hélice, a tendência do veio, e portanto do tambor, é deslocar-se longitudinalmente de ré para vante, isto é, precisamente em sentido contrário, um efeito compensa o outro, e daí a inutilidade do compensador que foi abolido.

Para a reversibilidade de movimento que, como dissemos, exige uma turbina para isso especialmente disposta, pode empregar-se qualquer das disposições a seguir indicadas, sendo a primeira a mais geralmente seguida.

No mesmo cilindro de baixa pressão, opostas pelos tambores de maior diâmetro, estão as duas turbinas de marcha a vante V e a ré A, tendo ambas um tubo de evacuação comum, (fig. 266).

A turbina de marcha a ré, mais pequena do que a de marcha a vante, e portanto de menor potência, na sua disposição só difere, da de marcha a vante, em ter as pás com uma inclinação igual, mas em sentido contrário.

Pela simples manobra de uma alavanca, faz-se como se se abra uma das válvulas de garganta, ou para a

marcha a vante ou para a marcha a ré, estando os movimentos destas válvulas conjugados de forma que só se pode abrir uma delas depois da outra estar fechada.

Estas válvulas, permitindo a admissão do vapor do lado de vante da turbina de AP, de marcha a vante ou

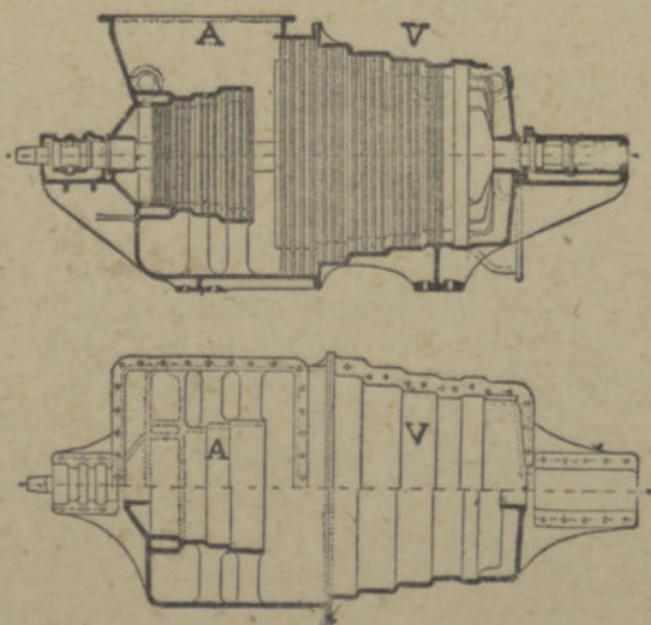


Fig. 266 — Turbina de baixa pressão e turbina de marcha a ré

do lado de ré, da turbina de marcha a ré, determinam o movimento na direcção desejada.

A disposição indicada, embora traga consigo um aumento de comprimento do cilindro, exige todavia menos espaço do que exigiria se a turbina de marcha a ré fôsse completamente independente.

Outra disposição que tem sobre a anterior a vantagem de não exigir aumento de espaço mas de que resulta uma maior redução de potência, para a turbina de marcha a ré, é a que mostra a (fig. 267).

As duas turbinas acham-se dispostas por forma seme.

lhante no mesmo tambor, estando a de marcha a ré dentro do tambor da de marcha a vante.

Em virtude desta disposição, como o envólucro da turbina de marcha a ré é formado por uma parte mó-

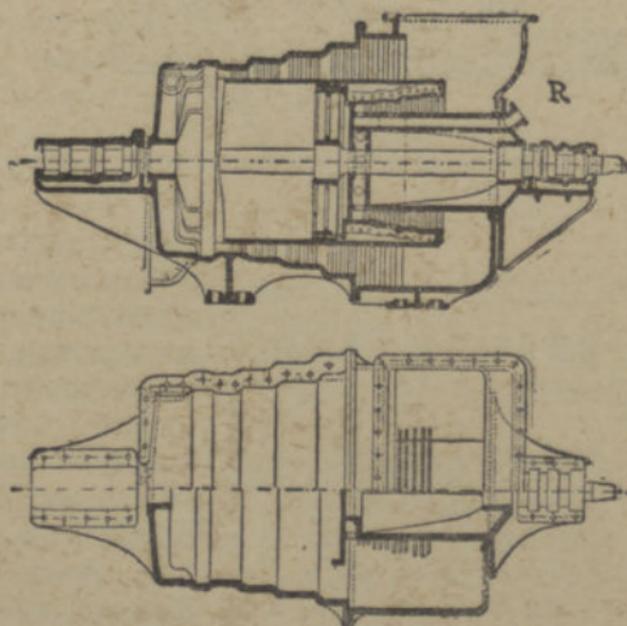


Fig. 267— Turbina de baixa pressão e turbina de marcha a ré.

vel, é sobre essa parte que se fixam as *pds móveis*, estando as *pds fixas* montadas na periferia de uma manga concêntrica com o tambor e fixada à face posterior do cilindro da turbina.

Na marcha a vante a admissão faz-se por A e na marcha a ré por R.

Finalmente, na (fig. 268) vê-se a terceira disposição em que se empregam duas turbinas iguais e opostas em um único cilindro. Assim, a potência das duas turbinas é igual, o que não sucede com qualquer das outras disposições, mas o espaço ocupado é muito maior.

Vejamos agora algumas disposições de detalhe próprias d'êste tipo de turbina.

Já por mais de uma vez acentuámos a vantagem de conservar no condensador uma pressão o mais re-

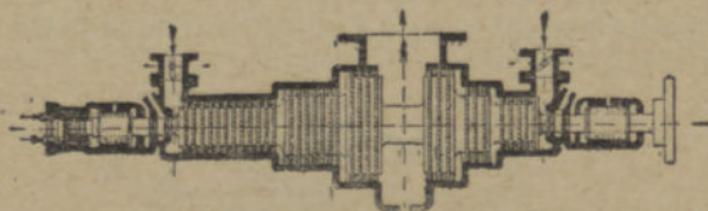


Fig. 268 — Turbina de baixa pressão e turbina de marcha a ré

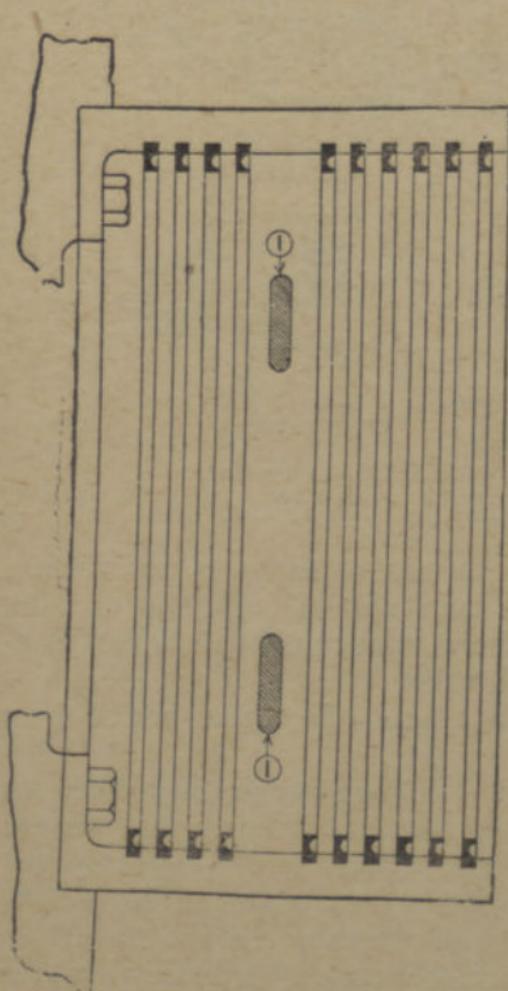


Fig. 269 — Bucim do lado de vante

duzida possível para o que é necessário evitar tôdas as fugas de vapor ou as entradas de ar.

Para obter êste resultado na saída do veio para fora do cilindro das turbinas, empregam-se disposições muito perfeitas compostas de *bucins* e *aneis de vedamento*.

O *bucim* de uma turbina de marcha a vante é assim disposto, como mostra a (fig. 269).

Na parte extrema do tambor, cujo diâmetro é um pouco inferior ao da parte que lhe fica próxima e em que está montada a última coroa de pás móveis, há

duas séries de aneis equidistantes e de secção rectangular.

Cada um dêsses aneis adapta-se ao intervalo entre dois aneis de bronze, (fig. 269), fixados em rebaixos para êsse fim abertos na parte correspondente da parede do cilindro.

Em virtude do esforço que tende a deslocar longitudinalmente o tambor para o lado de vante, a face de vante dos aneis móveis ou a do veio, ajustam-se às de ré dos aneis fixos ou do cilindro, e como essas faces estão justas e vedadas, o vedamento é perfeito.

Para prevenir os gastos consideráveis que se produziriam nos aneis de bronze, faz-se-lhes um rebaixo em meia cana que reduz a superficie friccional e que, enchendo-se de vapor, serve até certo ponto para a sua lubrificação.

Com o mesmo fim os aneis são divididos em duas séries entre as quais há uns orificios n.º 1, que, por meio de tubuladura apropriada, permitem a comunicação entre essa parte e um reservatório intermédio de outra turbina onde haja uma pressão 10 a 20 libras menor do que na parte posterior da turbina que consideramos. Assim, não sòmente se obtém uma diferença de pressões mais reduzida entre uma e outra das faces opostas dos aneis, como também se dá saída a algum vapor que consiga escapar-se.

O bucim do lado da turbina de marcha a ré, sendo diferente dos de marcha a vante, é formado por aros de bronze de secção triangular B, (fig. 270), dispostos como se vê na figura com um certo intervalo e fixados alternadamente ao veio e ao cilindro.

Como a folga entre o vértice dos aneis fixos ao cilindro e a periferia do tambor é muito pequena, assim como a que existe entre o vértice dos aneis fixos ao tambor e o cilindro, as fugas são insignificantes, e como de um intervalo para outro o vapor se vai successivamente expandindo e, portanto, sofrendo uma

redução de pressão, o bucim torna-se perfeitamente estanque para o que basta ter 12 anéis.

Os anéis de vedamento estão montados precisamente junto à parte em que o veio atravessa a parede do cilindro.

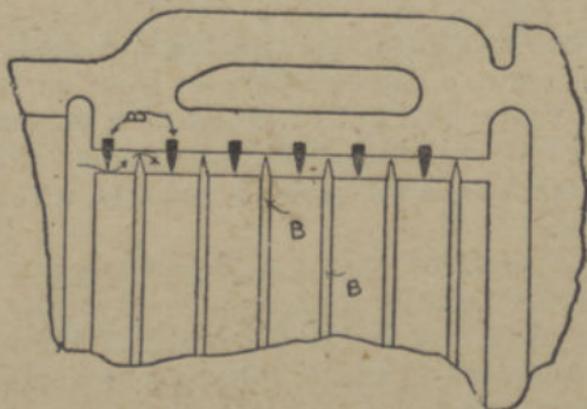


Fig. 270 — Bucim do lado de ré

Em uma caixa circular que se abre na parte externa do cilindro, e cujo diâmetro é um pouco superior ao do veio, abrem-se uns rebaixos em que por secções se montam os anéis de bronze que na (fig. 271) se vêem a preto carregado, cada um dos quais se aloja no intervalo dos anéis existentes na periferia do veio V.

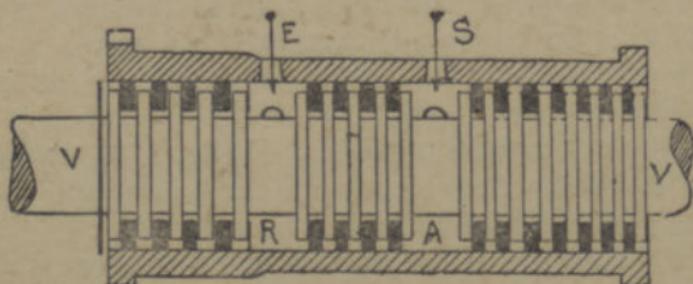


Fig. 271 — Anéis de vedamento.

Os anéis não são equidistantes mas formam três séries separadas por dois compartimentos em comunicação por torneiras e tubuladura apropriada, com o

condutor de vapor, o que permite que aí se mantenha uma pressão de 20 % no primeiro compartimento A e 10 no segundo B, pelo que estes anéis não só completam a acção do bucim impedindo as fugas como também, visto dentro deles a pressão ser superior à pressão atmosférica, impedem a entrada do ar, fim principal a que são destinados. Ordinariamente o número de anéis de vedamento está compreendido entre 15 e 20 e como entre os anéis fixos e móveis, embora muito próximos, não há contacto, não há perdas devidas a fricção.

A chumaceira de impulso serve não só para completar a acção que tende a impedir o deslocamento longitudinal do veio, mas também para que este possa ser deslocado quando convenha, para regular a sua posição, para o que aquela chumaceira se acha especialmente disposta.

Do deslocamento longitudinal do veio, resulta não só a aproximação das pás fixas das pás moveis como também o afastamento dos anéis e dos bucins.

Ora devendo a folga entre estes últimos ser próximamente $\frac{5}{100}$ de polegada, uma referência de que adiante trataremos permitir-nos-á observar qualquer alteração que neste sentido se produza e, por meio de chumaceira de impulso que para isso se acha disposta, tudo se regula como mais convém.

A chumaceira de impulso, (fig. 272), afecta a forma de uma chumaceira de impulso de anéis de forma vulgar, mas os bronzes estão dispostos de forma que os anéis de baixo A servem de apoio ao veio na marcha a vante e os de cima R na marcha a ré.

A posição do bronze de baixo é regulada pela interposição de um meio *anel de ajustamento* G, que se interpõe entre as faces de vante de um rebaixo aberto no suporte e de ressalto feito no bronze.

O ajustamento do bronze de cima e deslocamento

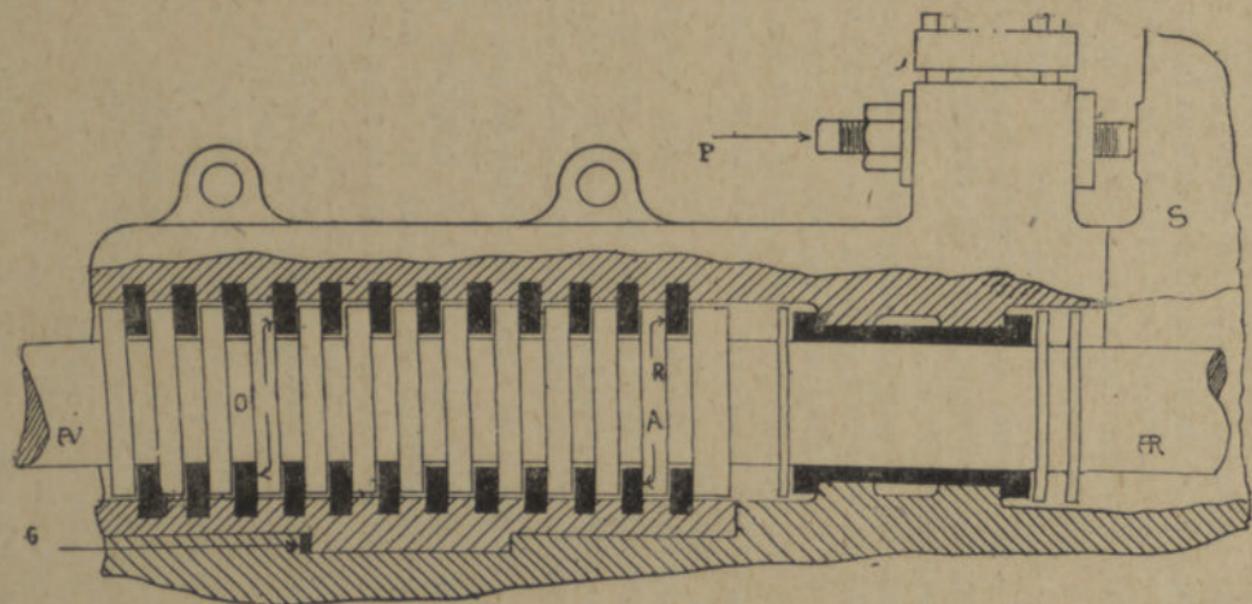


Fig. 272 — Chumaceira de impulso

de todo o sistema faz-se por meio dos *parafusos de ajustamento* P, o que permite alterar a posição do tambor de forma a êle ir ocupar a sua posição exacta, quando por qualquer circunstância dela se tenha afastado.

Vejamus agora como se acha disposta a referênciã a que aludimos.

É formada por um *indicador* de chapa, n.º 1 (fig. 273), aparafusado a uma das abas do suporte à altura do eixo do veio V e cuja extremidade entra em um rebaixo feito no mesmo veio a vante e perto dos aneis de vedamento, n.º 3. Quando o canto do indicador se ajusta sem pressão à face de ré do rebaixo do veio, êste e, portanto, o tambor, acha-se na sua devida posição em relação ao conjunto da turbina; quando porém, como na (fig. 273), entre o canto do indicador e a face do rebaixo houver folga, o veio acha-se fora do seu lugar e o quanto é preciso deslocá-lo para o fazer voltar à sua posição correcta, o que se faz por meio dos parafusos de ajustamento da chumaceira de impulso, pode ser medido na *referênciã longitudinal* com um *verificador de folgas*.

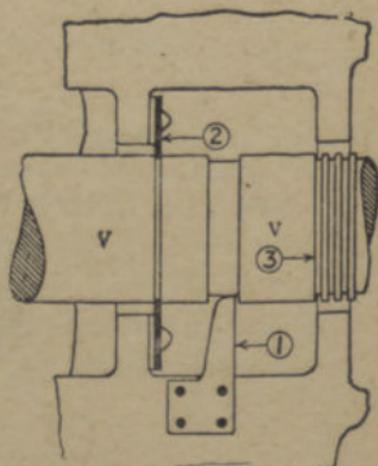


Fig. 273 — Referênciã longitudinal

Outro deslocamento a que o veio está sujeito como consequência do gasto dos bronzes das chumaceiras suportes, é o deslocamento no plano vertical. Êste deslocamento ou desnivelamento do veio, prejudicial ao bom funcionamento da turbina, visto trazer como consequência o aumento da liberdade das pás do lado de cima e a sua redução do lado de baixo, pode medir-se e portanto corrigir-se facilmente pela interpo-

posição de calços, fazendo uso da *referência vertical*, (fig. 274).

Esta referência é formada por um meio áro de ferro atravessado sôbre o veio, perto do seu extremo e fixado ao suporte, como se vê na figura. O tôpo do

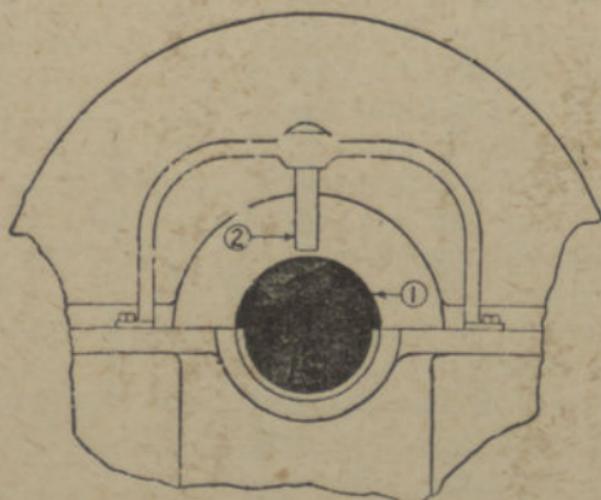


Fig. 274 — Referência vertical

indicador, n.º 2, deve ficar tangente ao *veio*, n.º 1, não devendo a folga entre as duas peças ir além de $\frac{5}{100}$ de polegada. Estas referências são em número de duas por cilindro e colocadas uma de cada lado perto do extremo do veio.

A (fig. 275), mostra aberta uma das *chumaceiras* *suportes* do veio da turbina, única parte em que há atrito de metal sôbre metal.

Por essa figura se vê que os bronzes calçados de metal antifricção affectam a forma vulgar, sendo o bronze fixado ao suporte pelos parafusos de fenda *d*, com a cabeça embebida.

Por fora da *chumaceira* há uma circulação de água fria tendente a deminuir os riscos de aquecimento, o que de resto se emprega em *chumaceiras* de máquinas

alternativas, como, por exemplo, em barcos rebocadores, dragas, etc.

A lubrificação forçada destas chumaceiras, faz-se por meio de uma bomba apropriada que aspira o óleo de um tanque e o comprime para as chumaceiras, donde por canais, furos e tubos apropriados volta ao tanque depois de passar por um filtro, onde deixa qualquer substância que traga em suspensão.

A pressão do óleo é geralmente $1\text{k},500$ por centímetro quadrado.

Para evitar a saída do óleo para fora das chumaceiras, servem os *diafrágmados do óleo*, n.º 1, (fig. 275), e n.º 2, (fig. 273), formado por um disco

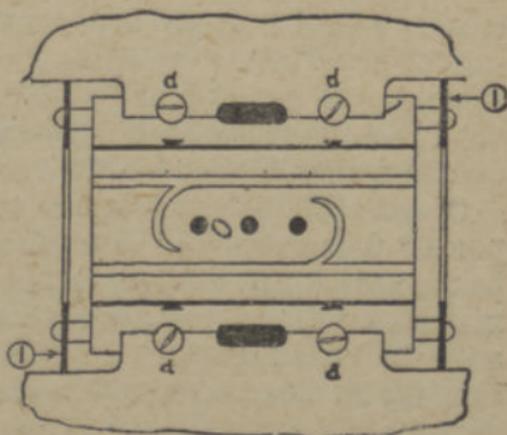


Fig. 275 — Bronze de uma chumaceira suporte

de bronze de pequena espessura, fixado transversalmente ao veio e a pequena distância do tópo dos bronzes, um de cada lado.

Estes diafrágmados ajustam-se perfeitamente ao veio pelo lado de dentro e ao suporte da chumaceira pelo lado de fora.

Entre o tópo de bronze e o diafragma tem o veio uns ressaltos em forma de V, que sustêm algum óleo que escape para fora do bronze e que, em virtude da força centrífuga, consequência do movimento de rotação que adquirem e lhes é transmitido pelo veio, são atirados para as paredes da caixa formada pelo suporte, e como esta tem no fundo uma purga do óleo, por aí vai para o tanque, passando pelo filtro.

Algum óleo que passe além destes ressaltos é retido pelo diafragma.

Descritas em detalhe cada uma das partes de uma turbina, vejamos agora a posição relativa de umas para com as outras, para o que na *estampa* ao lado se mostra um corte por um plano horizontal, passando pelo eixo de uma turbina de baixa pressão e turbina de marcha a ré.

Nesta figura, A é o cilindro, T os tambores da turbina de marcha a vante e C e U respectivamente o cilindro e tambor da turbina de marcha a ré. V é o veio-motor suportado e guiado no seu movimento pelas chumaceiras suportes n.º 3 e chumaceira de impulso n.º 1, com o seu anel de ajustamento n.º 2; n.º 5 são os diafrágmata do óleo e n.º 6 a referência longitudinal.

O vapor vindo por n.º 4, directamente da caldeira ou por n.º 9 da evacuação da turbina de alta pressão, não passa para o exterior, por a isso se opôr o buçim de marcha a vante n.º 10, cuja acção é completada pelos aneis de vedamento n.º 7. O vapor segue depois o seu caminho ao longo do tambor, passando successivamente da primeira expansão n.º 11, para a segunda n.º 12, em seguida para a terceira n.º 13, quarta n.º 14, quinta n.º 15 e sexta n.º 16, sendo n.º 22 os respectivos reservatórios intermédios.

As setas de n.ºs 11, 14, 15 e 16 mostram os freios de pás de 1.ª, 4.ª, 5.ª e 6.ª expansão, enquanto as de n.ºs 12, 13 e 14, mostram uma das coroas de pás móveis de 2.ª e 3.ª expansão.

N.ºs 17, 18 e 19, são respectivamente a 3.ª, 2.ª e 1.ª expansão da turbina de marcha a ré, para onde a admissão se faz directamente do gerador pelo canal de admissão n.º 21, sendo n.º 20 o respectivo buçim e n.º 7 os aneis de vedamento.

Finalmente, n.º 8 são os furos para montagem de quatro colunas, que servem de *guias* para levantar a tampa da turbina, evitando assim que as pás sofram qualquer pancada que as deforme ou desloque da sua posição.

Emquanto que na máquina alternativa a expansão do vapor não vai além de 23, o que, como já foi dito,

significa que o volume final do vapor, no cilindro de baixa pressão, é 23 vezes maior do que o volume do vapor admitido em alta pressão, nas turbinas a expansão pode ir a 100 ou 120, para o que é necessário que o vácuo no condensador seja tão baixo quanto possível.

Assim, o rendimento de uma turbina depende até certo ponto do vácuo no condensador e por isso se adoptam várias disposições tendentes a obter um vácuo mais baixo do que aquele que, pelos meios ordinários, se obtém nas máquinas alternativas.

Uma das disposições para êsse fim empregadas é devida a Parsons, que adicionou aos condensadores

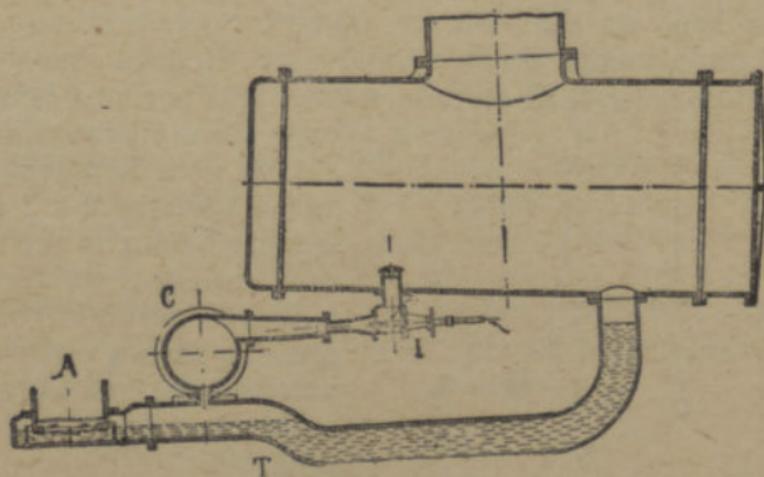


Fig. 276— Condensador-ejector Parsons

de superfície de forma vulgar, um condensador auxiliar C e um ejector de vapor I, dispostos como se vê na (fig. 276).

O ejetor de vapor I aspira do condensador principal ar e vapor, que se dirigem ao condensador auxiliar C, cuja superfície refrigerante é próximamente a vigésima parte do condensador principal; os dois condensadores estão ligados à bomba de ar A pelo tubo T que, pela sua forma em sifão, conserva sem-

pre cheia de água uma parte intermediária entre os dois condensadores, pelo que o ar e vapor condensado não podem voltar ao condensador principal.

Com esta disposição obtém-se um vácuo de 28",5, ou seja 74 centímetros, podendo empregar-se uma bomba de ar com menor volume do que nos condensadores ordinários; necessita porém que o condensador principal esteja montado em um plano mais elevado do que a bomba de ar, o que nem sempre é facilmente realizável.

Outra disposição, adoptada por Berling, consiste no emprêgo de uma bomba de ar auxiliar que aspira na parte mais elevada do condensador o ar e o vapor condensado, enquanto a bomba de ar principal aspira, na base do condensador, apenas vapor condensado. Como a bomba de ar auxiliar está sujeita a uma temperatura bastante elevada, é envolvida por uma camisa onde circula água fria.

Com esta disposição o vácuo torna-se 2 a 3 polegadas menor do que nos condensadores vulgares, atingindo portanto pouco mais ou menos o mesmo valor do que com a disposição anteriormente descrita.

As bombas de circulação, assim como a bomba de ar principal são movidas por uma máquina alternativa, para isso especialmente disposta, de forma que o mesmo motor serve a bomba de ar A e a bomba de circulação C, (fig. 277).

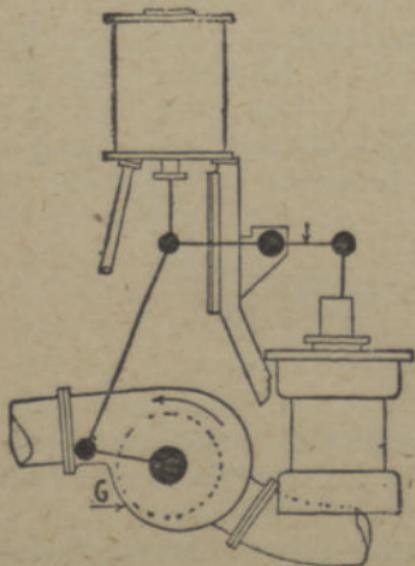


Fig. 277 — Bombas de ar e circulação e respectivo motor

Quando o número de rotações de um hélice passa além de certos limites a pressão atmosférica não é

bastante para conservar um contacto permanente entre a superfície das pás do hélice e a água que o cerca. Este fenómeno que se denomina *cavitação* e do qual resulta tornar-se mais imperfeito o apoio das pás sobre a água, pelo que o rendimento do propulsor é menor, e portanto o recuo muito maior, torna-se muito sensível quando se empregam turbinas como máquinas propulsoras, dada a grande velocidade própria deste género de motores.

Assim, emquanto na turbina o rendimento do motor é tanto maior quanto mais elevado é o número de rotações, no hélice, pelo contrário, o rendimento torna-se menor quando o número de rotações aumenta além de certos limites.

Sucessivas e demoradas experiências mostraram que a forma de melhor combinar aqueles efeitos contrários, de forma a obter-se o melhor rendimento combinado do motor e do propulsor, era: aumentar o número de linhas de veios que estão em geral compreendidos entre 2 e 4; empregar hélices de menor diâmetro e montar dois e três hélices sobre cada veio, colocando-os a distâncias tais uns dos outros que se tornem menos sensíveis as perdas resultantes dos hélices da pòpa se moverem em águas agitadas pela acção dos hélices montados mais a vante.

Os hélices, (fig. 278), são rigorosamente trabalhados para que o seu centro de gravidade coincida com o eixo de rotação, as suas superfícies são bem limadas e pulidas e terminam por um cone muito alongado com o fim de facilitar a saída da água.

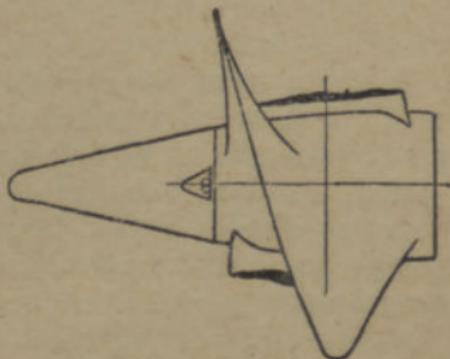


Fig. 278 — Hélice

A distribuição das turbinas de forma que a potên-

cia total se divida igualmente sôbre os veios motores pode ser feita de maneiras diversas, sendo as que seguem as mais geralmente empregadas.

A (fig. 279) mostra a disposição adoptada em vários navios empregados na travessia do canal da Mancha nos quais se empregam turbinas de 9.000 cavalos.

A turbina de alta pressão, n.º 4, serve de motor ao veio de meia nau, emquanto que cada um dos veios laterais recebe movimento da sua turbina de baixa pressão, n.ºs 12, 12, sendo sómente estas últimas que dispõem de turbina de marcha a ré, n.º 13.

O percurso do vapor é o seguinte:

Marcha a vante. — O vapor vindo pelos tubos condutores C C, é admitido na turbina de alta pressão, n.º 4, do que resulta o movimento do veio respectivo; deixando essa turbina, o vapor divide-se pelos dois tubos de comunicação, n.º 10, faz abrir as válvulas retentoras, n.ºs 11, 11, e entra nas turbinas de baixa pressão, n.ºs 12, 12, donde pelos tubos de evacuação, n.º 14, passa para os condensadores, n.º 15.

Marcha a ré. — O vapor passando pelos tubos condutores, n.º 9, é admitido nas turbinas de baixa pressão pelo lado de ré, onde se acham instaladas as turbinas de marcha a ré, n.º 13, e daí pelos mesmos tubos de evacuação, n.º 14, para os condensadores, n.º 15.

A disposição das válvulas de garganta e manobra vê-se detalhadamente na (fig. 280).

O vapor vem das caldeiras pelo tubo condutor S sendo G a válvula principal de garganta que regula a sua admissão na turbina de alta pressão.

H H, são duas válvulas de manobra semelhantes às válvulas distribuidoras, de concha ou cilíndricas, dispostas de forma a permitirem a passagem do vapor directamente para as turbinas de baixa pressão.

A disposição das válvulas é tal que quando estão a meio curso está o vapor fechado; se se faz descer a válvula, fecha-se a comunicação para o tubo L e abre-se para M, que corresponde ao tubo n.º 9 (fig. 279),

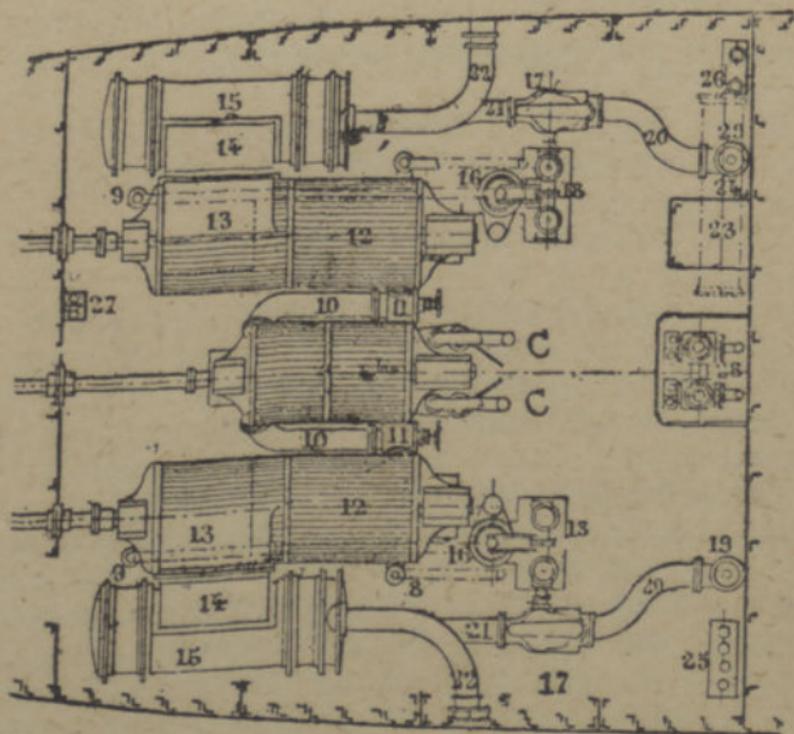
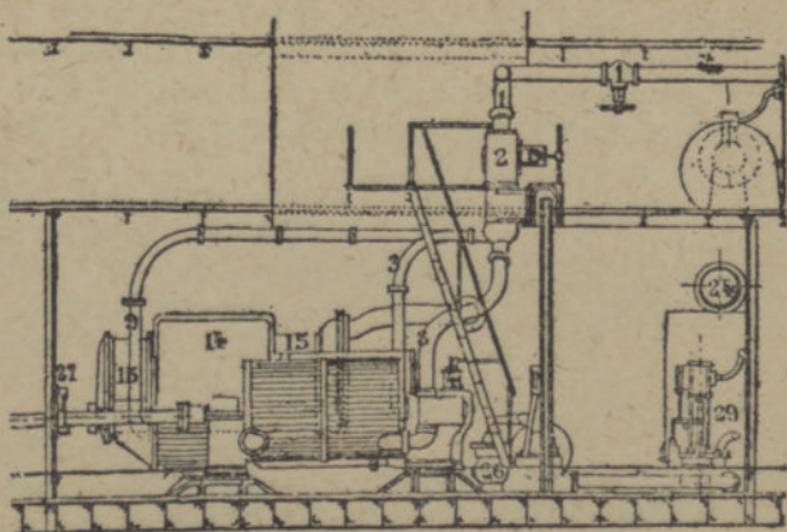


Fig. 279—Agrupamento das turbinas

pelo que a turbina andarà para ré; se se faz subir a válvula H, fecha-se a comunicação para M e abre-se para L, pelo que as turbinas de baixa pressão andarão a vante, funcionando como turbinas de alta pressão

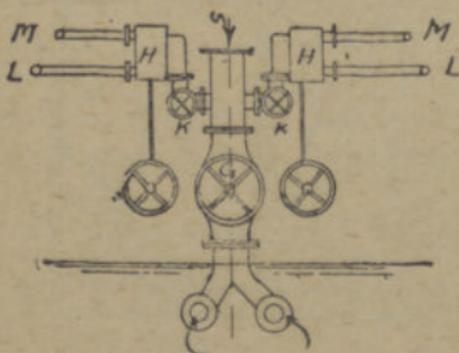


Fig. 280—Válvulas de garganta e manobra

As válvulas K são duas válvulas interceptoras, que se fecham quando em viagem seguida a turbina funciona, como foi dito, em primeiro lugar.

Para máquinas de grande potência as válvulas de manobra estão ligadas a um servo-motor a vapor ou hidráulico por forma

a mais fácil e rapidamente se poder fazer a sua manobra.

Só em viagem seguida funcionam as três turbinas, pois em manobras a turbina de alta pressão, n.º 4, está sempre parada.

Nessas condições, sendo a pressão em n.º 12 maior do que em n.º 4, as válvulas retentoras, n.º 11, fecham-se automaticamente, interrompendo as comunicações entre as turbinas laterais e as de meia náu. Esta operação é ainda facilitada pelo facto de se abrir a purga da turbina de alta pressão para o condensador.

Com o fim de diminuir as perdas devidas à fricção entre o tambor e o vapor que o cerca, quando o vapor não actua na turbina de marcha a ré, n.º 13, ou na de marcha a vante, n.º 12, há purgas para o condensador que se abrem em n.º 13, quando funciona a n.º 12, e em n.º 12 quando funciona a n.º 13, pelo que, havendo nessas turbinas uma pressão apenas ligeiramente superior à do condensador, aquelas turbi-

nas trabalham quasi que no vácuo com uma redução extrema naquelas perdas.

Pela inspecção da (fig. 279) se vê que a marcha das duas turbinas, n.º 12, é perfeitamente independente, podendo qualquer delas funcionar com a outra parada, ou andar uma a vante e outra a ré, conforme as necessidades da manobra.

Na (fig. 279) vê-se a disposição dos motores, n.º 18, para as bombas de circulação, n.º 17, e bombas de ar n.º 16.

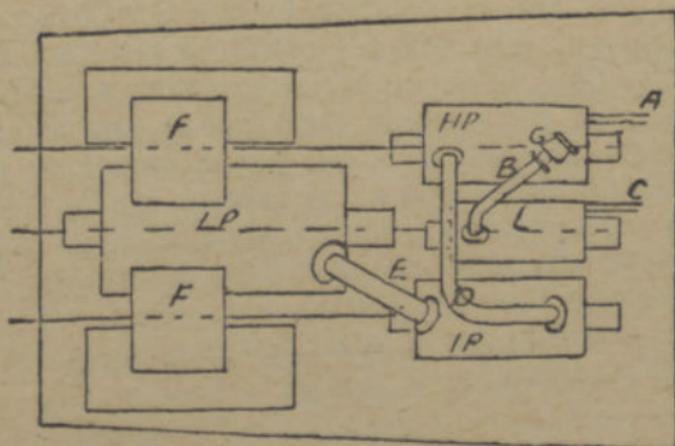


Fig. 281 — Agrupamento das turbinas

A (fig. 281) mostra outra forma de distribuição de turbinas sobre três veios, usada especialmente em navios de guerra e barcos de recreio, em que muitas vezes se anda com uma velocidade bastante reduzida.

Nestas condições, ou sobre o veio de meia náu, ou sobre os veios laterais, empregam-se mais outras turbinas que só funcionam com velocidades reduzidas, e que por isso se chamam *turbinas de cruzeiro*.

O fim das turbinas de cruzeiro é provocar um abaixamento de pressão semelhante ao que se obtém pelo estrangulamento da passagem do vapor ou pelo emprego de válvulas redutoras, mas operando de maneira que o trabalho resultante da correspondente ex-

pansão do vapor é aproveitado de forma a melhorar o rendimento do motor.

As três turbinas principais de alta pressão HP, média pressão IP e baixa pressão LP, actuam cada uma sobre o seu veio, ficando a de baixa pressão a meia náu e sendo sómente esta que dispõe de turbina de marcha a ré e sendo também a êste veio que está ligada a turbina de cruzeiro L.

O percurso do vapor a tôda a força é o seguinte: É admitido primeiramente em HP pelo tubo A, em virtude do que a válvula retentora G se fecha automaticamente, movendo-se portanto a turbina L arrastada por LP e no vácuo por se lhe abrir a purga respectiva; de HP o vapor passa por D para a turbina de média pressão IP e daí por E para a de baixa pressão LP donde por F vai para os condensadores.

Em cruzeiro, com velocidade reduzida, o vapor é primeiramente admitido na turbina de cruzeiro L, de L passa pelo tubo B e abrindo a válvula G vai actuar em HP seguindo depois o mesmo caminho que seguia no primeiro caso.

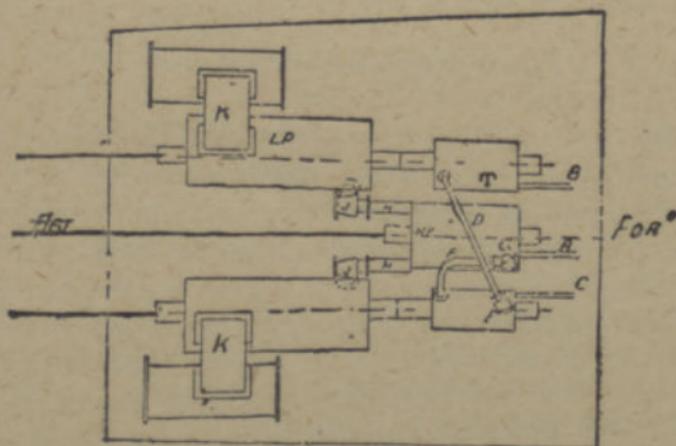


Fig. 282 - Agrupamento das turbinas

À (fig. 282), mostra a disposição adoptada ao cruzador *Amethyst* da marinha de guerra inglesa, navio êste em

que se fizeram demoradas e cuidadosas experiências que comprovaram a vantagem das turbinas sôbre as máquinas alternativas.

O percurso do vapor para velocidade máxima é o seguinte: Pelo tubo condutor A faz-se com que o vapor seja admitido na turbina de alta pressão HP disposta na mediania do navio. Dessa turbina o vapor passa por H, H, para as duas turbinas de baixa pressão LP, LP, dispostas uma a cada bordo, e destas turbinas por K, K, para os condensadores. É evidente que nestas condições as duas turbinas de cruzeiro, montadas nos veios laterais a vante das turbinas de baixa pressão, trabalham no vácuo por se fechar automaticamente a válvula retentora G e se lhes abrirem as respectivas purgas para os condensadores. A máxima velocidade atingida nestas circunstâncias foi 23,5 milhas.

Para uma velocidade de 10 a 14 milhas o vapor é admitido em primeiro lugar na primeira turbina de cruzeiro T pelo tubo B; daí por D e válvula retentora E, passa para a segunda turbina de cruzeiro donde pelo tubo F e válvula G passa para a turbina de alta pressão HP e desta por H, H para as turbinas de baixa pressão LP donde finalmente é evacuado para os condensadores por K, K.

Para uma velocidade compreendida entre 14 e 18 milhas, o vapor é admitido, em primeiro lugar, pelo tubo C na segunda turbina de cruzeiro donde por F e G passa para HP e daí por LP para o condensador como anteriormente. Nestas condições, a primeira turbina de cruzeiro T trabalha no vácuo por automaticamente se ter fechado a válvula retentora E.

A (fig. 283) mostra a disposição adoptada no destroyer inglês Velox, notável pelo facto de haver máquinas alternativas conjugadas com turbinas.

Duas turbinas de alta pressão H e duas turbinas de baixa pressão B, actuam cada uma sôbre o seu veio. A vante de cada uma das turbinas de baixa pressão B, está uma máquina de triplíce expansão A, cujo veio

motor por meio de uma união móvel se pode tornar solidário com o veio da turbina de baixa pressão, ou desligar-se dele.

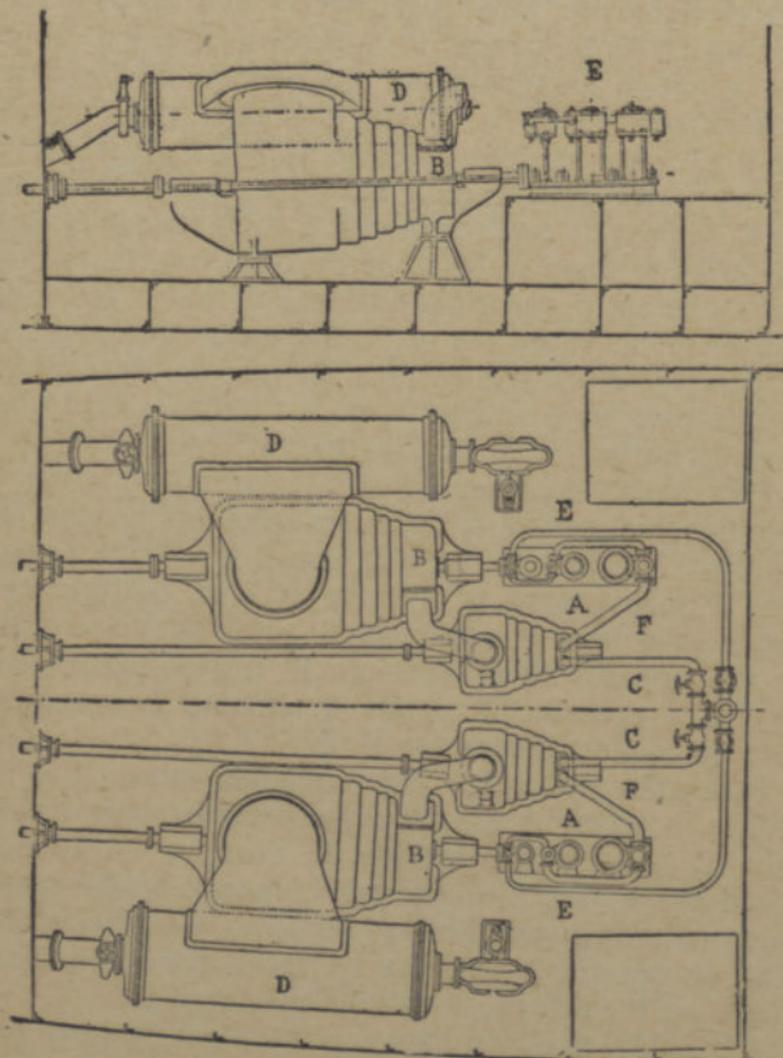


Fig. 283 — Agrupamento de turbinas e máquinas alternativas

A toda a força o veio das máquinas alternativas desliga-se das turbinas e o vapor vindo por C é admitido em H donde passa para B e daí para o condensador D.

Com velocidades reduzidas, faz-se a ligação das máquinas alternativas com as turbinas e o vapor é admitido em primeiro lugar por E nas máquinas alternativas A, donde é evacuado à pressão de 40 libras para as turbinas de alta pressão H, pelos tubos F e destas turbinas para as de baixa e condensadores como anteriormente.

Turbinas mixtas

Nas turbinas mixtas o vapor sofre uma expansão parcial ao atravessar as agulhetas que precedem a primeira coroa de pás móveis, actuando portanto sobre estas por acção, segundo o que já foi dito quando tratámos d'êste tipo de turbinas.

Abandonando a primeira coroa de pás móveis, ainda sob uma pressão relativamente grande, por a sua expansão não ser total, o vapor encontra uma coroa de pás fixas, além das quais encontra uma coroa de pás móveis, onde actua por reacção, também como já foi dito anteriormente, e assim continua até à última coroa de pás indo então para o condensador.

Turbina Curtis. — Esta turbina é um exemplo de turbina mixta. É múltipla, de admissão total e descarga paralela.

A (fig. 284) mostra a disposição de uma turbina Curtis de eixo vertical T, empregada como motor de um dinamo D, colocado pela parte de cima da turbina.

As pás, (fig. 284), cuja altura varia de 19 a 25,5 milímetros do lado da admissão para o da evacuação, assemelham-se um pouco às pás da turbina Laval.

O intervalo entre as coroas de pás fixas e móveis que nas turbinas de fraca potência não vai em geral além de $0^{\text{mm}},5$, é de 2^{mm} para as turbinas mais potentes, havendo uma disposição que permite levantar o tambor por forma a conservar-se esta distância.

O vapor é admitido na turbina por uma válvula de garganta, distribuindo-se na câmara de admissão pelas agulhetas cuja forma é em cone convergente divergente, tendo cada agulheta a sua válvula de admissão V, (fig. 284). Deixando as agulhetas vai actuar por acção nas pás da primeira coroa de pás móveis M,

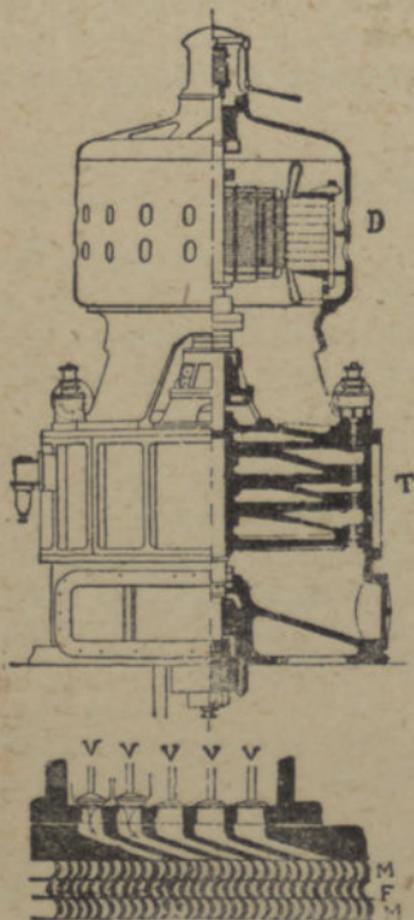


Fig. 284 — Turbina Curtis

abandonando as quais encontra a primeira coroa de pás fixas F que, modificando-lhe a direcção, o fazem incidir sobre a segunda coroa de pás móveis M, onde actua por reacção e assim sucessivamente até ir para o condensador.

Os tambores, em número de 1 para fracas potências, e aumentando até 4 para as potências máximas, têm duas e três coroas de pás móveis, actuando o vapor na primeira por acção e nas seguintes por reacção, como já foi dito.

Esta turbina, que também pode ter o seu eixo horizontal, tem a sua

principal aplicação como motor de dinamos, embora se tenha feito uma tentativa para a empregar como turbina marítima, tentativa que não foi coroada de bom êxito.

A lubrificação das chumaceiras suportes, faz-se pelo sistema de lubrificação forçada, e em cada turbina há, além de um regulador de velocidade muito

sensível, o qual actua sôbre as válvulas de admissão das agulhetas, um *regulador de segurança* que intercepta completamente a passagem do vapor, quando a velocidade da turbina excede em 15 0/0 a velocidade de regime.

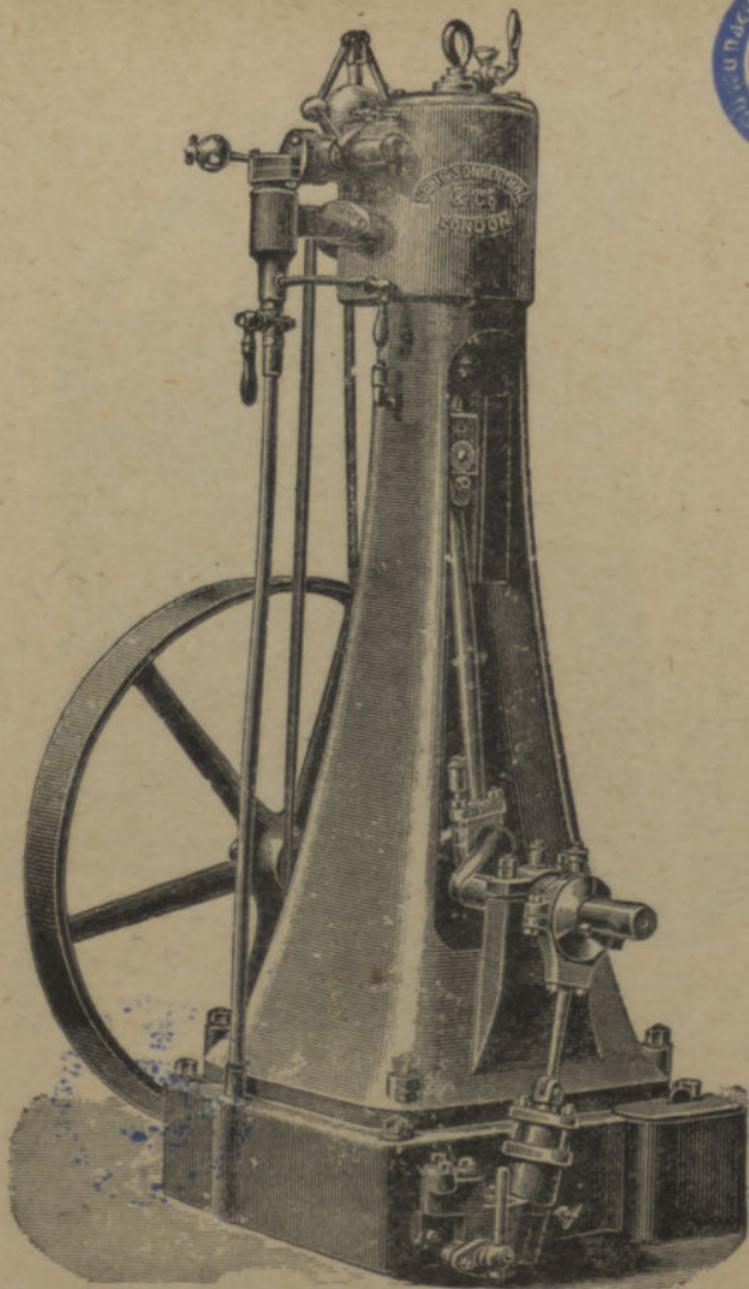
Tendo passado em revista vários tipos de turbina e tendo sido mais minuciosa a descrição daquelas que mais comumente são empregadas, vejamos agora os resultados de experiências comparativas feitas pelo almirantado inglês em navios perfeitamente iguais, os cruzadores *Topaze* e *Amethyst*, diferindo apenas no tipo do motor, visto o primeiro ter máquinas alternativas de triplice expansão e o segundo turbinas Parsons.

Experiência	Amethyst (turbinas)	Topaze (máquina alter- nativa)
24 horas a 10 milhas:		
Fôrça indicada (I H P).....	897	897
Velocidade em milhas	10	10,058
Consumo de carvão em libras, por cavalo hora	3,22	2,56
24 horas a 14 milhas:		
Fôrça indicada (I H P).....	2250	2251
Velocidade em milhas	14,062	14,08
Consumo de carvão em libras, por cavalo hora	2,1	2,06
30 horas a 18 milhas:		
Fôrça indicada (I H P).....	4770	4773
Velocidade em milhas.....	18,186	18,039
Consumo de carvão em libras, por cavalo hora.....	1,75	2,28

Experiência	Amethyst (turbinas)	Topaze (máquina alter- nativa)
8 horas a 20 milhas:		
Fôrça indicada (I H P).....	7280	6689
Velocidade em milhas.....	20,6	20,063
Consumo de carvão em libras, por cavalo hora.....	1,5	2,31
4 horas a tôda a fôrça:		
Fôrça indicada (I H P).....	13 a 14000	9575 a 9868
Velocidade em milhas.....	23,06 a 23,63	12,826 a 22,103
Consumo de carvão em libras, por cavalo hora.....	1,85 a 1,74	2,89 a 2,65

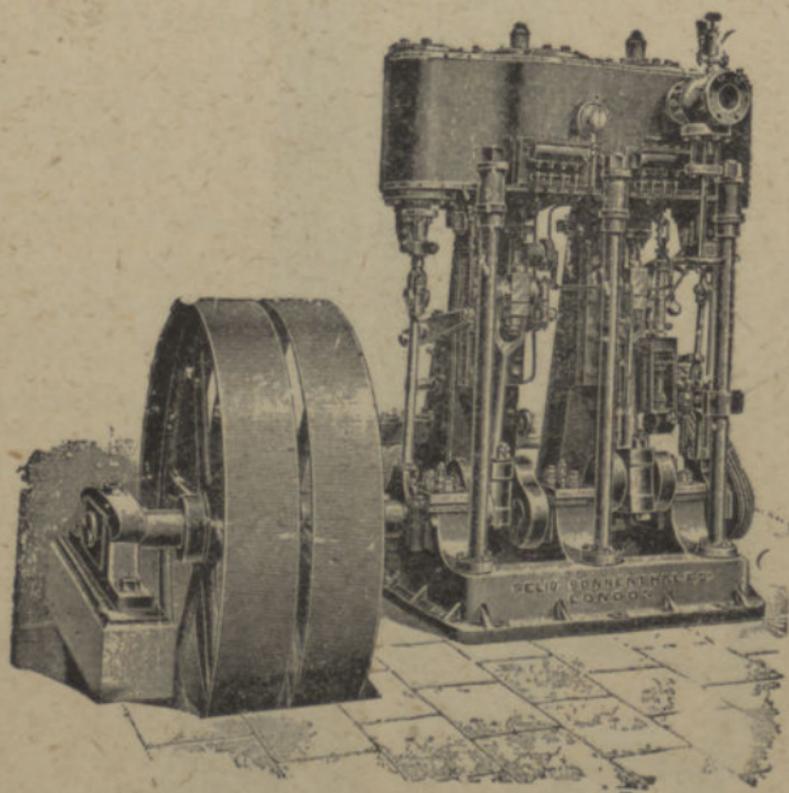


Para esclarecer e elucidar os leitores dêste livro, publicâmos a seguir uma série de estampas de diversos tipos de máquinas de vapor.



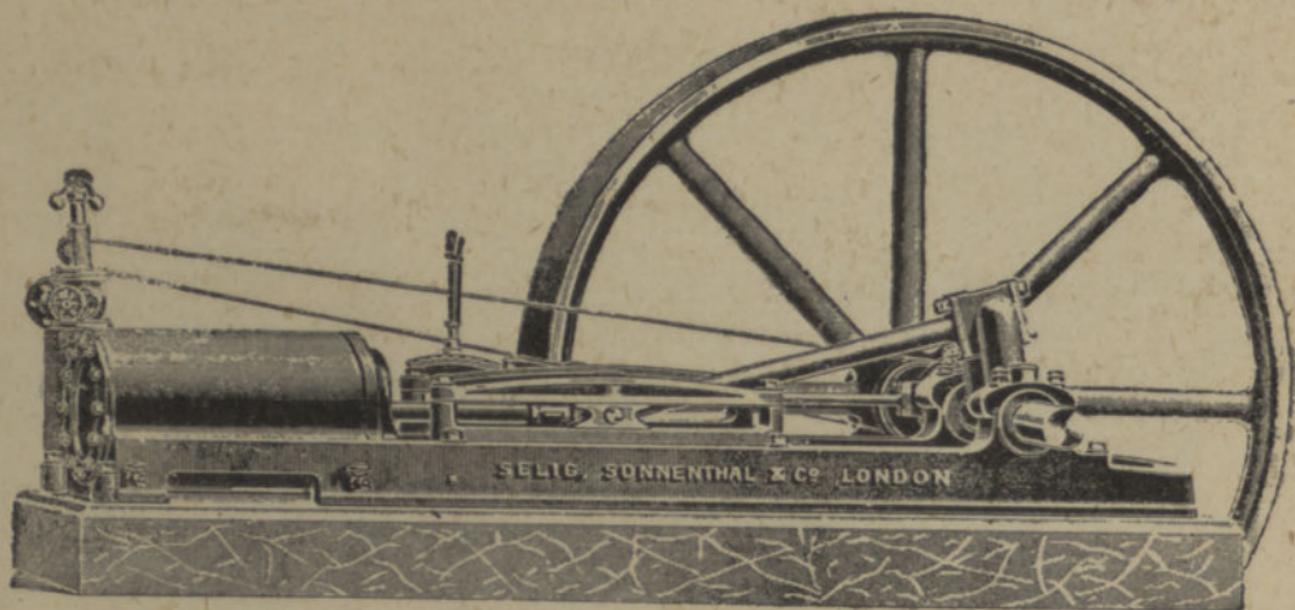
Máquina fixa vertical (*dos tipos mais simples*)

Força indicada 2 a 12 cavalos



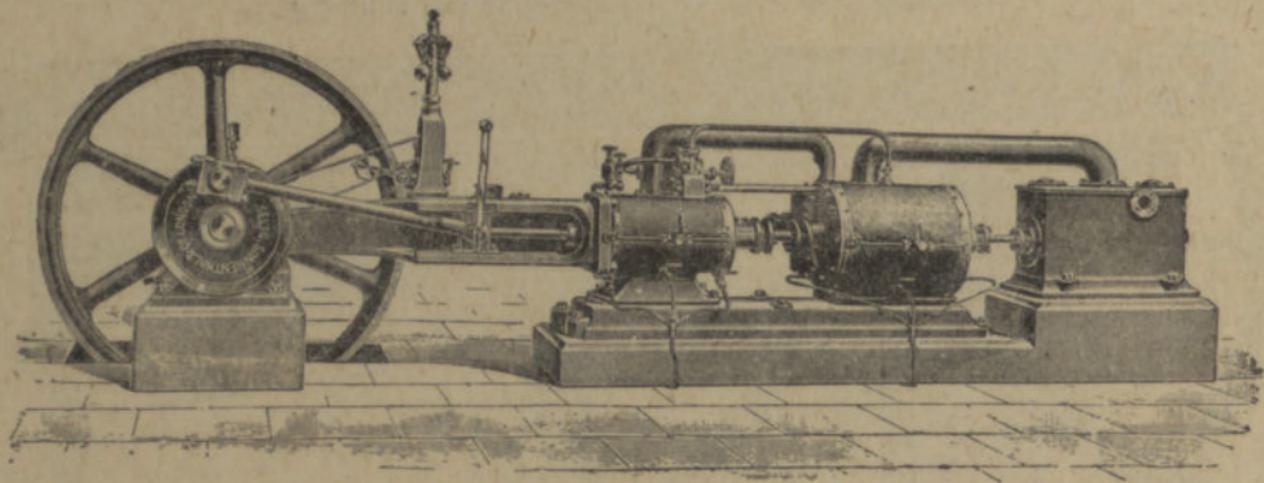
Máquina Compound fixa vertical
(grande velocidade)

Força indicada 15 a 150 cavalos



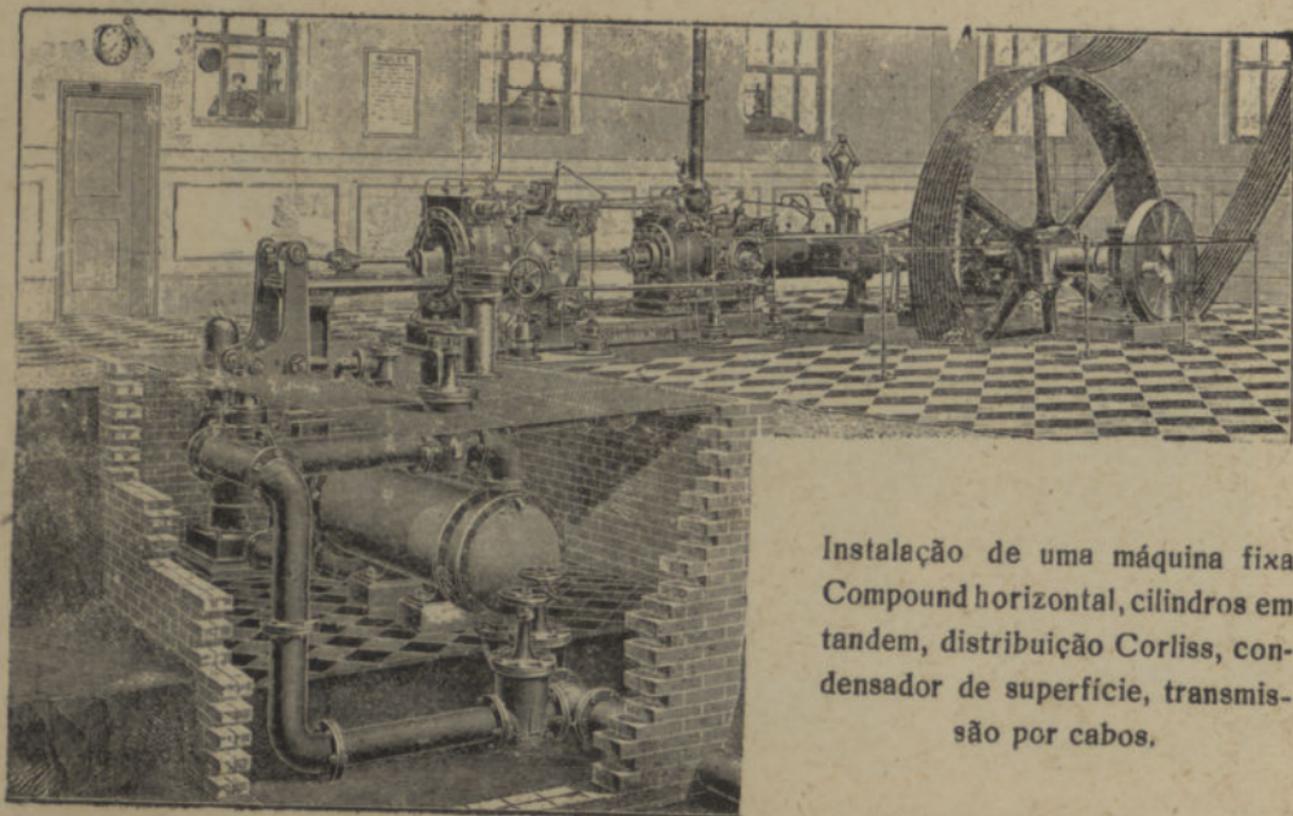
Máquina fixa horizontal (*dois tipos mais simples*)

Força indicada 4 a 20 cavalos

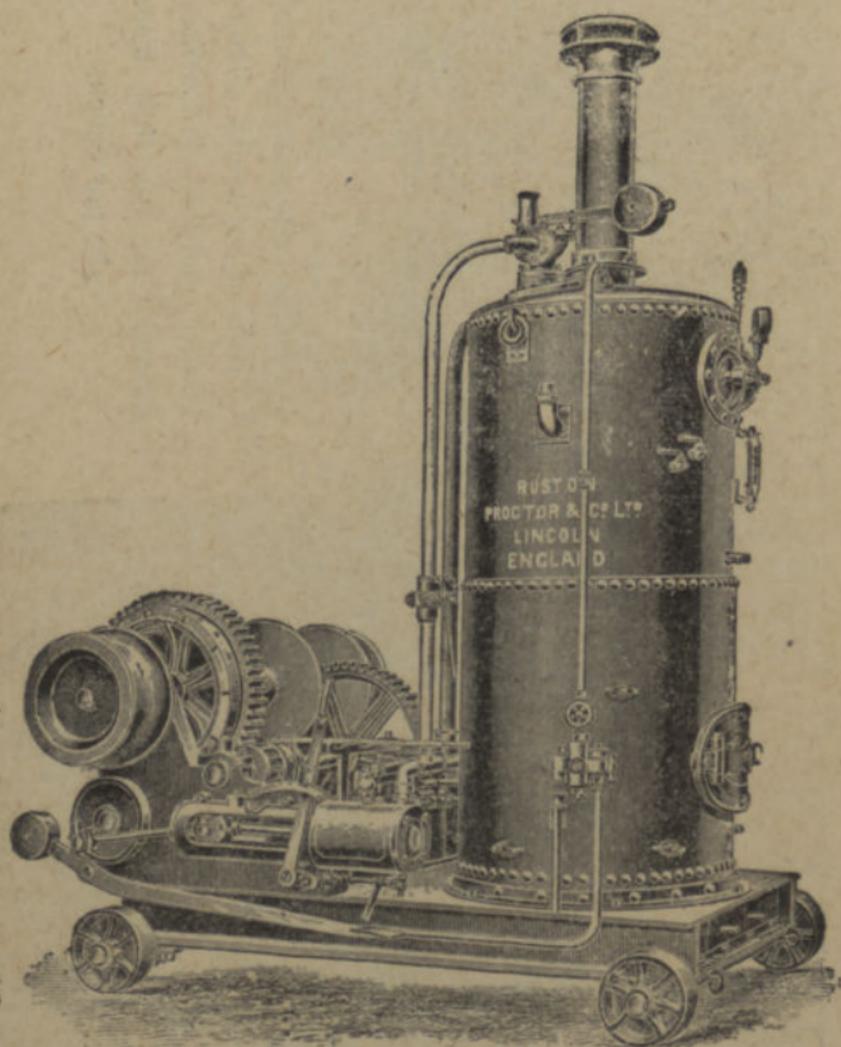


Máquina Compound fixa horizontal com condensador
(cilindro em tandem)

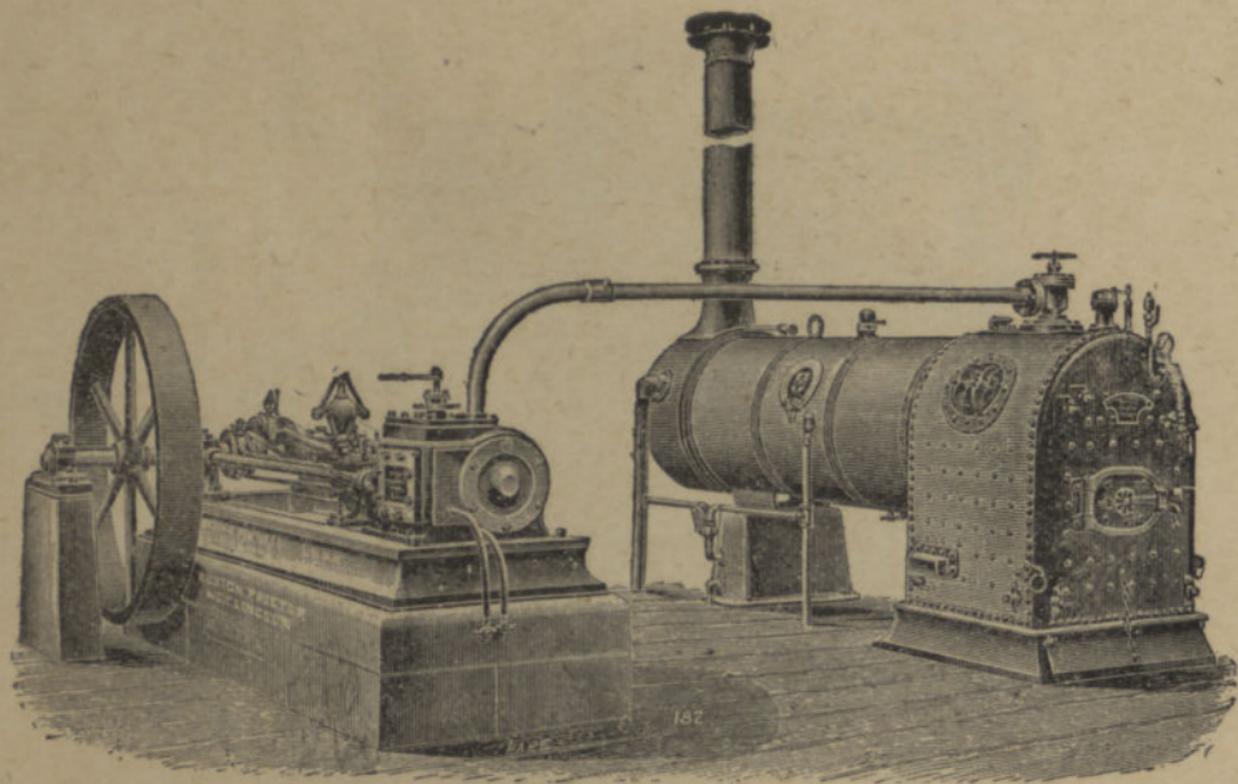
Força indicada 50 a 250 cavalos



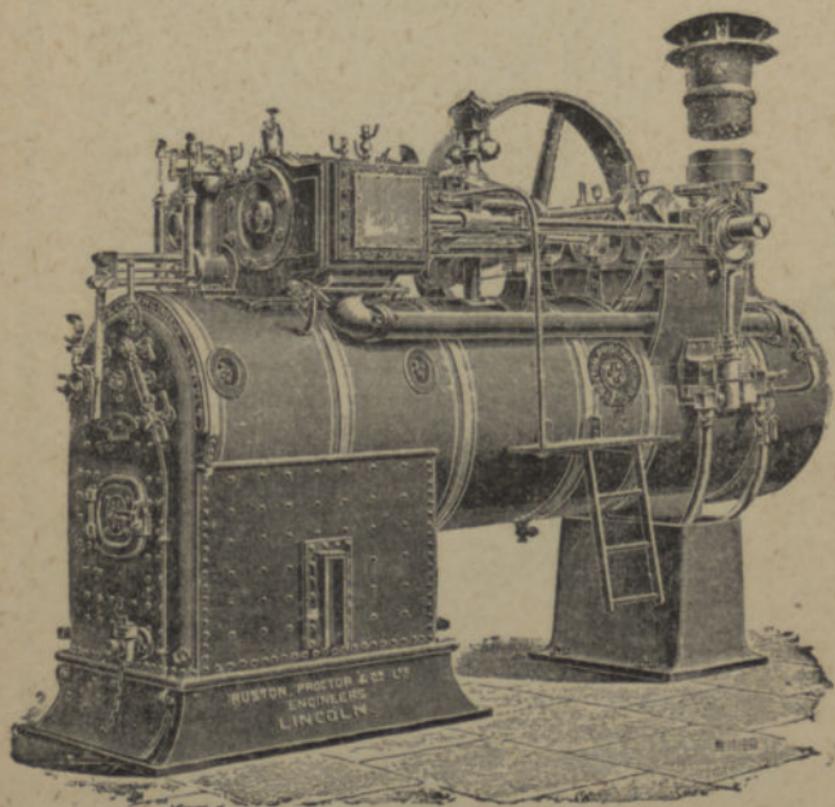
Instalação de uma máquina fixa
Compound horizontal, cilindros em
tandem, distribuição Corliss, con-
densador de superfície, transmis-
são por cabos.



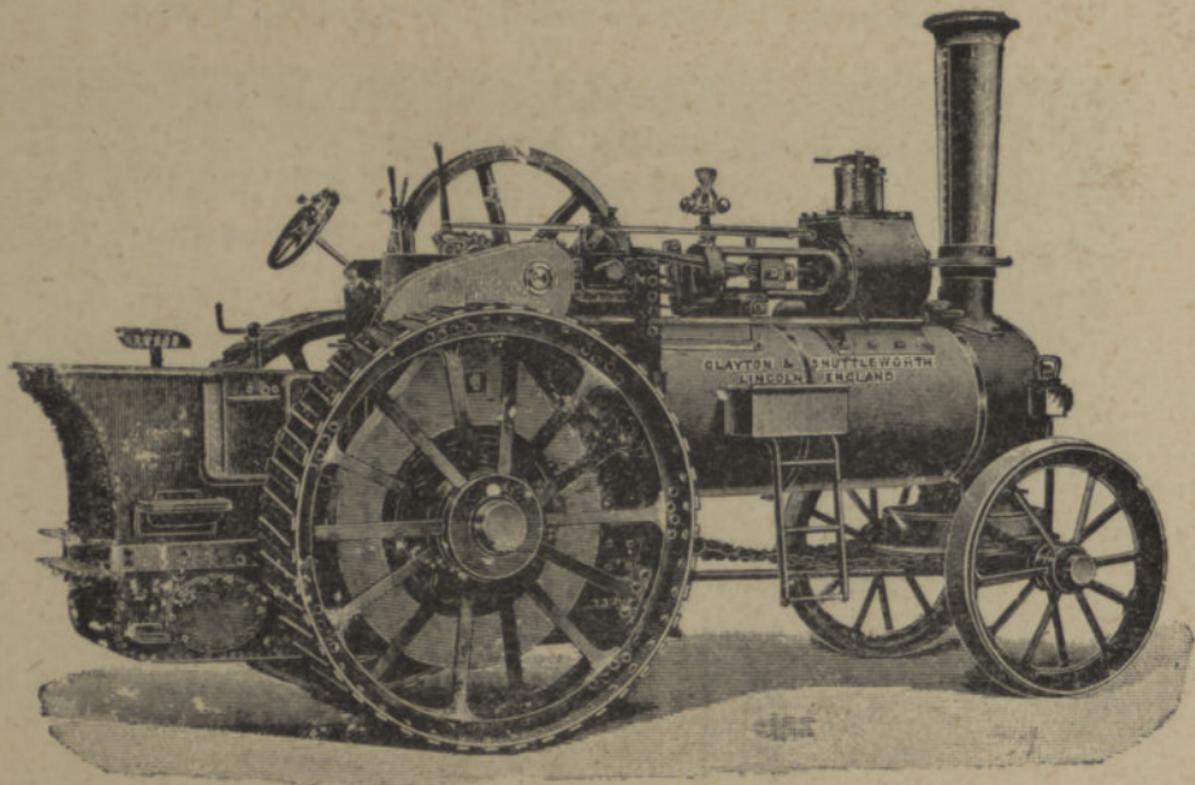
Guincho a vapor. Caldeira vertical de tubos cruzados.
Máquina de alta pressão com dois cilindros manivelas, a 90°



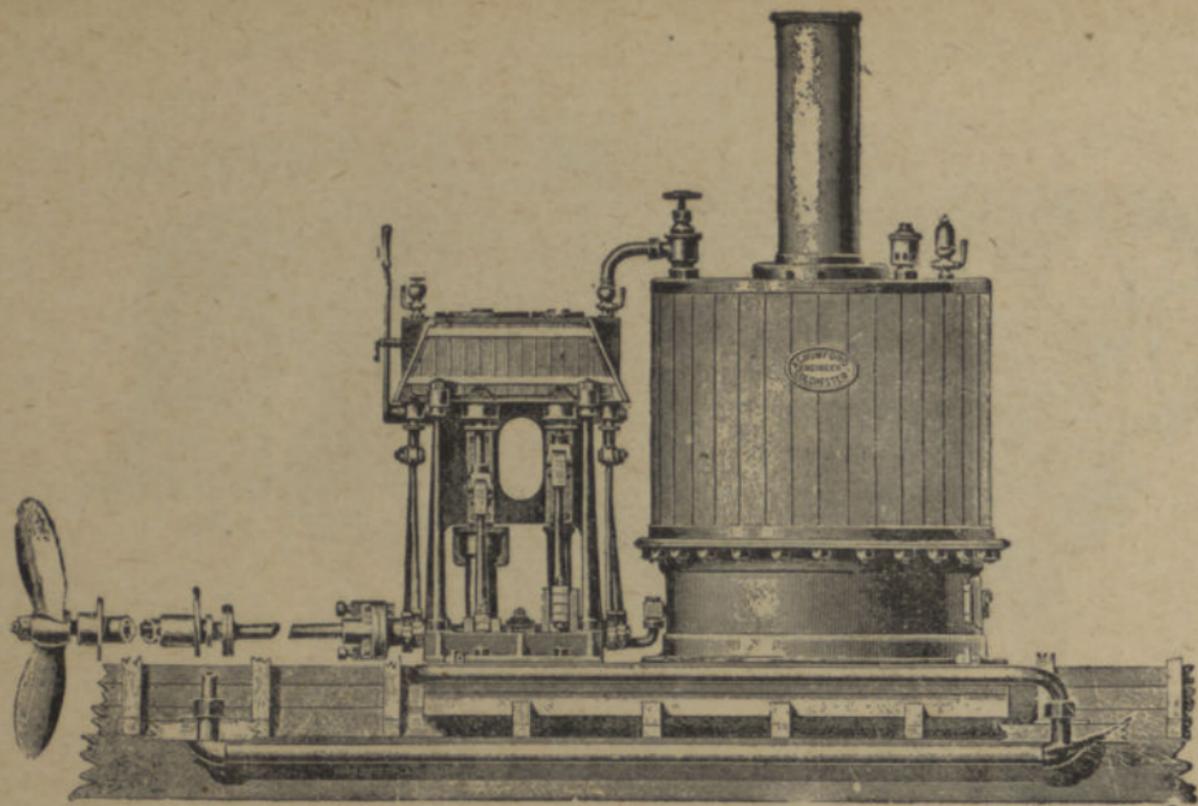
Instalação de uma máquina fixa horizontal e caldeira tipo locomotiva



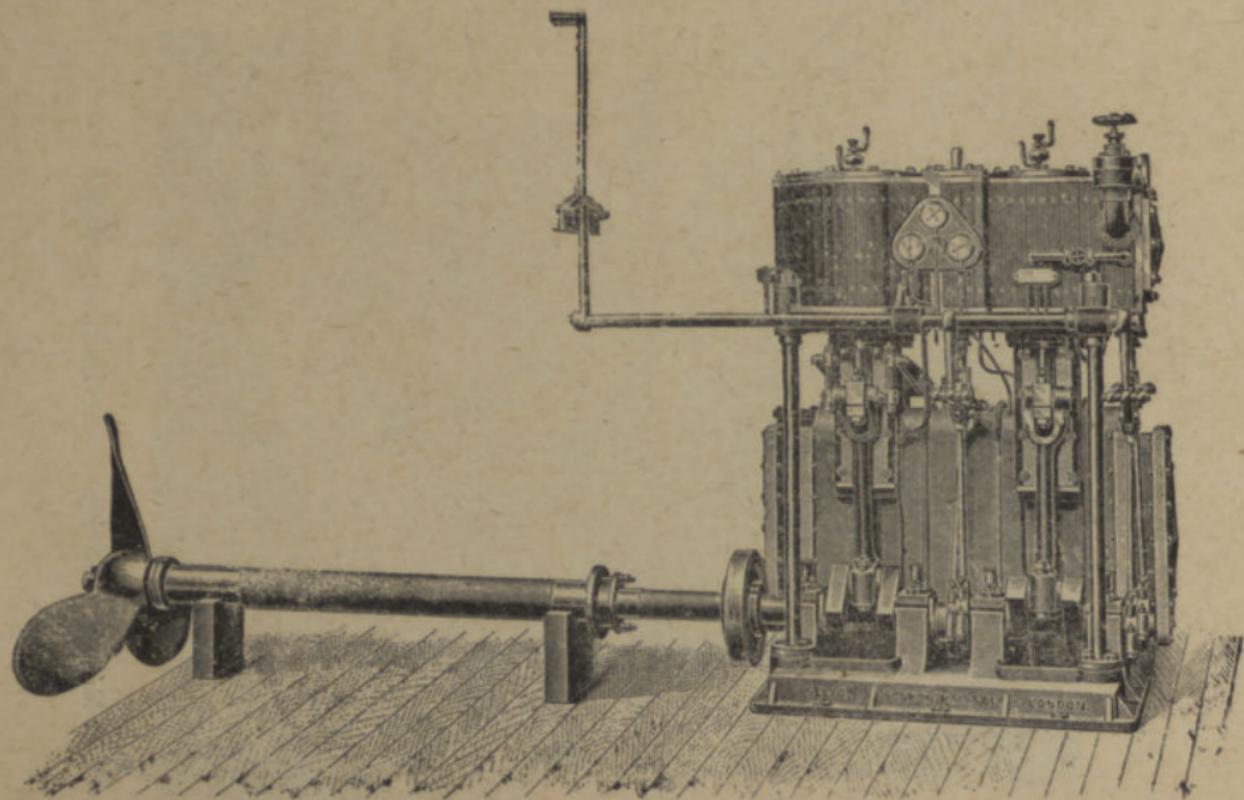
Máquina Compound semi-fixa



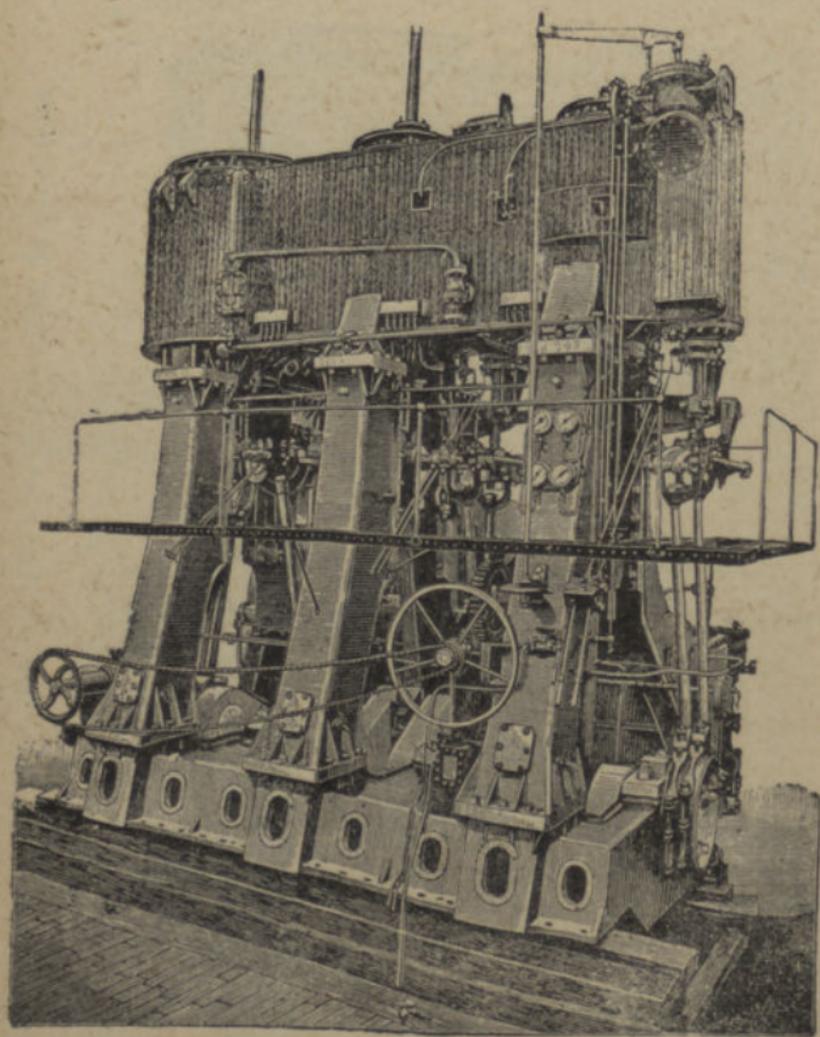
Caminheira para tracção ou para motor de máquinas agrícolas



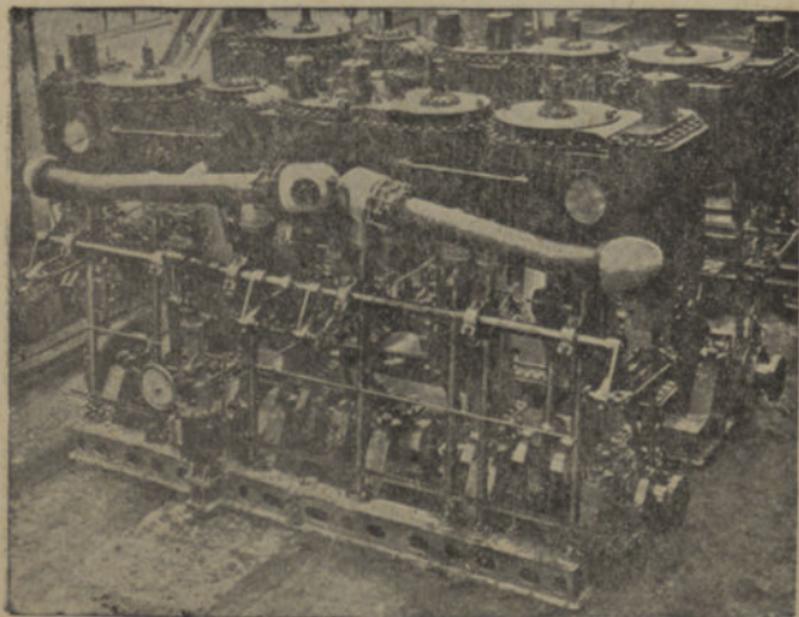
Motor de lancha a vapor. Caldeira vertical de tubos de água.
Máquina Compound vertical com condensador de superfície.



Máquina marítima Compound vertical com condensador de superfície
Força indicada 50_a 500 cavalos

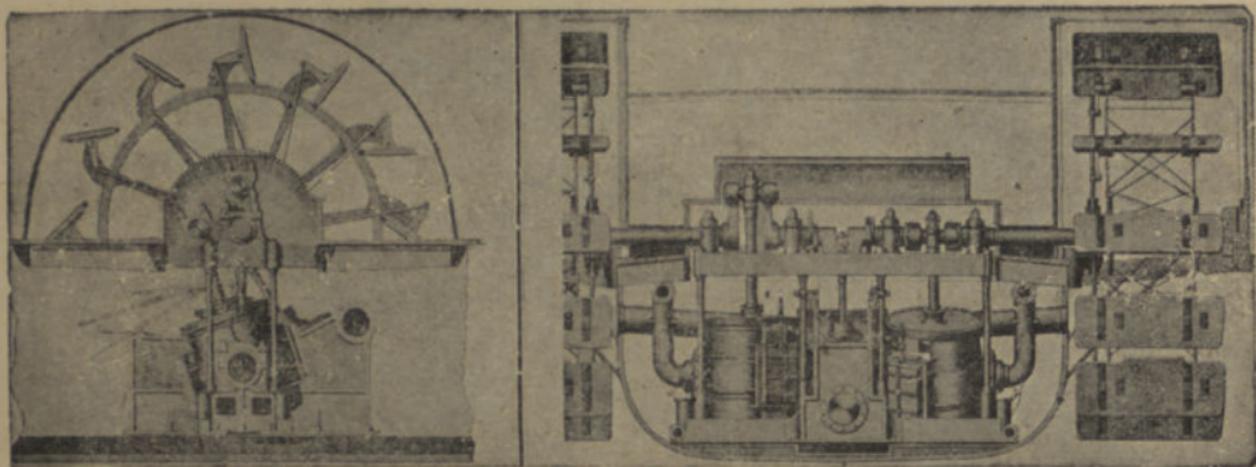


Máquina marítima de tríplice expansão

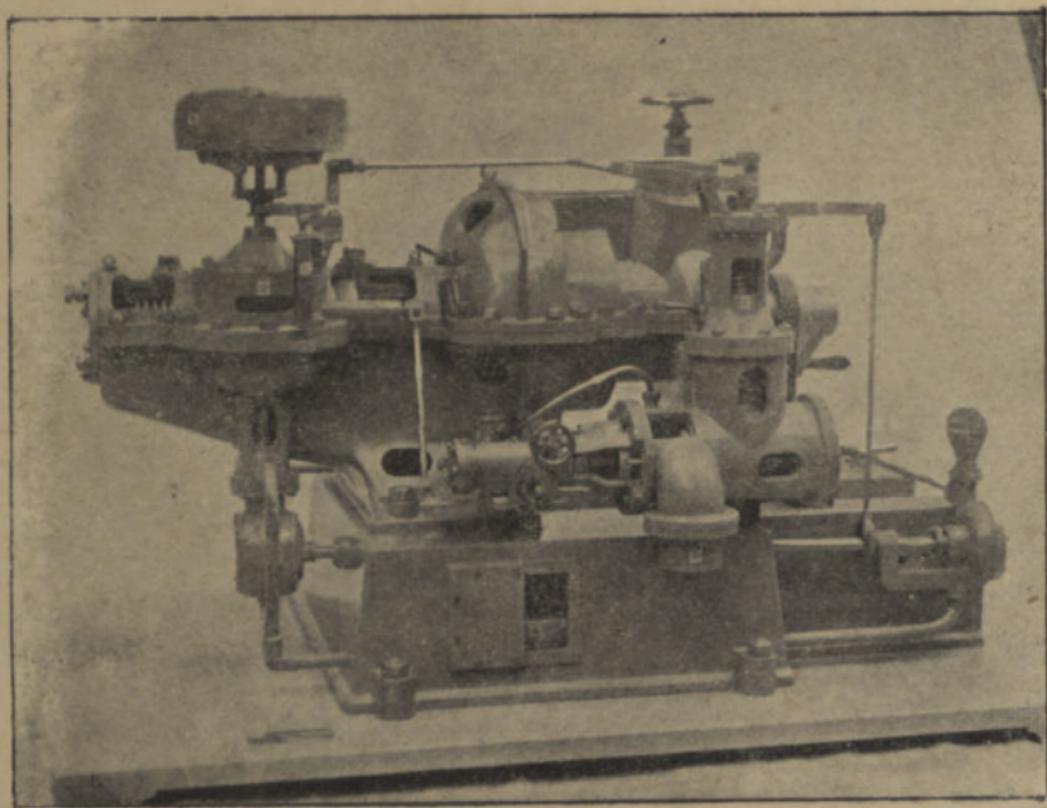


**Máquinas marítimas verticais de triplice expansão
com a potência indicada de 18.500 cavalos**

**Deslocamento do navio em que são empregadas 9.240 toneladas ;
velocidade com tragem natural de 20 milhas por hora**



Máquina marítima de cilindros oscilantes, accionando rodas de pás articuladas



Turbina Parsos (terrestre)



ÍNDICE GERAL

	Pag.
PRÉFÁCIO	V
INTRODUÇÃO. — Fôrça, trabalho, energia, máquinas térmicas, máquinas de vapor, partes de que se compõem e sua classificação; máquinas alternativas, sua classificação	1 a 10

PARTE PRIMEIRA

CAPÍTULO I — Gerador . Caldeiras, sua classificação e descrição; válvulas redutoras, tubos condutores, reparadores, purgadores automáticos e descrição de vários tipos de caldeiras.	11 a 13
CAPÍTULO II — Utilizador . Cilindros, êmbolos distribuidores, condensadores, bombas de ar, circulação e alimentação. Classificação e descrição.	84 a 104
CAPÍTULO III — Transmissor . Descrição e classificação dos diferentes maquinismos principais e secundários. Suportes e fundações.	105 a 131

PARTE SEGUNDA

CAPÍTULO IV — Combustão . Termómetros, combustíveis sólidos e gasosos, fenómenos da combustão. Tiragem	132 a 145
CAPÍTULO V — Produção do vapor . — Como se transmite o calor à água. Leis da ebulição.	

Temperatura e densidade do vapor da água, manómetros. Rendimento das caldeiras	146 a 159
CAPITULO VI — Funcionamento da máquina. Acção do vapor sôbre o êmbolo, distribuição do vapor, sua expansão, diagramas, cálculo da potência. Rendimento do motor . . .	160 a 203
CAPITULO VII — Condensação.	204 a 205
CAPITULO VIII — Lubrificação. Processos empregados para a produzir. Lubrificantes mais vulgarmente empregados e condições a que devem satisfazer	206 a 215
CAPITULO IX — Disposições características de alguns tipos de máquinas. Máquinas terrestres, marítimas, etc. Propulsores. Alimentadores, injectores, pulsómetros, filtros, destiladores e servo-motores	216 a 238

PARTE TERCEIRA

CAPITULO X — Condução. Regras e preceitos estabelecidos para acender, conservar a máquina em boas condições de funcionamento, parar, apagar e despejar as caldeiras	239 a 263
CAPITULO XI — Explosões. Causas que as podem produzir e meios empregados para as evitar	264 a 271
CAPITULO XII — Pequenas reparações. Juntas, empancamentos e vedamentos. Substituir tubos. Provas hidráulicas. Emprêgo do zinco	272 a 290
CAPITULO XIII — Conservação das caldeiras quando apagadas. Causas de corrosão e enfraquecimento, lexivagem e processos de conservação das caldeiras	291 a 294

PARTE QUARTA

CAPITULO XIV. — Turbinas. Sua comparação com as máquinas alternativas. Generalidades, classificação das turbinas. Descrição de vários tipos de turbinas. Agrupamento das turbinas.	295 a 364
---	-----------

ÍNDICE ALFABÉTICO

	Pag
Abaixamento do nível de água	256
Acender	238
Activar os fogos.	249
Admissão (período de).	161
Agitadores	33
Aglomerados ou briquetes	137
Agrupamento das turbinas.	354
Agrupamento das turbinas e máquinas alternativas.	359
Agulhetas (das turbinas).	299
Agulhetas da turbina Riedler-Stumpf	319
Agulhetas da turbina Laval.	307
Ajustamentos	283
Alimentação (bombas de)	103
Alimentadores	228
Alimentadores Belleville.	229
Alimentadores Thisian.	228
Alimentadores Weir.	240
Alimentadores Wortington	230
Amianto	276
Angulo de ajustamento	166
Anilhas para os tubos das caldeiras.	22
Aneis de vedamento (das turbinas)	344
Antracite.	136
Apagar.	258
Aparelhos de alarme.	41
Aparelhos de extracção.	28
Aparelhos fumívoros.	156
Aparelhos geradores.	4
Aparelhos Marshall	118
Aparelhos de mudança de marcha	114
Aparelhos de nível.	29
Aparelhos Toy	118
Aparelhos Walschaert	120
Aquecedores de água de alimentação	157
Aquecedores Normand.	158
Aquecedores Weir.	159
Aquecer a máquina.	244
Aquecimento de uma articulação	261
Aquecimento metódico	248

Ar (bomba de)	100
Ar necessário á combustão	140
Arreatadura	278
Aumentar o número de caldeiras em actividade	250
Avanço à admissão	163
Avanço à evacuação	162
Avarias nos manómetros	285
Azeite	210
Balacear a máquina	245
Balaceiros	126
Balaceiros (máquinas de)	8 e 127
Barras de grelhas	20
Bombas de alimentação	103
Bombas de ar	100
Bombas de circulação	97 e 100
Bombas centrífugas	100
Briquetes	137
Bucins	86 e 279
Bucins da turbina Parsons	337 e 342
Bujões fusíveis	42
Bujões de madeira para tapar tubos	285
Caixa de fogo	22
Caixa de fumo	23
Caldeira	11
Caldeira americana Root	61
Caldeira aquitubular	13 e 54
Caldeira Babcock e Wilcox	64
Caldeira Belleville	55
Caldeira cilíndrica	12
Caldeira cilíndrica com fornalha exterior	48
Caldeira cilíndrica com fornalha interior	49
Caldeira cilíndrica com ebulidores	48
Caldeira de chama directa	13
Caldeira de chama invertida	14
Caldeira de frente dupla	54
Caldeira de vaporização instantânea	82
Caldeira Dutemple	72
Caldeira Field	68
Caldeira Galloway	49
Caldeira Gástubular	12 e 49
Caldeira Lagrafel e de Allest	66
Caldeira Lenz	50
Caldeira locomotiva	50
Caldeira Montupet	69
Caldeira Nayer	59
Caldeira Niclausse	70
Caldeira Normand	76

Caldeira Normand-Sigaudy	79
Caldeira Oriolle	64
Caldeira Paralelipipédica	11
Caldeira Serpollet	82
Caldeira Sterling	81
Caldeira Thornycroft	74
Caldeira Yarrow	74
Caloria	135
Calor latente de vaporização	149
Caminheira para tracção ou para motor de máquinas agrícolas (<i>estampa</i>)	373
Carregador Vicars	155
Carregar as fornalhas	247
Carvão de pedra	136
Carvão mineral	136
Carvão vegetal	136
Causas da explosão	264
Cavalo indicado	191
Cavitação	353
Chaminé	24
Chapas tubulares	22
Choques nas máquinas a funcionar	260
Chumaceiras de impulso	113
Chumaceiras de impulso da turbina Parsons	345
Chumaceiras de impulso Maudelay	114
Chamuceiras de rótula	306
Chamuceiras suporte dos veios	110
Circulador	32
Cinzeiro	21
Cisterna	100
Classificação das caldeiras	21
Classificação das máquinas	4
Classificação das turbinas	298
Coaltar	139
Combustão	132
Combustíveis	135
Combustíveis (consumo de)	145
Combustíveis gasosos	138
Combustíveis líquidos	138
Combustíveis sólidos	135
Compensadores	89
Compensadores (da turbina Parsons)	327
Compensadores de pêso	84
Compensadores de pressão	90
Compensadores Joy	90
Compressão (período de)	163
Condensadores	96

Condensadores Berling	28
Condensadores de mistura	96
Condensadores de superfície	98
Condensadores e ejector Parsons	351
Condensadores Fouché (aero)	102
Condensadores Koiting	102
Condensadores Morton	102
Condensadores (portas)	99
Condução	239
Condução das caldeiras	248
Condução das máquinas	259
Condutibilidade	147
Conduitos	23
Conservação das caldeiras	291
Consumo de combustível por cavalo-hora	193
Consumo de lubrificantes	210
Contadores de rotações	201
Convecção	147
Coque	137
Copos lubrificadores	207
Coroas de pás (nas turbinas)	299
Corrediça de Allan	117
Corrediça de Gooch	117
Corrediça de Stephenson	116
Corrediça de Walschaest	120
Cilindro	84
Cilindro (camisas)	85
Cilindro (canaís)	85
Cilindro (casquilho)	85
Cilindro (disposição)	82
Cilindro (tampa e fundo)	86
Depósito de água	26
Depósito de vapor	34
Depósito e incrustações	253 e 267
Despejar as caldeiras	263
Diagramas	171
Diagramas (cálculo)	186
Diagramas defeituosos	177
Diagramas do indicador	174
Diagramas teóricos	172
Diagrâmetro João do Pinho	198
Dissociação dos gases da combustão	136
Distribuição Corliss	121
Distribuição Sulzer	122
Distribuidores	88
Distribuidores (funcionamento)	91
Distribuidores das turbinas	299

Distribuidores de orifícios duplos	92
E bulição	162
Ebulição tumultuosa	257
Ebulidores	34
Electrogénio de Hannay	284
Êmbolos	86
Êmbolos (aros dos)	87
Êmbolos (coroas dos)	87
Êmbolos (guarnições dos)	87
Êmbolos (molas dos)	87
Empancamentos	279
Empancamentos (fazer)	280
Empancamentos metálicos	282
Encalques	272
Encher as caldeiras	240
Encostar o fogo	258
Energia	1
Escala dos manómetros	150
Escala dos termómetros	132
Escumar as caldeiras	254
Escoras patentes	286
Espaços nocivos	164
Esquentador de ar	157
Esquentador de vapor	41 e 156
Evacuação	162
Expansão	161
Expansão Farcot	168
Expansão fixa	164
Expansão fraccionada	169
Expansão Mayer	166
Expansão variável	167
Excêntricos	115
Explosões	266
Extracções	259
F alta de água nas caldeiras	269
Falta de resistência nas caldeiras	270
Feixe tubular	22
Fermentar (as caldeiras)	255
Filtros da água de alimentação	236
Fornalhas	15
Fornalhas Farully	17
Fornalhas Fox	16
Fornalhas com compensadores	16
Fornalhas Marisson	18
Fornalhas Purves	18
Freios de pás (nas turbinas)	303
Fugas	259 e 266

Funcionamento da máquina	161
Fundações e suportes	130
G acheta de algodão	280
Gacheta de amianto	280
Gacheta de linho	279
Gacheta de patente	280
Gacheta metálica	280
Gás de iluminação	140
Gases de combustão	4 e 142
Gerador	11
Giffard (injector)	233
Grelha	18
Grelha Farney	154
Grelha Roney	154
Griffith (hélice)	227
Guarnecer as fornalhas	241
Guarnição dos buçins	279
Guarnição dos êmbolos	87
Guias (da cruzeta)	106
Guias de paralelos	107
Guias de plaina	107
Guincho a vapor. Caldeira vertical de tubos cruzados. Máquina de alta pressão com dois cilindros, manivelas a 90° (<i>Estampa</i>)	370
H aste do distribuidor	114
Haste do êmbolo	104
Hélice	225
Hélice (achar o pano)	226
Hélice (das turbinas)	253
Hélice (diâmetro do)	227
Hélice direito	227
Hélice esquerdo	227
Hélice (fracção do pano)	225
Hélice (materiais para a fabricação)	227
Hélice (recuo)	227
Hélice (de pano constante)	225
Hélice de pano variável	225
Hulhas	136
Hulhas duras	136
Hulhas gordas	137
Hulhas sêcas	137
I ndicador de nível	29
Indicador de pressão	179
Indicador de pressão Cody	185
Indicador de pressão Crosby	184
Indicador de pressão Martin	184
Indicador de pressão Richard	181

Indicador (montagem de)	179
Injectores	233
Injector Giffard	233
Incrustações	253 e 267
Instalação de uma máquina fixa Compound horizontal, cilindros em tandem, distribuição Corliss, condensador de superfície, transmissão por cabos (<i>Estampa</i>)	369
Instalação de uma máquina fixa horizontal e caldeira tipo locomotiva (<i>Estampa</i>)	371
Irradiação	145
Juntas	273
Juntas (confeção de)	275
Juntas (massas para)	273
Juntas de caixa	276
Juntas de gacheta	277
Juntas de papel	276
Juntas metálicas	276
Kar-Reynes (vaporizador)	237
Laminagem de vapor	176
Lâminas de zinco	289
Lexivagem	292
Leis de Mariote	173
Lenha	135
Liberdade dos cilindros	164
Liberdade das pás (nas turbinas)	300
Limpar as fornalhas	248
Linhite	137
Locomóveis	218
Locomotivas	219
Lubrificação	206
Lubrificação centrífuga	208
Lubrificação externa	206
Lubrificação forçada	320
Lubrificação interna	210
Lubrificantes	209 e 214
Máquinas alternativas	4
Máquinas Brotherood	217
Máquinas caminhadeiras	218
Máquinas com condensação por mistura	10
Máquinas com condensação por superfície	10
Máquinas Compound	170
Máquina Compound fixa vertical, grande velocidade (<i>Estampa</i>)	366
Máquina Compound fixa horizontal, com condensador, cilindro em tandem (<i>Estampa</i>)	368
Máquina Compound semi-fixa (<i>Estampa</i>)	372

Máquinas de alta pressão.	6
Máquinas de baixa pressão.	5
Máquinas de balanceiro	8 e 127
Máquinas de dupla expansão	170
Máquinas de grande velocidade.	216
Máquinas de média pressão	6
Máquinas de pilão.	221
Máquinas de pequena velocidade	216
Máquinas de pontos mortos concordantes	170
Máquinas de pontos mortos discordantes.	170
Máquinas de quádrupla expansão	170
Máquinas de simples efeito	217
Máquinas de tríplice expansão	167
Máquinas de tirante directo.	8
Máquinas de tirante invertido.	8 e 130
Máquinas de tronco	9 e 129
Máquinas de vapor	3
Máquinas de Woolf	170
Máquinas fixas	6 e 216
Máquina fixa vertical, dos tipos mais simples (<i>Estampa</i>)	365
Máquina fixa horizontal, dos tipos mais simples (<i>Estampa</i>)	376
Máquinas locomotivas	8 e 217
Máquinas locomóveis	7 e 211
Máquina marítima Compound vertical com condensador de superfície (<i>Estampa</i>)	375
Máquina marítima de tríplice expansão (<i>Estampa</i>).	376
Máquinas marítimas	8 e 228
Máquinas marítimas verticais de tríplice expansão, com a potência indicada de 18.500 cavalos (<i>Estampa</i>).	377
Máquina marítima de cilindros oscilantes, accionando rodas de pás articuladas (<i>Estampa</i>).	378
Máquinas oscilantes	8 e 128
Máquinas portáteis.	219
Máquinas rotativas.	4
Máquinas sem condensação.	10
Máquinas semi-fixas	6 e 219
Máquinas térmicas.	3
Maquinismo principal	104
Maquinismo secundário	114
Manivelas	109
Manivelas (braços das)	109
Manómetros	34 e 150
Massa de alvaiade	274
Massa de ferro	274
Massa de Zarcão	273

Massa para juntas	273
Massa refractária	275
Massa Serbat	274
Moderar os fogos	249
Motor de lancha a vapor. Caldeira vertical de tubos de água. Máquina Compund vertical com condensador de superfície (<i>Estampa</i>).	374
Muro ou altar	22
Nayer (caldeira).	59
Niclausse caldeira)	70
Nível de flutuador.	31
Normand (aquecedor)	158
Normand (regulador automático)	80
Obturador da turbina Laval).	307
Obturador (da turbina Rateau)	311
Operador.	4
Orifícios dos cilindros.	5
Paralelogramo de Watt	128
Parar a máquina	266
Parte destinada à combustão	15
Parte reservada à água.	26
Parte reservada ao vapor.	34
Pás fixas (das turbinas)	299
Pás móveis (das turbinas)	300
Pequenas reparações.	272
Período de admissão.	161
Período de avanço à admissão	163
Período de avanço à evacuação.	162
Período de compressão.	162
Período de expansão	161
Período de evacuação	162
Petróleo	162
Petróleo (gazes da destilação)	140
Pontos mortos	160
Pôr a máquina em andamento	246
Portas de visita	33
Potência indicada	188
Potência indicada (fórmula francesa).	189
Potência indicada (fórmula inglesa)	189
Preparar a máquina (para experimentar)	244
Pressão absoluta.	150
Pressão efectiva	150
Pressão média	188
Pressão do vapor	150
Produção do vapor	146
Propulsor.	222
Prova hidráulica (das caldeiras).	288

Pulsómetro	235
Pulverisadores de petróleo	139
Purgadores automáticos	46
Q uilogrâmetro	171
R ecuo (das rodas).	224
Recuo (dos hélices)	227
Referência longitudinal (da turbina Parsons)	347
Referência vertical (da turbina Parsons)	348
Registo da chaminé	25
Regulador automático de alimentação Belleville.	57
Regulador automático de alimentação Normand.	80
Regulador automático de alimentação Iarrow	74
Regulador de força centrífuga.	124
Regulador da turbina Laval.	308
Regulador da turbina Parsons.	329
Regulador de velocidade	124
Rendimento da caldeira	153
Rendimento do motor	203
Rodas de pás articuladas	223
Rodas de pás fixas.	222
Rodas (pás das).	222
Rodas propulsoras.	222
S aia da chaminé.	24
Salinómetro.	253
Sangrar as caldeiras	254
Separador.	43
Servo motor	237
Saleira da fornalha.	21
Substituir um tubo.	287
Substituir um vidro	252
Superfície de aquecimento	12
Superfície helicoidal	224
Suportes e fundações.	130
T abela de equivalência das escalas dos manómetros.	141
Tabela da composição química, poder calorífico e densidade de alguns combustíveis.	141
Tabéla comparativa dos resultados obtidos com máquinas alternativas e turbinas.	364
Tabéla de relação entre o trabalho obtido na máquina e o calor fornecido pela caldeira, referida a diferentes graus de expansão	164
Tabéla das molas a adaptar aos indicadores	182
Tabéla das temperaturas de ebulição da água em relação à quantidade de sais que contém.	149
Tabéla da temperatura de ebulição e densidade do vapor da água saturado sêco correspondentes às diferentes tensões absolutas.	148

Tabéla de equivalência das escalas dos termómetros. . .	133
Tabéla do consumo do combustível queimado por 1 ^m 2 de grelha e por hora a diferentes pressões de ar	145
Tabéla dos coeficientes a aplicar ao comprimento da ordenada média em milímetros, para se obter o valor dessa ordenada em quilogramas ou litros	197
Taquímetro.	202
Tapar tubos.	285
Tambor (das turbinas).	300
Temperatura	132
Termómetro	132
Thirion (alimentador)	228
Tiragem	143
Tiragem forçada.	143
Tiragem forçada em cinzeiro fechado	144
Tiragem forçada em compartimento fechado	144
Tiragem natural.	143
Tirante.	108
Tirante de marcha.	114
Torneira de escumação.	28
Torneira de purga.	86
Torneira de sangrar	29
Torneiras de saturação.	29
Torneira de prova	32
Trabalho de uma força.	1
Transmissão por balanceiro.	126
Transmissão por cabos.	112
Transmissão por correias.	112
Transmissão por rodas de engrenagem.	112
Transmissor.	4 e 105
Travessões das fornalhas	19
Tubo das caldeiras.	22
Tubos Beré.	50
Tubos condutores	40 e 51
Tubos esteios.	23
Tubos Galloway.	49
Tubos Serve	51
Tubos Serpollet.	83
Tubos simples	22
Tubos (substituir).	287
Tubos (tapar).	285
Turbinas	295
Turbinas (agrupamento)	355, 357, 358 e 360
Turbinas de admissão total.	299
Turbinas de admissão parcial.	299
Turbinas de acção.	298 e 301
Turbinas de alta pressão	315

Turbinas de baixa pressão	314
Turbinas Berguet	317
Turbinas Compound.	314
Turbinas de cruzeiro.	357
Turbinas Curtis.	361
Turbinas de descarga paralela.	299
Turbinas de descarga radial.	299
Turbinas de reacção.	298 e 314
Turbinas Laval	301
Turbinas mixtas.	298 e 361
Turbinas múltiplas.	298
Turbinas Parsons	325
Turbina Parsons terrestre (<i>Estampa</i>).	379
Turbina Parsons (terrestre)	226
Turbina Parsons (marítima).	336
Turbinas Rateau.	310
Turbinas Riedler-Stumpf	317
Turbinas Sejer	316
Turbinas simples	298
Turbinas Zoelly.	321
Turbina Zoelly (marítima)	323
Utilizador	4 e 84
Unões de veios	112
Válvulas atmosféricas	38
Válvulas de alimentação	26
Válvulas de comunicação.	41
Válvulas de descarga silenciosa	41
Válvulas de escape.	86
Válvulas de passagem	89
Válvulas de segurança	36 e 257
Válvulas de sentinela.	42
Válvulas distribuidoras de concha.	86
Válvulas distribuidoras de duplos orifícios	92
Válvulas distribuidoras de rêde cilíndrica.	94
Válvulas distribuidoras de torneira.	94
Válvulas distribuidoras Sulger.	96
Válvulas distribuidoras em D curto.	92
Válvulas distribuidoras em D longo.	93
Válvulas redutoras.	44
Válvulas redutoras (tipo Colombier).	45
Vaporização	146
Vaporizadores.	237
Vapor saturado	147
Vedamentos.	277
Veio flexível (da turbina Laval).	307
Veios motores.	109
Veios intermediários.	112

Vidros de nível	30
Vidros Klinger	31
Volantes	111
W alschaest (corrediça)	121
Weir (alimentador)	232
Weir (aquecedor)	159
Weir (circulador)	230
Y arrow (caldeiras)	74
Yarrow (regulador automático de alimentação)	74
Z inco (emprego do)	289
Zinco (lâminas de)	289





RÓ
MU
LO



CENTRO CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE COIMBRA

1329700534

