

CAPÍTULO III

Componentes

1. EQUIPAMENTO BÁSICO – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Um sistema frigorífico por compressão mecânica compõe-se basicamente do seguinte equipamento:

Compressor - A sua função é aspirar o fluido evaporado no evaporador (Baixa Pressão) e comprimi-lo para uma pressão que permita a sua condensação (Alta Pressão) no condensador. É o órgão do sistema frigorífico que estabelece dois níveis de pressão necessários ao ciclo, baixa pressão/alta pressão.

Condensador - A sua função é libertar o calor do sistema frigorífico para o exterior. O fluido é bombeado pelo compressor em estado gasoso a alta pressão para o condensador que, através da função de retirar calor com auxílio de um meio exterior, passa o fluido para estado líquido a alta pressão.

Dispositivo de Expansão - A sua função é regular a alimentação de fluido ao evaporador. Estabelece a separação alta pressão / baixa pressão.

Evaporador - Tem a função de absorver calor do meio a arrefecer, para o fluido no interior do sistema frigorífico.

1.1. COMPRESSOR

Os compressores frigoríficos, atendendo ao sistema mecânico interno com que **fazem a movimentação do fluido frigorigéneo entre os lados de baixa e de alta pressão do circuito**, podem classificar-se em dois tipos fundamentais:

- **Compressores de trajectória rotativa (incluindo os de tipo orbital)**
- **Compressores alternativos**

As características e o funcionamento de cada um destes tipos são diferentes entre si; no entanto, a finalidade para a qual são utilizados nas instalações frigoríficas é rigorosamente a mesma.

Nas explicações que se seguem começaremos por referir os compressores rotativos de palhetas, os centrífugos, os de parafuso e os de "scroll", em que o fluido descreve uma trajectória rotativa imposta por um movimento mecânico do tipo excêntrico. Deixaremos para o fim a descrição e características dos compressores alternativos.

A escolha de um ou outro tipo de compressor depende essencialmente da potência frigorífica necessária.

1.1.1 COMPRESSORES ROTATIVOS

Estes compressores são utilizados em unidades de baixa potência, tais como: frigoríficos, bebedouros de água fresca, balcões frigoríficos, etc. São geralmente compressores herméticos em unidades seladas que incluem, portanto, o motor eléctrico.

Constam de um êmbolo cilíndrico (um rotor) rodando excêntricamente no interior dum cilindro. A vedação para as paredes do cilindro é conseguida através de palhetas pressionadas por molas.

Existem compressores rotativos de vários tipos. A título de exemplo, nas figura 1 representa-se, um compressor rotativo de 2 palhetas móveis fixadas ao êmbolo rotativo, diametralmente opostas e fazendo a vedação na superfície interna do cilindro.

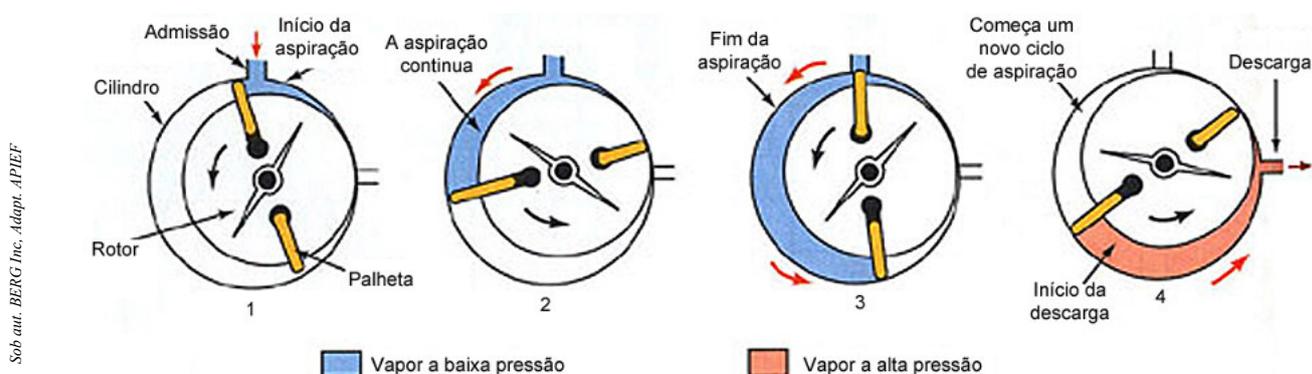


Fig. 1 – Compressor rotativo de duas lâminas móveis

Nas figuras 2 e 3, representa-se em corte um compressor rotativo (e o seu esquema de funcionamento), dotado de palheta fixa não rotativa, actuando não na parede, mas sobre o excêntrico

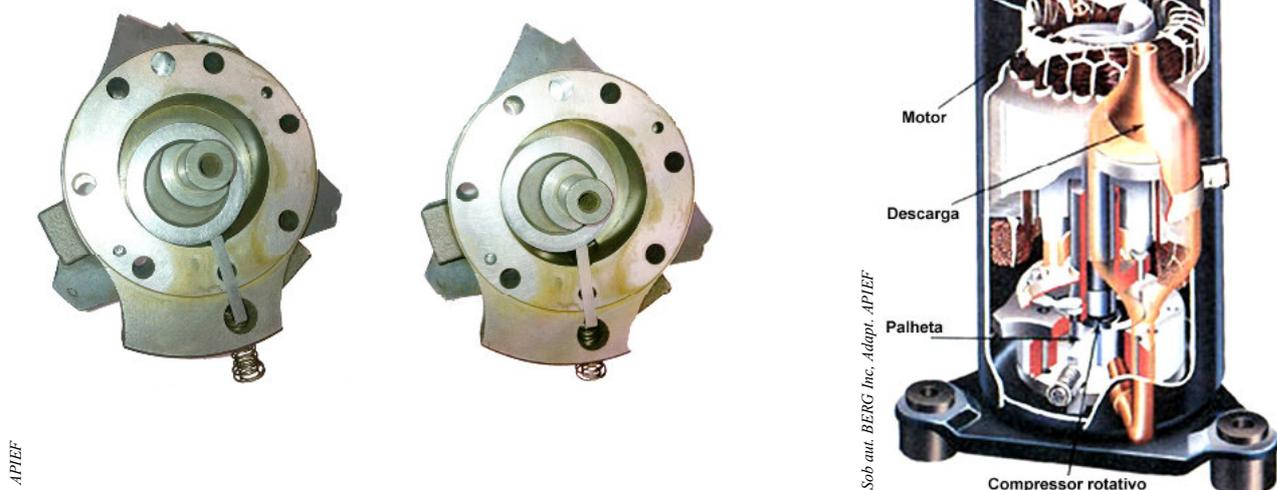
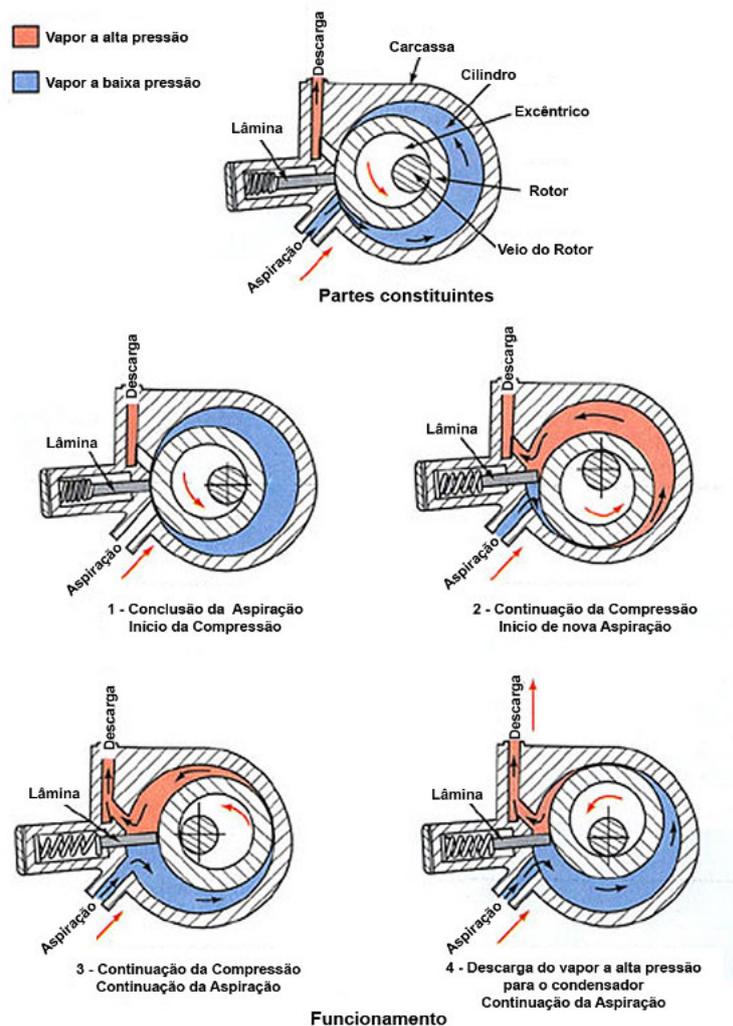


Fig. 2 – Compressor rotativo de palheta única (duas posições do rotor e corte)



Sob out. BERG Inc. Adapt. APIEF

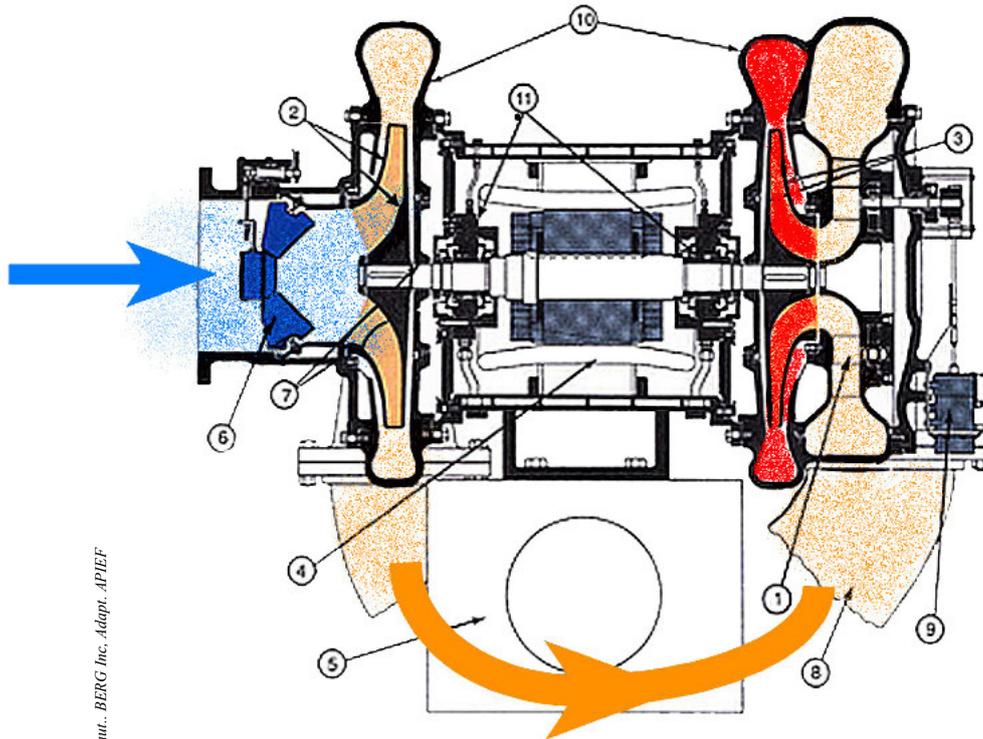
Fig. 3 – Compressor rotativo com uma só palheta

1.1.2 COMPRESSORES CENTRÍFUGOS

O compressor centrífugo **tem funcionamento semelhante a um ventilador**, normalmente com mais de um impulsor, trabalhando a **elevada velocidade podendo chegar às 25.000 r.p.m.** O fluido sob forma de gás é conduzido a alta velocidade para uma saída estreita onde a velocidade é transformada em pressão. Estes compressores caracterizam-se por **movimentar largas quantidades de gás num elevado caudal embora com pressões de compressão relativamente baixas comparadas com outros tipos de compressores.**

Todas as partes rotativas são rigorosamente equilibradas para evitar vibrações e a sua **capacidade frigorífica pode facilmente variar** a partir de um sistema de controlo das janelas ou válvulas de alimentação.

São geralmente utilizados em grandes centrais de ar condicionado, onde se revelam mais silenciosos, mais robustos na duração e mais leves na construção.

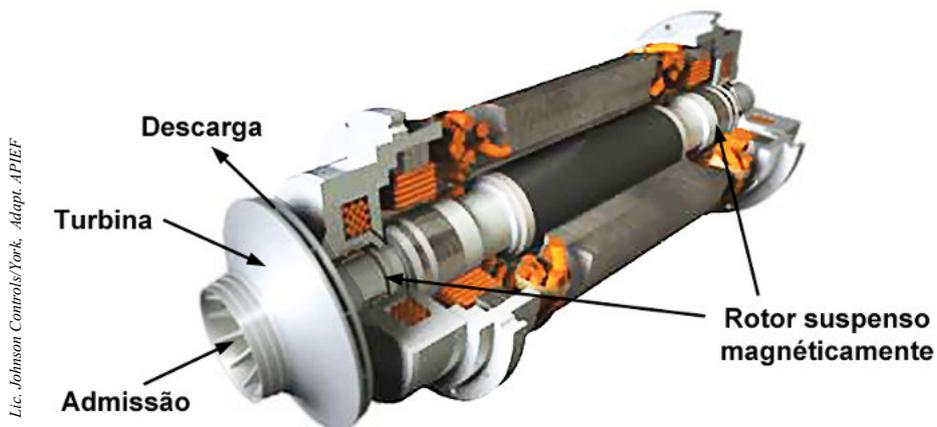


Sob aut... BERG Inc. Adapt. APIEF

Fig. 4 – Compressor centrífugo de dois andares

LEGENDA: 1-Pás deflectoras variáveis de entrada do segundo andar. 2-Turbina do primeiro andar. 3-Turbina do segundo andar. 4-Motor arrefecido a água. 5-Base, depósito de óleo e conjunto de bombas de óleo lubrificante. 6-Pás deflectoras de entrada do primeiro andar e controlo de capacidade. 7-Vedante do labirinto. 8-Interligação entre os dois andares. 9-Actuador das pás deflectoras. 10-carcassa da voluta. 11-Chumaceira de casquilho lubrificada sob pressão. **Nota: o tubo de descarga não é visível no esquema.**

À semelhança de outros tipos de compressores, também os centrífugos são alvo de evolução constante, assinalando-se o aparecimento de compressores dotados de um rotor suportado magneticamente. Esta estratégia reduz os inconvenientes associados a alguns rolamentos, melhorando o desempenho e permitindo alcançar regimes de rotação mais elevados. A figuras 4 e 5 ilustram este tipo de compressor, bem como o exemplo de um *chiller* em que o mesmo é utilizado.



Lic. Johnson Controls/York. Adapt. APIEF

Fig. 5 – Compressor centrífugo com suspensão magnética

1.1.3 COMPRESSORES DE PARAFUSO

São compressores que, trabalhando a **velocidades entre as 3.000 e as 30.000 r.p.m.**, permitem obter **grandes capacidades frigoríficas**.

Não dispõem de válvulas de aspiração nem de compressão, obtendo-se a compressão do fluido aspirado, no caso dos compressores de duplo rotor (double screw), no espaço entre os dois parafusos “sem-fim”, de igual diâmetro, que se encontram montados dentro de um cárter de fundição de alta resistência.

Existem normalmente como **compressores do tipo aberto** surgindo então dois modelos de grande capacidade frigorífica, normalmente utilizados em **instalações frigoríficas industriais**, os “**double-screw**”, como o representado a seguir, e surgidos mais recentemente, os compressores **herméticos** de parafuso, com um só rotor, chamados “**mono-screw**” (figuras 7 e 8), habituais em mais pequenas capacidades frigoríficas e com **grande aplicação no ar condicionado**.

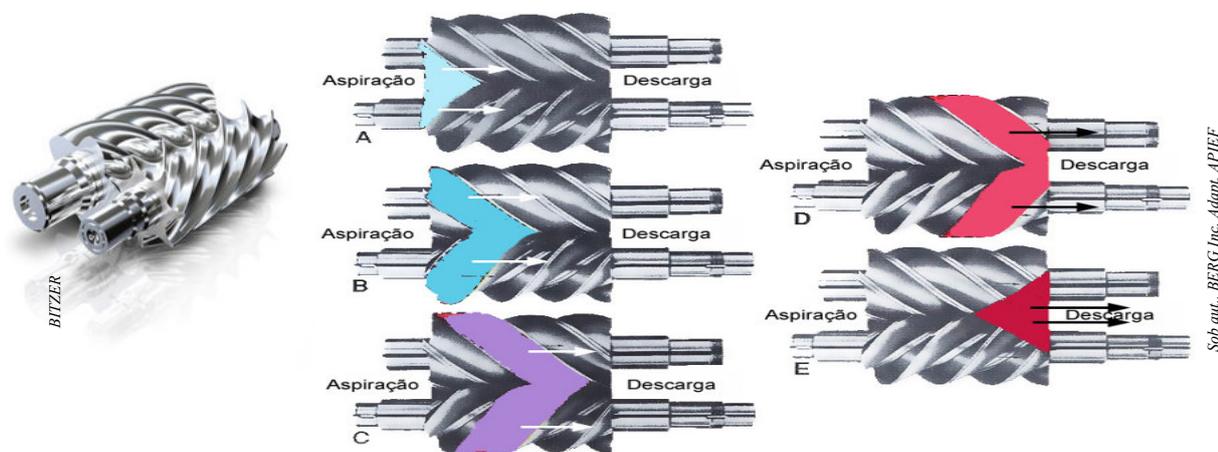


Fig. 6 – Esquema de funcionamento do compressor de parafuso duplo

Normalmente, o controlo de capacidade destes compressores faz-se a partir do controlo da abertura da aspiração, permitindo **variar a capacidade do compressor entre 10% e 100% da plena carga**.

O seu funcionamento é silencioso nas pequenas potências, mas carece de uma cabina insonorizada nas instalações industriais. **A sua manutenção é reduzida**.



Fig. 7 – Compressor “mono-screw”

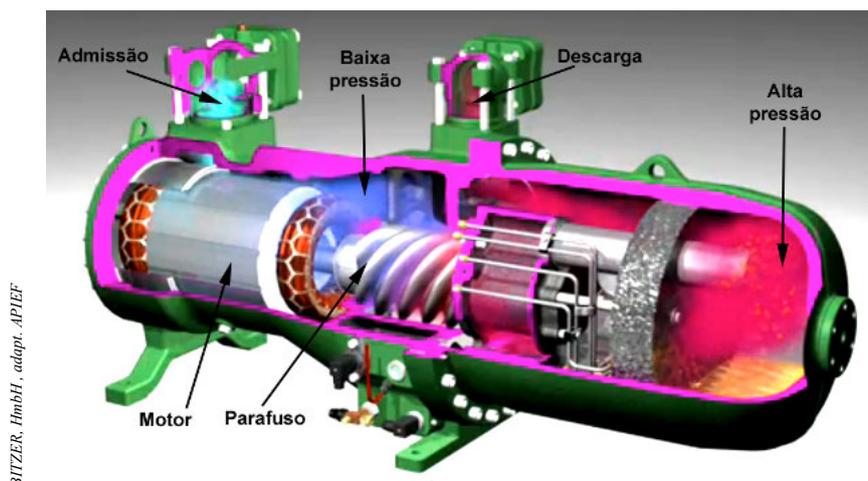


Fig. 8 – Compressor “mono-screw” - corte

1.1.4. COMPRESSORES “SCROLL”

Este tipo de compressores, também denominados “compressores de espiral”, caracteriza-se geralmente por ter uma câmara de compressão constituída por duas espirais, uma fixa e outra móvel, desenhadas de tal forma que o fluido é conduzido do exterior para o interior do espaço criado entre as espirais a uma pressão cada vez maior. A espiral fixa encontra-se localizada na cabeça do compressor, enquanto a móvel é dotada de um movimento excêntrico e está ligada ao corpo do compressor. Note-se que a parte móvel não roda no interior da fixa, embora o seu movimento excêntrico seja originado por um motor convencional que aciona as engrenagens necessárias para produzir aquele movimento.

Fabrica-se uma variante em que as duas espirais são móveis, mas mantendo as posições relativas análogas às do modelo com uma fixa e uma móvel. Consegue-se deste modo melhores resultados, mas com maior complexidade mecânica. A figura 9 ilustra este tipo de componentes e o respectivo funcionamento.

Devido às exigentes condições impostas aos materiais usados no seu fabrico, só a partir da década de 80 é que este tipo de compressor passou a ser utilizado comercialmente, em particular em **sistemas de ar condicionado doméstico e de veículos**. Este tipo de utilização é potenciado pelas suas **reduzidas dimensões e baixo nível de trepidação**.

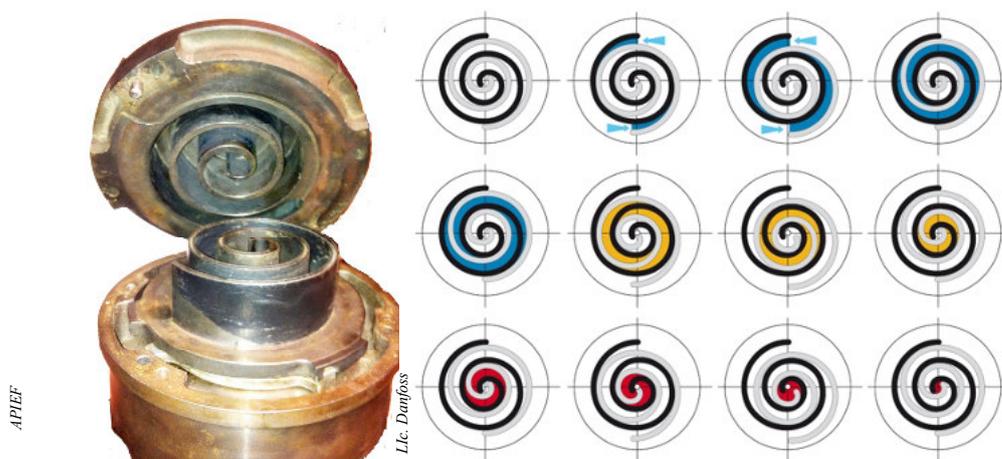


Fig. 9 – Partes móvel e fixa de um compressor “scroll” e respectivo funcionamento. O fluido é admitido a baixa pressão (a azul) e, à medida que é conduzido para o centro a pressão vai aumentando (a vermelho)

Os lubrificantes utilizados nestes compressores têm, de acordo com características enunciadas por alguns fabricantes, a propriedade de constituírem uma película entre as paredes a qual impedirá o contacto físico das mesmas, sem prejuízo da efectiva acção selante indispensável para uma adequada compressão.

É interessante notar que o ciclo pode ser invertido, funcionando como máquina de vácuo ou aproveitando a expansão de gases para originar movimento.

Note-se ainda que nestes compressores não é necessária a válvula de aspiração convencional, sendo em alguns casos dispensável a válvula de descarga, que as partes móveis são em número muito reduzido e que a **lubrificação é relativamente simples**. Estes factores facilitam a sua manutenção. São no entanto críticos quanto a outros factores, como por exemplo a **eventual existência de impurezas no fluido circulante**.

1.1.5. COMPRESSORES ALTERNATIVOS

Compressor Hermético

Conforme o nome indica, trata-se de um órgão completamente fechado. O motor eléctrico e o compressor encontram-se no mesmo compartimento, estando a parte eléctrica parcialmente mergulhada no óleo de lubrificação, com características isolantes. **A parte eléctrica estará em contacto com o fluido quando em funcionamento.**

Para acesso ao interior deste compressor é necessário recorrer ao corte do invólucro exterior. **Quando avariado ou em caso de retrofit é conomicamente inviável a sua reutilização devendo ser substituídos.** Este tipo de compressores emprega-se muito em instalações frigoríficas e em condicionadores de ar domésticos ou comerciais.

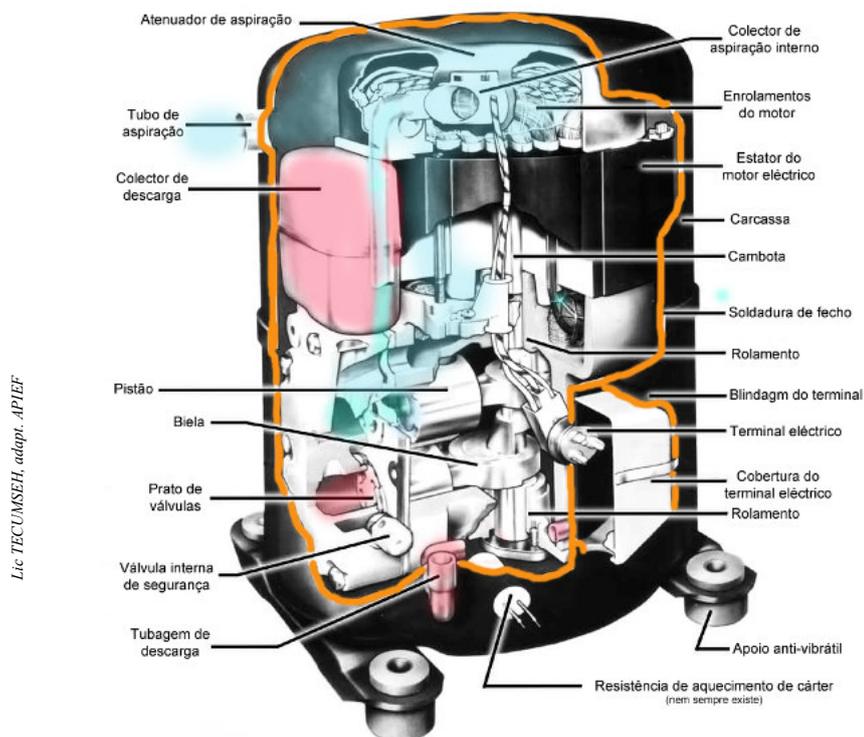


Fig. 10 – Compressor alternativo hermético, de dois cilindros

Compressor Semi-Hermético

A diferença principal relativamente ao hermético reside no facto de os **semi-herméticos permitirem o acesso ao seu interior sem necessidade de recorrer a cortes. A parte eléctrica já não se encontra mergulhada no óleo lubrificante**, encontrando-se em compartimento separado por onde passará também o fluido frigorígeno aspirado.

Nestes compressores, assim como nos herméticos, deve ter-se o máximo de **cuidado com infiltrações de humidade**, já que, estando o motor eléctrico incorporado no circuito frigorífico, as naturais dificuldades inerentes a corrosão, cobreados, etc, adquirem uma importância muito maior,

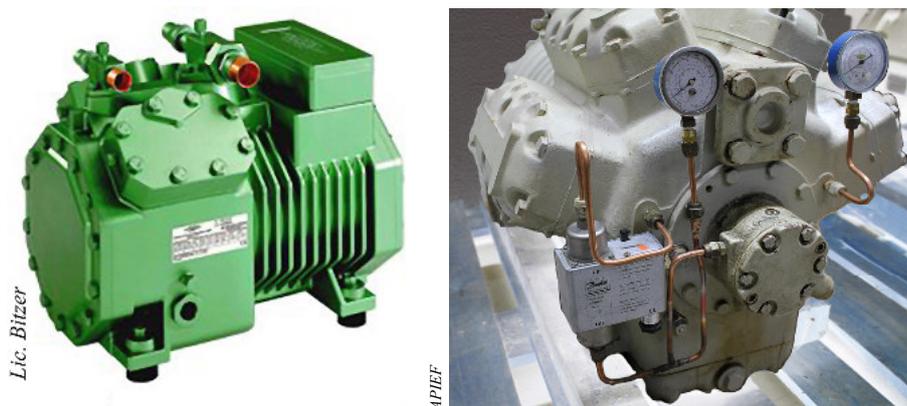


Fig. 11 – Modernos compressores semi-herméticos de 4 cilindros em V e 8 cilindros em W



Fig. 12 – Agrupamento de dois compressores semi-herméticos ligados em “tandem”

O problema principal surge quando se queima o motor eléctrico devido a gripagem que provoque a imobilização das partes móveis, ou por defeito da protecção eléctrica. Deve então efectuar-se a desmontagem e limpeza de todo o circuito a fim de eliminar todos os resíduos, incluindo o óleo, para evitar a contaminação do compressor reparado ou do novo que se reinstale.

Existe um tipo de compressor semi-hermético que difere dos modelos convencionais **por ter o estator do motor eléctrico separado do circuito frigorífico, através de uma carcaça**. Assim, em caso de queima dos enrolamentos do motor eléctrico, o circuito frigorífico não será contaminado. São, no entanto máquinas hoje pouco utilizadas.

A utilização dos compressores semi-herméticos vai **desde pequenas até grandes capacidades**.

Compressor Aberto

Este compressor permite o acesso ao seu interior. Para o seu funcionamento, é necessário recorrer a um motor eléctrico que lhe transmite movimento através de um **acoplamento directo** ou **acoplamento por correias**.

É o compressor mais utilizado em instalações de refrigeração industrial. A sua constituição vai desde os de dois cilindros, para baixas potências, até aos de dezasseis cilindros em compressores de altas potências.

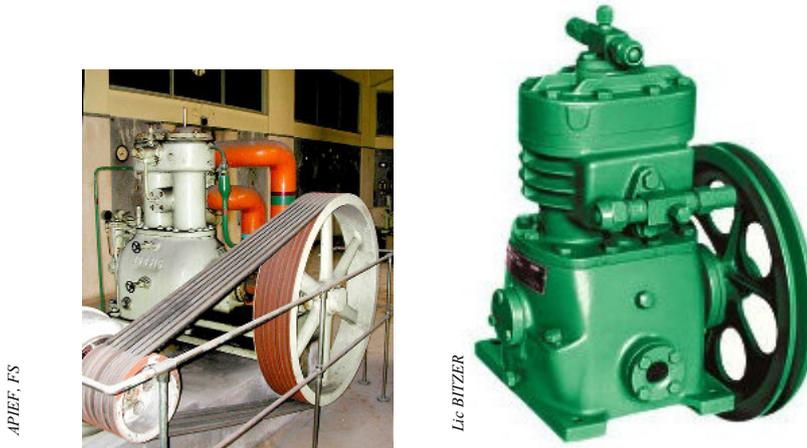


Fig 13 - Compressor aberto com acoplamento por correias

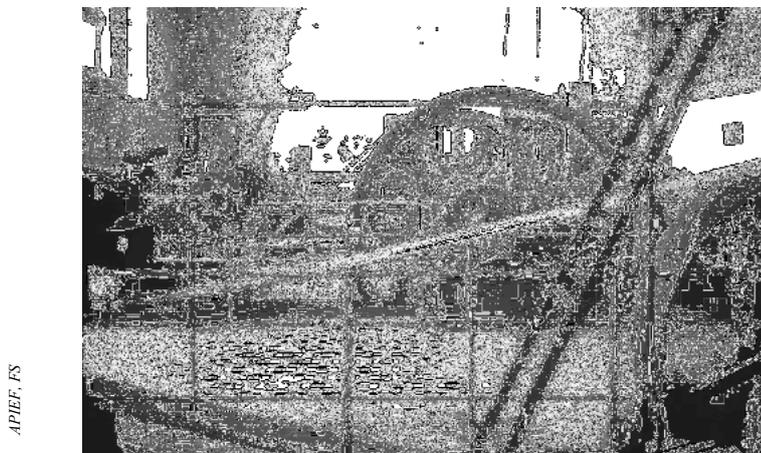


Fig. 14 - Sala de máquinas do princípio do Séc.XX (Matadouro do Porto, 1907) fazendo uso de compressores abertos, alternativos de um único cilindro de duplo efeito (comprimindo e aspirando dos dois lados do êmbolo), ainda accionados por correias planas de grandes dimensões



Fig 15 – Compressor aberto com acoplamento directo de dois cilindros

1.1.6. Partes constituintes de um compressor alternativo

Bucim Retentor - É necessário fechar hermeticamente a passagem da cambota para o exterior do compressor. Este fecho consegue-se com o **bucim retentor**.

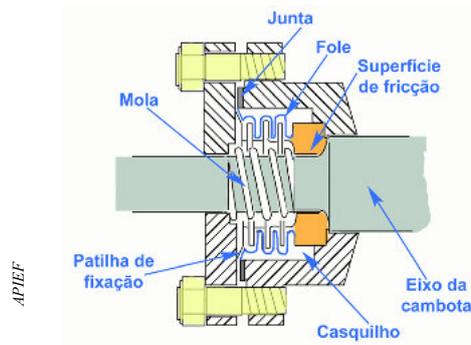


Fig 16 – Bucim tipo folo



Fig. 17 - Bucim

Válvulas de Serviço - A maior parte dos compressores são equipados com válvulas de passagem que permitem isolar, ou colocar em serviço, o compressor e que são:

- válvula de serviço de aspiração montada à entrada do compressor;
- válvula de serviço de descarga montada à saída do compressor.

Estas válvulas têm três entradas estando uma normalmente capsulada, servindo para aplicar um manómetro ou pressostato de aspiração num caso e de descarga no outro.



Fig 18 – Unidade integrada. À direita, conjunto expandido, evidenciando-se as válvulas de serviço

Sistema de Transmissão - São normalmente utilizados dois sistemas de transmissão do movimento do motor eléctrico ao compressor.

Transmissão por Correias - Neste caso o motor eléctrico e o compressor têm, no extremo do seu veio, **montado um volante com gornes onde irão ser colocadas as correias que transmitirão o movimento.**



Fig. 19 – Unidade de compressão/condensação, com transmissão ou acoplamento por correia trapezoidal

O motor eléctrico e o compressor poderão rodar a velocidades diferentes segundo a fórmula:

$$\frac{N}{n} = \frac{d}{D}$$

N = número de rotações do compressor

n = número de rotações do motor eléctrico

d = diâmetro da poli do motor eléctrico

D = diâmetro do volante do compressor

Exemplo:

Pretende-se saber a velocidade a que rodará um compressor que tem um volante com \emptyset 250 mm sabendo que será accionado por um motor eléctrico acoplado por correia que rodará a 1.450r.p.m. com uma poli de 70 mm de diâmetro:

$$N \times 250 = 1.450 \times 70 \quad N = 406 \text{r.p.m.}$$

Transmissão por acoplamento directo - Neste caso o compressor é acoplado directamente ao motor eléctrico por meio de uma junta semi-elástica (união de acoplamento). Quando é utilizado este sistema de transmissão o alinhamento do veio deve ser perfeito afim de evitar avarias mecânicas e a destruição do buçim retentor.

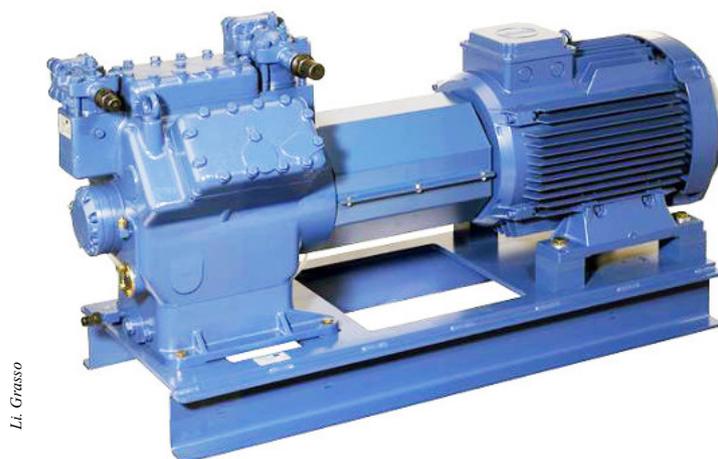


Fig. 20 - Transmissão por acoplamento directo com compressor aberto de seis cilindros

Neste tipo de acoplamento, o motor eléctrico e o compressor rodam à mesma velocidade.

Quando a transmissão é feita por acoplamento directo, a ligação compressor/motor eléctrico é feita através de uniões "elásticas", ou seja, o veio do compressor e o do motor eléctrico terminam em duas polias que são ligadas entre si por um sistema não rígido (elástico).



Fig. 21 – Diferentes tipos de uniões elásticas

1.2 - SEPARADORES DE ÓLEO

Ao comprimir os vapores de fluido que aspira, o compressor mistura alguma percentagem de óleo que se pretende seja mínima a fim de evitar:

- **falta de óleo de lubrificação no compressor;**
- **perda de rendimento da instalação pela circulação ou acumulação de óleo (que tem propriedades isolantes) em zonas onde não interessa existir.**

Por isso se monta nas instalações de média e grande potência, entre o compressor e o condensador, um separador de óleo que, conforme o nome indica, **vai fazer a separação de óleo do fluido frigorífero e devolvê-lo ao cárter do compressor.**



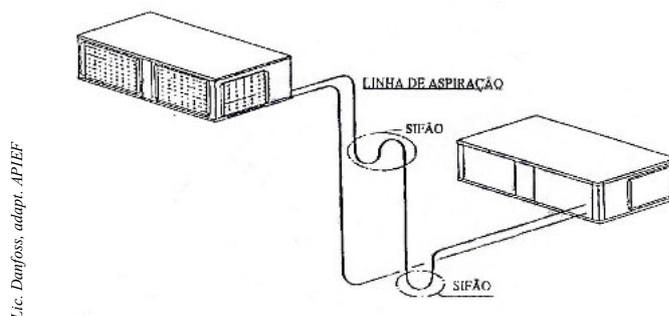
Fig. 22 – Separador de óleo inserido numa instalação frigorífica e em corte

Normalmente, no seu interior, o separador de óleo tem um boiador que permite o retorno de óleo para o cárter do compressor quando este sobe acima de determinado nível previamente acertado.

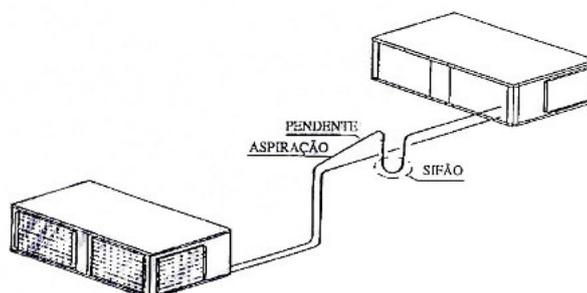
Outra forma de complementar o regresso do óleo ao compressor é a utilização de sifões na linha de aspiração. Os sifões funcionam como depósito de óleo, principalmente quando a máquina efectua a paragem normal. Quando o compressor entra em funcionamento, aspira rapidamente todo o óleo ali depositado. **Os sifões devem ser feitos na linha de aspiração junto da unidade evaporadora. (mais 1 por cada 3 metros de diferença de cota)**

A linha de aspiração deve ter uma pendente de cerca de 3% no sentido do evaporador para o compressor.

Apresentamos aqui apenas três casos como exemplo:



Unidade evaporadora abaixo da unidade condensadora.



Unidade evaporadora acima da unidade condensadora.



Figura 23: Unidade evaporadora e condensadora ao mesmo nível.

Resistência de cárter - Exceptuando os compressores herméticos para uso doméstico, normalmente os compressores são equipados com **uma resistência eléctrica que é colocada no interior do cárter** com o objectivo de manter o óleo do compressor a uma temperatura que evite a condensação do fluido e a sua mistura com o óleo em proporções que **ponham em causa a eficiência da lubrificação e a existência de golpes de líquido**.

Usualmente, esta temperatura é regulada para 20°C, temperatura a que os fluidos normalmente usados já se evaporam.

A resistência de cárter deverá estar em funcionamento sempre que o compressor esteja parado, a fim de evitar condensação do fluido no cárter, o que pode originar, quando do arranque do compressor, a fuga do óleo misturado no fluido para a instalação, ou golpe de líquido no compressor

O controlo da temperatura do óleo no cárter é feito **normalmente por um termostato que vem incorporado na resistência de cárter**.

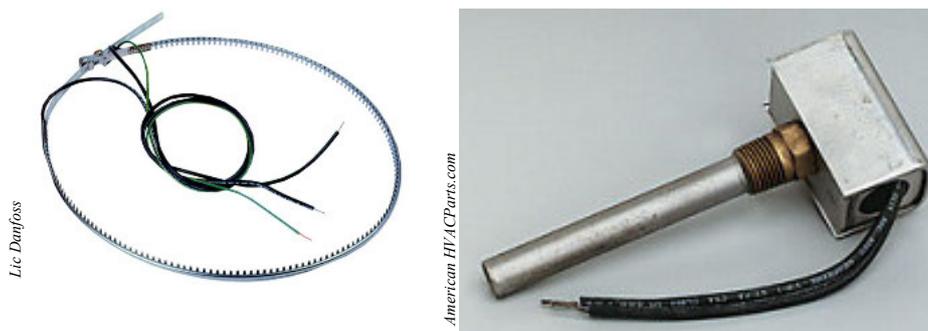


Fig. 24 - Resistências de aquecimento de cárter

1.3. CONDENSADOR

Para que o condensador cumpra a sua missão são indispensáveis dois requisitos: **primeiro, ter um volume suficiente** para suportar a quantidade de fluido comprimido que se destina à condensação; **segundo, a necessária superfície de permuta** para se conseguir uma rápida transferência de calor do fluido frigorífero para o meio arrefecedor (ar ou água).

Daqui resulta a divisão dos condensadores em:

- **Condensadores a água;**
- **Condensadores a ar.**

Deve ter-se em conta que a capacidade de um condensador a ar resulta de três factores:

- superfície total de permuta formada pela superfície de tubo e suas alhetas;
- temperatura do meio ambiente onde se coloca o condensador;
- velocidade do ar através do condensador.

Os condensadores com arrefecimento por água empregam-se normalmente em instalações de grande capacidade dado que são mais compactos e **sobretudo porque permitem temperaturas de condensação mais baixas durante o verão, aumentando significativamente o rendimento da instalação.**

Dado que a condensação por água perdida não é viável na maioria das situações, pelos elevados custos que acarreta, com excepção de locais onde este líquido é abundante, caso de barcos ou junto de rios ou de mar, utilizam-se "torres de arrefecimento" de onde se expulsa para a atmosfera, por evaporação e por convecção, o calor contido na água de condensação, arrefecendo esta e fazendo-a recircular de novo pelo condensador.

Todavia o tipo de condensador mais utilizado para instalações de pequena e média potência é o arrefecido a ar. **Em instalações de grande potência utilizam-se os condensadores a água em conjunto com torres de arrefecimento (para sua recirculação).**

CONDENSADORES ARREFECIDOS POR AR

Os primeiros sistemas utilizavam **uma serpentina de tubo de cobre lisa** como condensador. A circulação de ar atuava simplesmente por gravidade obrigando a aumentar a superfície de tubo a fim de compensar **o baixo rendimento por falta de circulação de ar.**

Os frigoríficos domésticos utilizam ainda um pequeno acrescento ao sistema anterior que consiste na introdução de varetas soldadas ao tubo o que permite aumentar a superfície de permuta térmica.

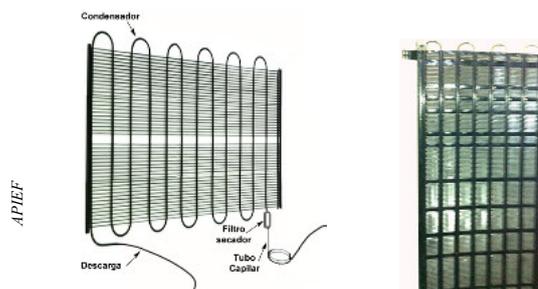


Fig. 25 - Sistemas com condensador em tubo com varetas soldadas

Em instalações frigoríficas com aplicações comerciais ou industriais utilizam-se condensadores com tubo e alhetas em circulação de ar forçado.

Os tubos são normalmente em cobre e as alhetas em alumínio para sistemas com fluidos halogenados e tubo em aço para sistemas com amoníaco, formando um conjunto rígido.

A circulação de ar forçado consegue-se à custa de ventiladores.



Fig. 26 - Condensador arrefecido por ar com tubo alhetado e com ventilador individual

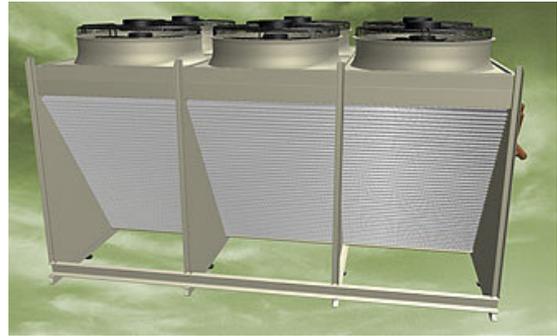
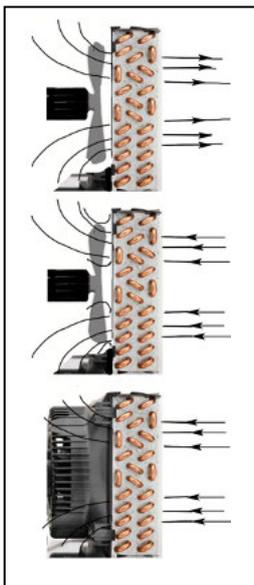


Fig. 27 - Condensador arrefecido por ar com vários ventiladores e baterias em V

É de grande importância a colocação do compressor com o objectivo de facilitar a circulação abundante de ar. A unidade deve ser ventilada de tal modo que o ar quente gerado pelo calor libertado pelo compressor em funcionamento, deve ser substituído por ar mais frio, caso contrário, a temperatura da unidade aumentaria com conseqüente aumento de pressão e redução da sua capacidade frigorífica.

MODO DE MONTAR OS VENTILADORES NOS CONDENSADORES A AR

O rendimento de um condensador com ventiladores accionados por motores eléctricos depende muito do modo como estes são montados.



Nesta montagem o ventilador dirige o ar a grande velocidade sobre uma parte do condensador deixando as extremidades do mesmo sem circulação de ar

A mesma montagem mas com o ventilador a aspirar o ar através do condensador. A distribuição é uniforme, porém não tão rápida como no exemplo anterior. Também parte do ar aspirado não passa através do condensador

Nesta montagem, a ventoinha do ventilador é colocada numa "gola", o ar é aspirado através de todo o condensador uniformemente. Esta montagem é a mais correcta. Excelentes resultados relativamente ao rendimento do condensador e ao ruído

Fig. 28 – Montagem dos ventiladores nos condensadores a ar

UNIDADES DE CONDENSAÇÃO

Ao conjunto **COMPRESSOR/CONDENSADOR** que para pequenas instalações domésticas e comerciais normalmente é adquirido em kit, **chama-se unidade de condensação**.



Fig. 29 - Unidade de condensação com condensador a ar

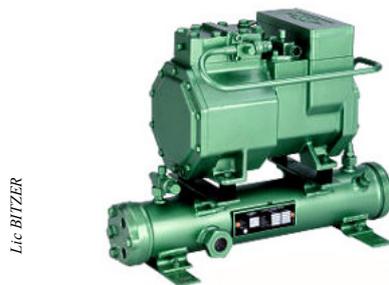


Fig. 30 - Unidade de condensação com condensador a água

CONDENSADORES ARREFECIDOS A AR MONTADOS À DISTÂNCIA

Por vezes e em unidades de grande capacidade, os condensadores, em vez de estarem junto ao compressor, são montados à distância, procurando-se para sua colocação locais com perfeita circulação de ar.

Estes condensadores que podem ser verticais ou horizontais englobam normalmente vários ventiladores do tipo helicoidal podendo ainda fazer parte do conjunto o depósito de líquido.



Fig. 31 - Condensador a ar horizontal

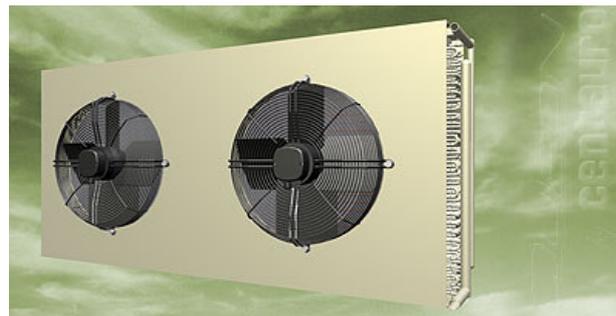


Fig. 32 - Condensador a ar vertical

Anteriormente referiu-se que, nos condensadores, as alhetas são normalmente em alumínio. Em zonas industriais muito corrosivas, e por vezes junto ao mar, instalam-se condensadores com **alhetas em cobre ou de alumínio com protecção anti-corrosiva, a fim de se minimizar os efeitos da corrosão**.

CONDENSADORES A ÁGUA

Dividem-se em três tipos:

- **contra-corrente;**
- **imersão;**
- **multitubulares.**

Tipo contra-corrente - É formado por tubos de diferentes diâmetros e concêntricos. O fluido em estado gasoso circula entre os tubos de menor e de maior diâmetro, a água de arrefecimento circula em sentido contrário (contra corrente) aos gases dentro do tubo de menor diâmetro.

Um dos inconvenientes, além do indicado, é o da dificuldade de limpeza devido à falta de acesso ao interior da serpentina. Para a sua limpeza recorre-se a soluções com ácido clorídrico ou outras soluções desincrustantes.

A água entra pela parte inferior do condensador e sai pela parte superior, o fluido frigorígeno comprimido entra na parte superior do condensador e sai pela inferior. Forma-se assim a contra-corrente. Este condensador tem lateralmente ligações roscadas que permitem o acesso ao interior do tubular de circulação da água a fim de facilitar a sua limpeza.

Outra forma de apresentação deste tipo de condensador é como a seguir se indica:

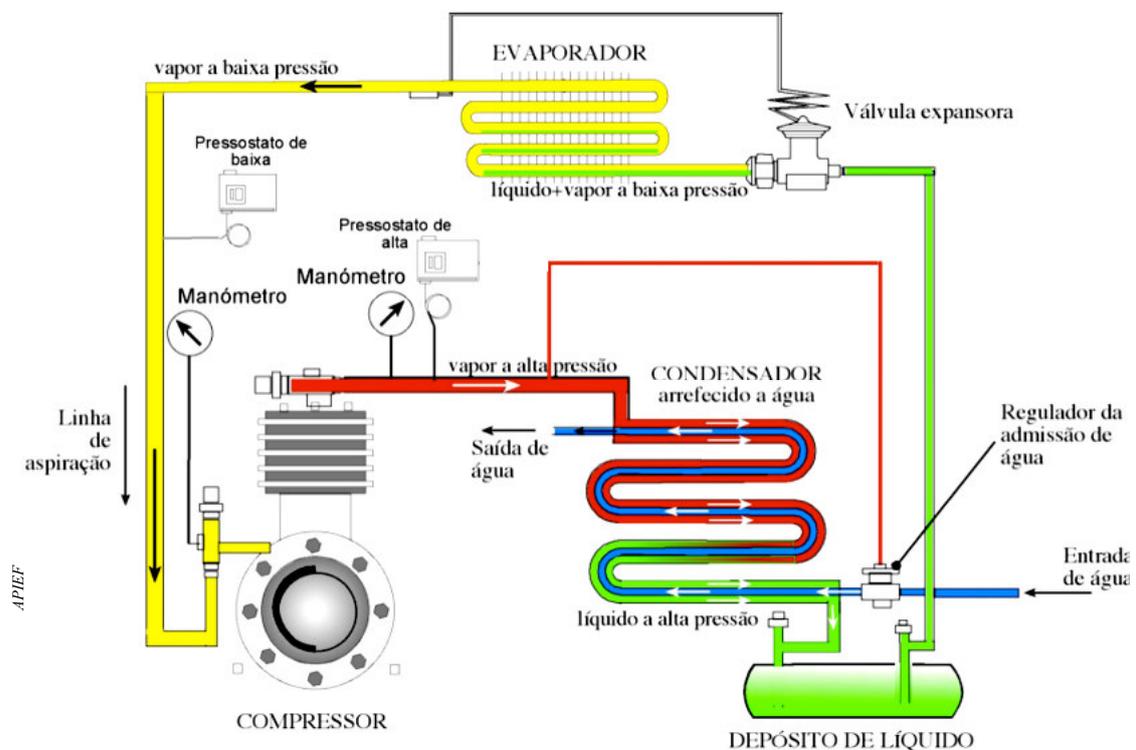


Fig. 33 – Condensador a água em contra-corrente



Fig. 34 – Condensador a água em contra-corrente em forma de duplo tubo

Tipo imersão - Este condensador é formado por um depósito onde no seu interior é instalada uma serpentina para a água com as ligações de entrada e saída. Pode trabalhar na posição horizontal ou vertical não devendo ser utilizado em regiões onde a temperatura no inverno possa atingir os 0°C, a fim de evitar o congelamento da água na serpentina, o que iria provocar a sua rotura e conseqüente contaminação do circuito de gás com água.



Fig. 35 – Condensador a água tipo imersão

Condensador multitubular - É formado por um feixe tubular que termina em dois espelhos. A sua ligação aos espelhos é feita por expansão ou soldadura.

Quando o fluido é halogenado, o tubular normalmente é em cobre, surgindo por vezes, tubulares em cupro-níquel ou noutras ligas, principalmente em aplicações marítimas. Quando o fluido é amoníaco o feixe tubular é em aço.

As tampas, nos topos do condensador, onde é ligada a água de circulação são divididas, consoante se pretende uma ou mais passagens ao longo do tubular do condensador pela água de arrefecimento.

O fluido frigorigéneo sob a forma de vapor a alta pressão é descarregado normalmente na parte superior do condensador saindo pela sua parte inferior como líquido a alta pressão. A água entra e sai pelos topos (ou só por um dos topos) do cilindro externo.

O fluido a condensar circula por fora do feixe tubular, passando a água no interior dos tubos do mesmo.

Por vezes, na parede externa dos tubos do feixe, e com o objectivo de aumentar o seu rendimento, são criadas estrias (rosca nos tubos) e chicanes que obrigam o gás a circular por toda a sua superfície, aumentando a eficácia do condensador.

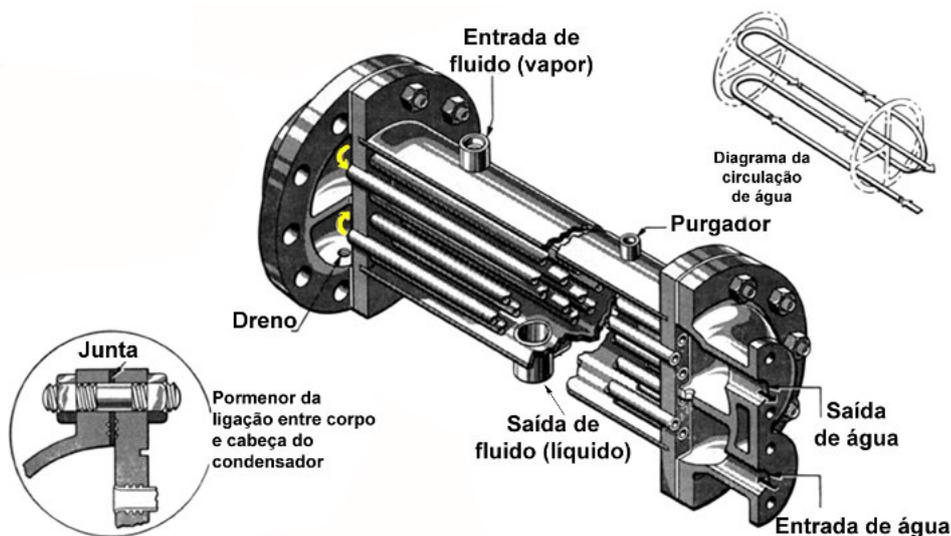


Fig. 36 – Condensador multitubular

Condensador evaporativo

Condensador evaporativo: Os vapores do fluido frigorigéneo aquecidos que são descarregados pelo compressor, **circulam na serpentina do condensador** onde são arrefecidos e liquefeitos **pela água fria dos chuveiros**. O fluido líquido é então conduzido ao reservatório de líquido para ser de novo utilizado.

O ar atmosférico é introduzido no condensador por meio dum ou vários ventiladores **e provoca a evaporação de parte da água e consequentemente o seu arrefecimento**, à medida que ela cai sobre os tubos da serpentina. A água é drenada para uma bacia inferior de donde é reenviada por bombagem para os chuveiros.



Fig. 37 – Condensadores evaporativos

Este tipo de condensador consiste na combinação de uma torre de arrefecimento de água com sistema de ar forçado com um condensador em serpentina de tubo liso ou com alhetas, no seu interior, e que é colocado no exterior, ao ar livre.

Não se deve confundir “condensador evaporativo” com “torre de arrefecimento”. A torre de arrefecimento é um equipamento localizado no exterior e destinado a arrefecer exclusivamente a água de refrigeração dos condensadores, os quais se localizam normalmente numa sala de máquinas.

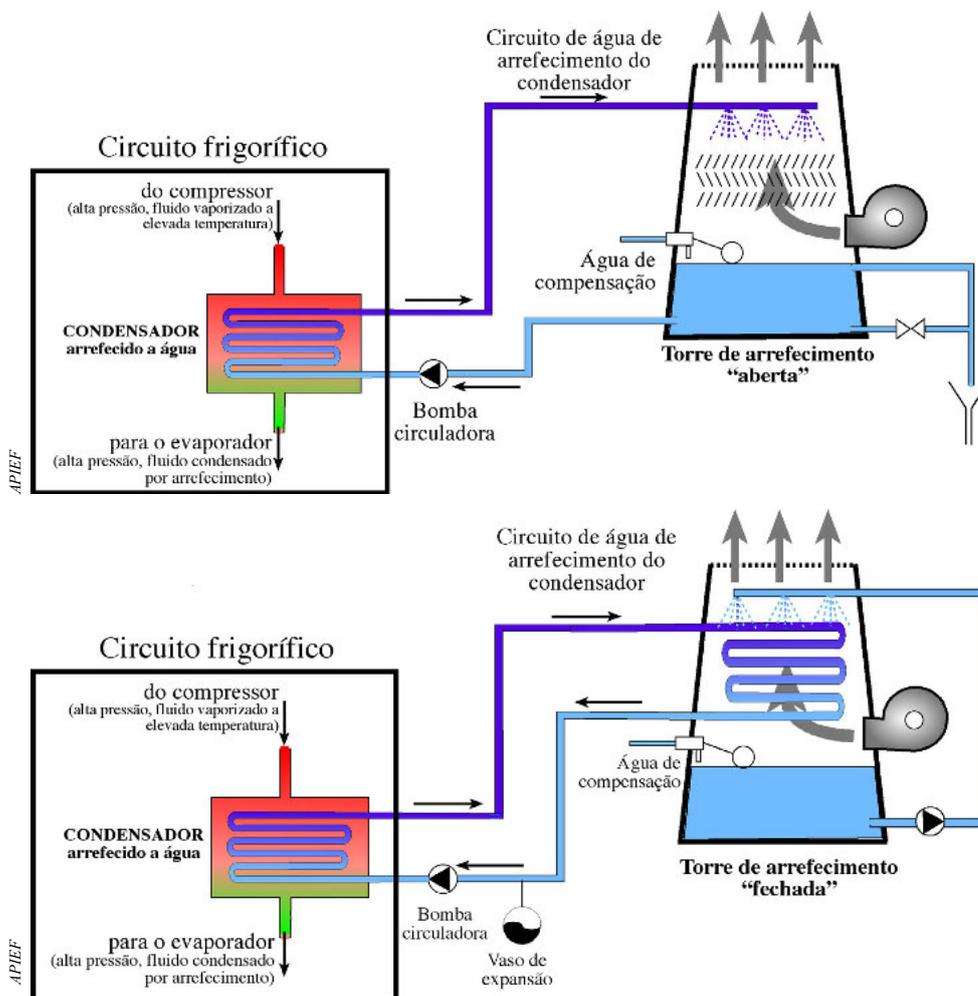


Fig. 38 – Funcionamento do sistema de circulação de água para arrefecimento de um condensador a água com a água de arrefecimento a funcionar em circuito aberto (torre "aberta") e em circuito fechado (torre "fechada")

O gasto de água necessário para compensar a evaporação é uma fracção muito pequena do caudal de água utilizado na refrigeração, **de forma que na torre se recupera como mínimo cerca de 95% de água.**

Com este tipo de condensador a água que se perde é somente a evaporada que é repostada através de uma válvula de boiador, ligada à rede para o tanque inferior.

1.4 - RESERVATÓRIO DE LÍQUIDO

O reservatório ou depósito de líquido, é simplesmente um tanque metálico cuja função é armazenar o fluido líquido acabado de condensar no condensador. **O seu dimensionamento é, em geral, feito de forma a poder armazenar toda a carga de fluido frigorigéneo que circula no sistema frigorífico em 3/4 da sua capacidade.**

Em alguns casos, principalmente em pequenas unidades o próprio condensador serve de depósito de líquido. No entanto, em instalações de média e grande capacidade, trabalhando em regimes de carga variáveis, torna-se necessário instalar depósito de líquido.

Os depósitos de líquido são equipados normalmente com um visor de nível de líquido e uma

válvula de segurança contra excesso de pressão. Esta permite descarregar para o próprio sistema ou para a atmosfera o fluido antes de a pressão no seu interior subir a níveis que possam levar à rotura do mesmo.

Os depósitos poderão apresentar-se em formato (posição) vertical ou horizontal.

A carga de fluido indicada no visor quando a instalação se encontra a funcionar deve situar-se a cerca de 1/3 da capacidade do depósito. Grandes variações desta carga poderão, por excesso, aumentar a pressão no lado de AP do sistema e, por defeito, originar perda de rendimento da instalação.



Fig. 39 – Depósitos de líquido horizontal e vertical e condensador com depósito de líquido integrado, visto em corte

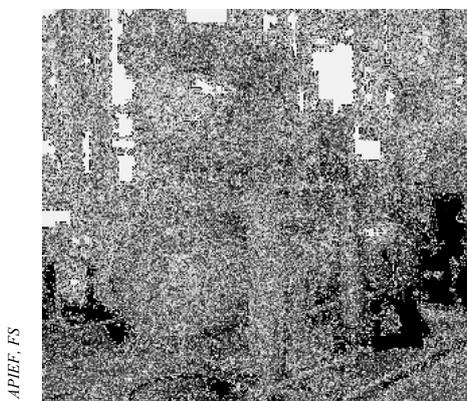


Fig. 40 – Depósitos de líquido

A figura acima, documenta o reservatório de AP duma grande instalação frigorífica industrial.

1.5 - EVAPORADORES

O evaporador é um dos elementos fundamentais do circuito frigorífico. É no evaporador que se produz o efeito frigorífico que se pretende obter com a instalação.

Definindo os evaporadores, de um modo genérico, dizemos que são recipientes metálicos fechados ou tubos **onde se efectua a ebulição ou vaporização do fluido frigorígeno líquido proveniente do condensador, e a conseqüente absorção do calor contido no local a arrefecer.**

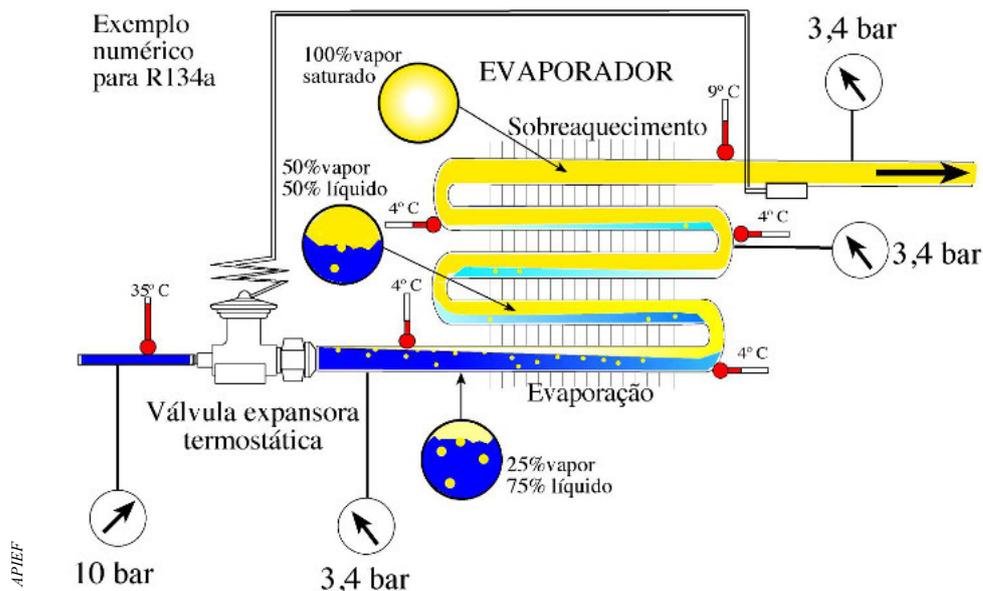


Fig. 41 - Mudança de fase do fluido refrigerante dentro de um evaporador de expansão directa (indicam-se, a título de exemplo, valores da pressão absoluta).

A figura acima mostra a evolução da mudança de estado do fluido após passar o dispositivo de laminagem (neste caso, válvula expansora termostática). Repare-se nos valores de pressão e temperatura. Enquanto o fluido não estiver completamente vaporizado a temperatura e a pressão permanecem constantes (+4 °C no caso figurado).

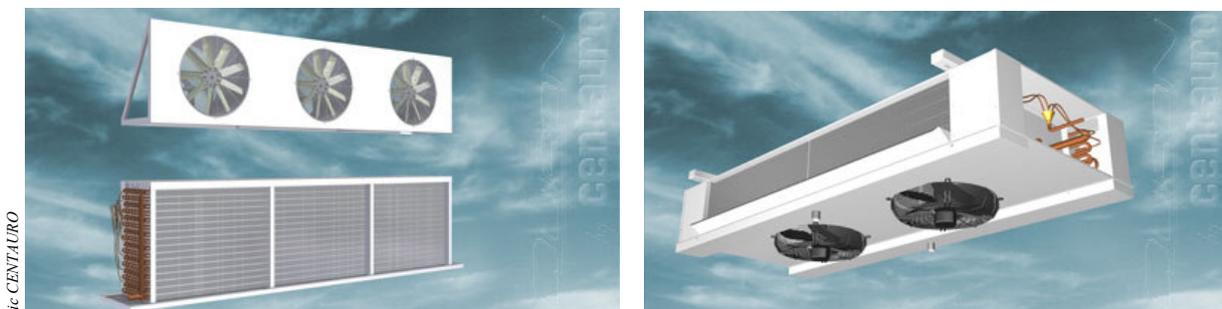


Fig. 42 – Evaporadores

Os evaporadores são basicamente um conjunto de tubos onde o fluido passa do estado líquido ao estado de vapor, lisos ou alhetados (alhetas destinadas a aumentar a superfície de permuta térmica) e envolvidos por uma caixa metálica ou de poliéster.

TIPOS DE EVAPORADORES

Sendo tão extenso o campo de aplicação do frio artificial e tão variadas as condições que se pretendem cumprir relativamente à temperatura e ao grau de humidade, compreende-se que sejam muito diversos os tipos de evaporadores, diferindo uns dos outros na forma e na construção.

A grande diversidade de tipos de evaporadores poderá ser reunida em dois grupos:

Inundados - O fluido no seu interior encontra-se na sua totalidade (ou quase) na fase líquida.

Secos - O fluido frigorigéneo líquido injectado no evaporador, evapora-se totalmente no seu interior (sistemas de expansão directa)

EVAPORADORES INUNDADOS

Os evaporadores do tipo inundado, usuais em frio industrial (equipamento de grandes dimensões), empregam válvulas de flutuador no lado de baixa ou da alta pressão do sistema para o controlo do caudal fluido frigorigéneo.

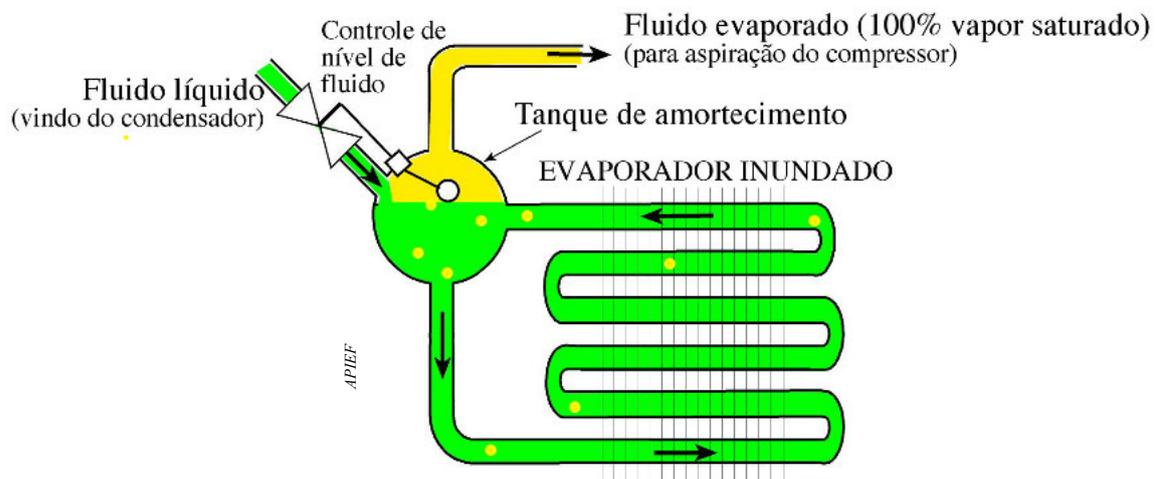


Fig. 43 – Funcionamento de um evaporador inundado

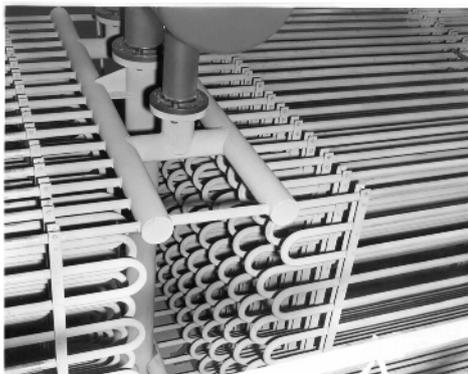


Fig. 44 - Evaporador inundado do tipo de imersão. À direita o reservatório de alimentação dos tubulares com líquido e de garantia de aspiração seca pelo compressor

EVAPORADORES SECOS

Nos evaporadores de média e grande capacidade do tipo seco ou semi-inundado, o controlo é feito por válvulas de expansão termostáticas e nos pequenos sistemas por tubos capilares.

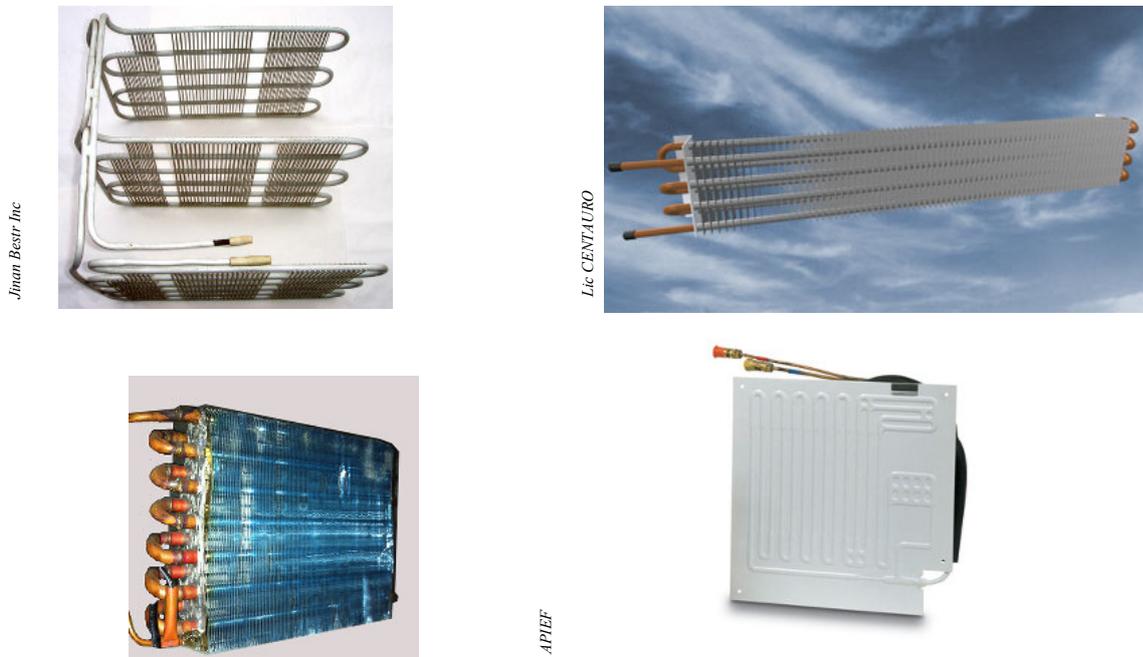


Fig. 45 - Diferentes tipos de evaporadores secos com tubo alhetado, de tubo liso e de placa para friforífico

DESCONGELAÇÃO DOS EVAPORADORES

Quando a temperatura da superfície de um evaporador que arrefece ar desce abaixo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, o vapor de água contido nesse ar deposita-se sob a forma de gelo na sua superfície. O gelo actua com um isolante térmico reduzindo a transmissão de calor entre a superfície do evaporador e o ar, podendo, no caso dos evaporadores com tubos alhetados e ventilação forçada, impedir a passagem do ar. Torna-se então necessário proceder periodicamente à remoção do gelo acumulado.

Quando o evaporador arrefece água, o mesmo deve estar protegido para que o fenómeno da congelação não aconteça, ou não deixando a temperatura de evaporação descer abaixo de 0°C ou misturando um produto com a água para baixar o seu ponto de congelação.

Quando a temperatura dos locais a arrefecer é positiva, normalmente acima de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, é possível fazer a descongelação utilizando-se o calor do ar em circulação. Para tal, interrompe-se periodicamente a alimentação em fluido no evaporador (fechando a válvula de solenóide ou parando o compressor), através de um sistema de temporização, normalmente um relógio de descongelação ou um programador. No caso dos evaporadores com ventilação forçada, os ventiladores devem manter-se em funcionamento.

Nos casos de instalações para média e baixa temperatura, destinadas à produção ou conservação de produtos alimentares, com evaporadores de ar forçado, é necessário

haver um sistema de descongelação por "calor suplementar" a fim de obter a fusão do gelo acumulado.

A descongelação "natural", só aplicável em locais com temperatura positiva, utiliza o calor do ar do espaço refrigerado, enquanto que a descongelação por "calor suplementar" se faz com calor proveniente de outras fontes.

As mais comuns são:

- **água**
- **resistências eléctricas;**
- **gás quente proveniente da descarga dos compressores.**

Descongelação por água - O sistema de descongelação mais simples é com certeza por pulverização ou chuveiro de água.

A pulverização de água sob pressão no gelo acumulado no evaporador provocará a sua fusão, limpando o evaporador e preparando-o para o ciclo seguinte de funcionamento.

A totalidade da água lançada no evaporador pelos pulverizadores deve ser recolhida num tabuleiro com um tubo de drenagem capaz de escoar todo o caudal, pois, caso contrário, a água excedente cairia na câmara, com o perigo de causar a deterioração dos produtos. É necessário controlar o ventilador para assegurar que não funcionará desde o início da injeção de água, até uns minutos depois de ser interrompida essa injeção, a fim de se evitar que seja projectada água do evaporador sobre os produtos armazenados.

Descongelação por resistência eléctrica - A descongelação por resistências constitui um sistema cómodo, fácil de instalar, regular e controlar, pelo que, embora com elevado consumo energético, em pequenas instalações frigoríficas comerciais é o sistema mais generalizado.

Um jogo de resistências eléctricas acopladas ao evaporador e em intimo contacto com as alhetas, quando ligado, encarregar-se-á, de aquecer o evaporador e fundir totalmente o gelo.

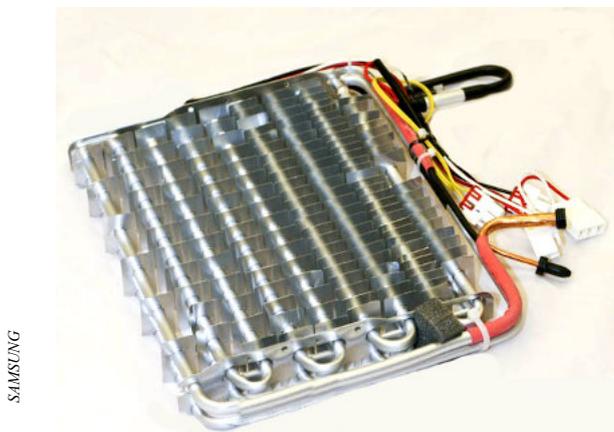


Fig 47 - Evaporador de tubo alhetado com sistema de descongelação eléctrica

Os únicos problemas que podem ocorrer com este sistema são os seguintes:

- aquecimento de algum do fluido frigorígeno que possa existir no evaporador em estado líquido;
- terminada a descongelação, as resistências permanecerem ligadas, com o perigo de se queimarem, por aumento excessivo de temperatura.

Ambos os casos têm, no entanto, fácil solução. No primeiro caso, deve provocar-se o vazio prévio (ou simultâneo) com a descongelação ou a montagem duma válvula de solenóide antes da válvula de expansão. No segundo, a instalação de um controlo (termostático, ou dispositivo electrónico) que regule o final do ciclo de actuação das resistências.

Descongelação por gás quente - A descongelação por gases quentes provenientes da descarga do compressor, tem muitas variantes, sendo o método mais simples o que se ilustra na figura 48.

Instala-se uma derivação equipada com válvula de solenóide, entre a descarga do compressor e a entrada do evaporador. Quando a válvula de solenóide abre, os gases quentes da descarga do compressor vão directos para o evaporador, sempre depois da válvula de expansão. A descongelação faz-se pela cedência, ao evaporador do calor que os gases quentes transportam.

A descongelação é normalmente controlada por um dispositivo temporizador (relógio de descongelação) onde se regula o tempo e o intervalo de descongelações. Quando se dá a descongelação, a válvula de solenóide da linha de líquido está fechada e a de gás quente aberta.

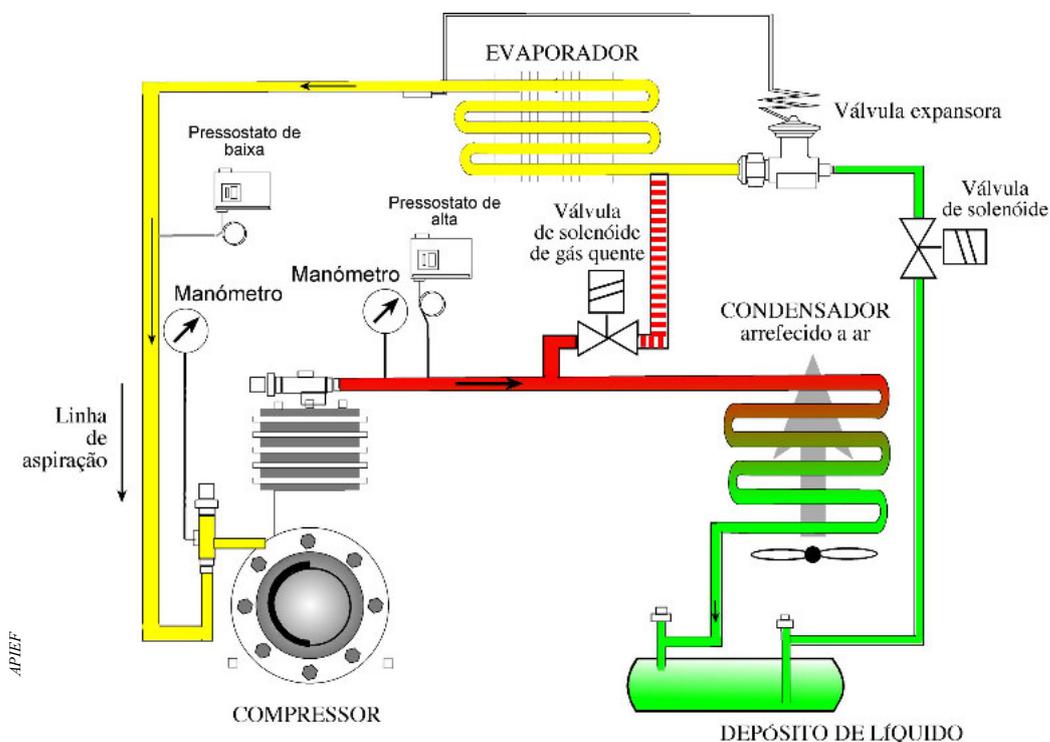


Fig. 48 - Sistema de descongelação simples por gás quente

1.6. DISPOSITIVOS DE REGULAÇÃO E CONTROLO

Hoje, dispensando a intervenção humana na gestão do seu funcionamento, já não há, praticamente, instalações de AVAC&R que não sejam geridas por um programador de maior ou menor complexidade.

O que se pretende com a programação da actuação das unidades de controlo e regulação das instalações? Que obriguem o seu sistema frigorífico a manter um conjunto de condições de funcionamento que o projectista definiu: foram escolhidos e estabelecidos parâmetros para as condições ambientais que a instalação deve cumprir, ou seja, respeitar a sua finalidade última, prestar sempre o mesmo serviço mantendo a qualidade esperada, sejam quais forem as condições a que é submetido.

Ao longo das 24 horas do dia, das estações do ano ou por causas pontuais – tantas vezes inesperadas – os seus parâmetros de funcionamento têm de ser medidos, regulados e ajustados.

Os elementos responsáveis que condicionam as variações na prestação do serviço numa instalação de AVAC&R são aqueles que interferem com o desempenho de cada equipamento do sistema, pressões, temperaturas, caudais de fluidos e do ar e suas velocidades.

Para os manter ou corrigir quando por acções externas são alterados, terão de existir aparelhos de medida das suas condições de trabalho, e para as modificar, dispositivos de comando e regulação.

Apresentam-se a seguir os aparelhos e dispositivos mais comuns nas actuais instalações de AVAC&R.

CONTROLO DO CAUDAL DE FLUIDO FRIGORIGÉNEO

Existem seis tipos básicos de controlo do caudal do fluido para o evaporador:

- a) o tubo capilar;
- b) a válvula de expansão manual;
- c) a válvula de expansão automática;
- d) a válvula de expansão termostática;
- e) o controlador de nível de baixa pressão;
- f) o controlador de nível de alta pressão.

Independentemente do tipo, um controlador do caudal de fluido tem duas funções:

- 1. Controla a alimentação de fluido frigorigéneo líquido ao evaporador, em função da quantidade de líquido vaporizado.**
- 2. Mantém uma diferença de pressão entre os lados de baixa (BP) e alta pressão (AP) do sistema para permitir que o fluido se vaporize à pressão pretendida no evaporador, e se condense a uma pressão mais elevada no condensador.**

O caudal do fluido frigorigéneo é o veículo fulcral na produção de frio ou na retirada de calor

dos meios onde se pretende criar um ambiente condicionado. A massa ou o volume de fluido por unidade de tempo que percorrem os permutadores onde se realizam as trocas térmicas, definem a potência frigorífica ou calorífica de cada um. Descrevem-se a seguir os dispositivos de controlo de caudal mais usuais.

1.6.1 TUBO CAPILAR

Tubo capilar é o tipo mais simples de todos os sistemas de controlo do caudal de fluido frigorígeno. É em geral um tubo de pequeno diâmetro (0,6 a 2,5 mm) e de grande comprimento, que é instalado entre a saída do condensador e a entrada do evaporador. Devido ao grande atrito resultante das suas reduzidas dimensões, controla o caudal de fluido entre o condensador e o evaporador, mantendo simultaneamente a diferença de pressão entre estes dois órgãos da instalação frigorífica.

A quantidade de fluido frigorígeno com que é carregado um sistema frigorífico de tubo capilar, é um dos factores que mais influenciam o seu bom funcionamento, dado que não existe depósito acumulador de líquido nestes sistemas, pelo que deve ser medido rigorosamente.

O tubo capilar só deve ser usado em sistemas equipados com compressores herméticos e com cargas térmicas relativamente constantes; deve também evitar-se a sua utilização em sistemas com condensadores à distância, pois é muito difícil determinar com rigor a quantidade de fluido frigorígeno necessária.

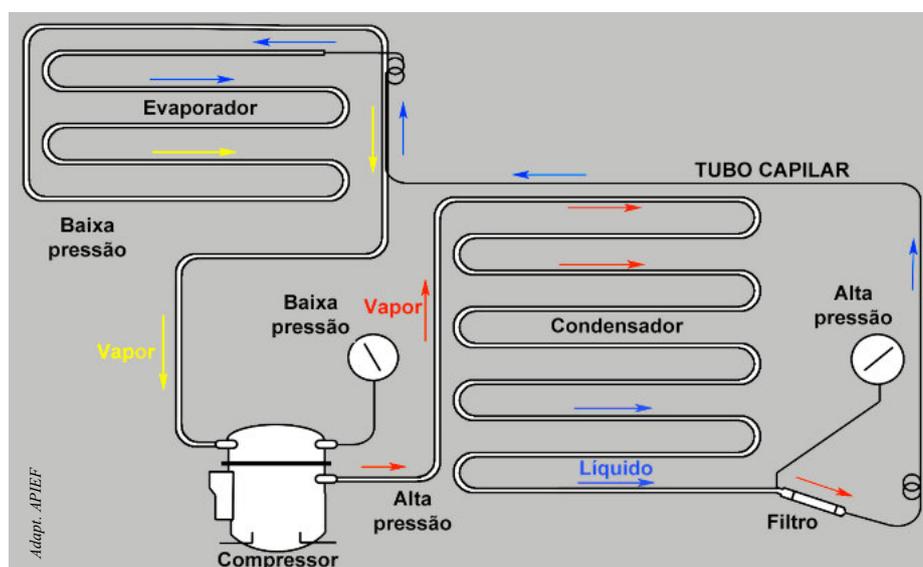


Fig. 49 – Tubo capilar

Por outro lado, a quantidade de fluido frigorígeno necessária é sempre bastante elevada nestes casos e, como durante os períodos de paragens da instalação ele tem tendência a acumular-se no evaporador, dado que a pressão é mais baixa, poderá verificar-se um arrastamento de líquido ao compressor quando do arranque.

A utilização do tubo capilar está generalizada nos frigoríficos domésticos, arcas congeladoras e condicionadores de ar de pequenas dimensões.

MONTAGEM

Os sistemas frigoríficos previstos para utilização com tubo capilar, devem ser construídos para que o fluido líquido não se acumule em grandes quantidades no condensador; **devem ter-se cuidados especiais com a posição de montagem do filtro secador.**

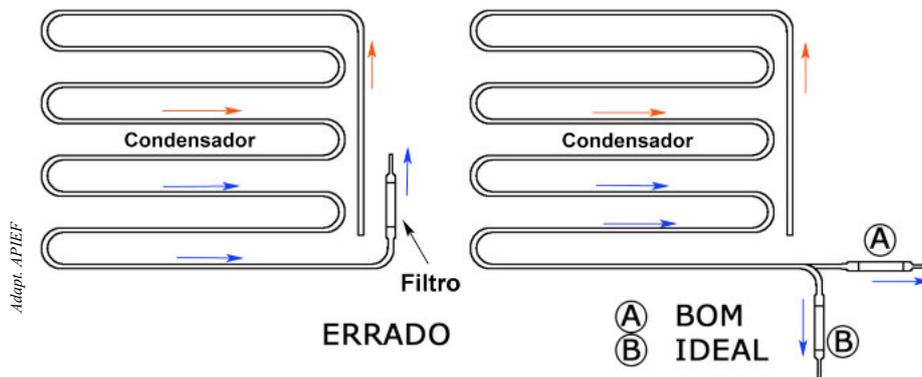


Fig. 50 – Montagem do filtro secador

Sempre que possível o tubo capilar deve passar no interior da linha de aspiração ou ser soldado a esta, de forma a reduzir ao mínimo a possibilidade da vaporização do fluido no interior do tubo capilar, beneficiando desta forma do arrefecimento originado por aquela linha.

Devem ser tomados cuidados especiais, quando da ligação do tubo capilar ao filtro secador, tendo em vista não se verificar qualquer obstrução.

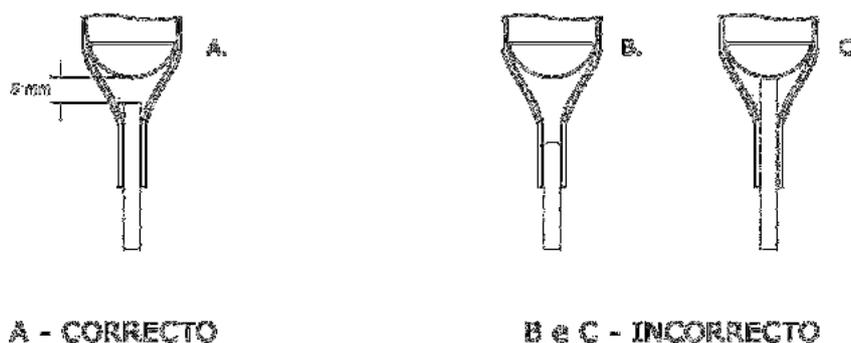


Fig. 51 – Ligação do tubo capilar ao filtro secador

1.6.2 VÁLVULAS EXPANSORAS

Válvulas expansoras manuais - As válvulas expansoras manuais são válvulas de agulha reguladas manualmente e que se mantêm nessa posição até haver nova regulação. A quantidade de fluido que passa através da válvula depende da diferença das pressões à entrada e à saída desta e do grau de abertura do orifício.

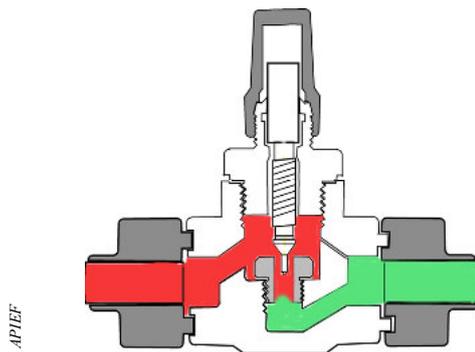


Fig. 52 - Válvula expansora manual

A principal desvantagem da válvula expansora manual é a de não responder a variações de carga térmica do sistema e, portanto, ter de ser ajustada manualmente cada vez que há alteração das condições de funcionamento.

Válvulas expansoras automáticas (ou pressostáticas) - Na figura seguinte é apresentada uma válvula expansora automática, também denominada pressostática, em corte.

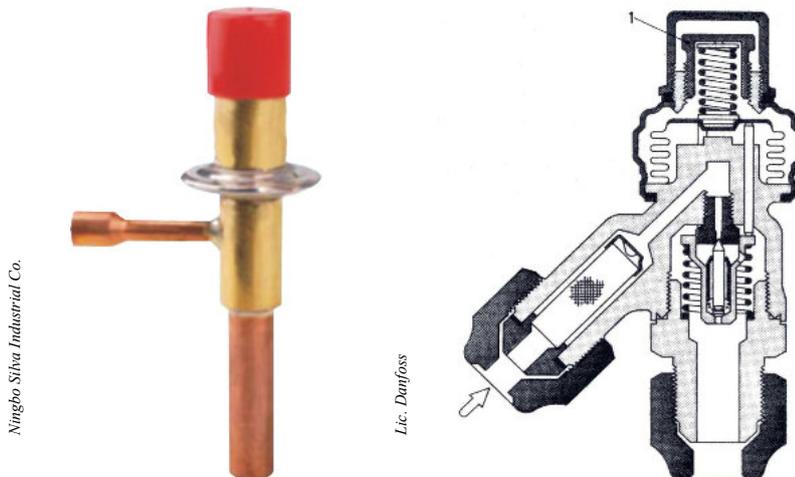


Fig. 53 - Válvula expansora automática (1-ajuste da pressão de abertura da válvula)

A válvula expansora automática, funciona de forma a manter uma pressão constante no evaporador. A característica de pressão constante da válvula resulta da acção simultânea de duas forças opostas: a pressão do evaporador e pressão da sua mola.

Uma característica importante desta válvula é que fechará totalmente quando o compressor pára e permanece fechada até que o compressor arranque novamente.

A principal desvantagem deste tipo de válvula é o seu baixo rendimento nas situações em que se verificam elevadas cargas térmicas no evaporador, exactamente quando seria necessário obter o máximo rendimento da instalação.

Válvulas expansoras termostáticas - Devido ao seu alto rendimento, a válvula de expansão termostática é a mais usada actualmente.

Ao contrário da válvula de expansão automática, que mantém pressão de evaporação cons-tante sob quaisquer condições de carga à custa da subalimentação do evaporador, a válvula expansora termostática mantém num valor constante o sobreaquecimento, circunstância que permite manter o evaporador perfeitamente alimentado em todas as condições de carga do sistema, sem se correr o risco de aspiração de líquido ao compressor (golpe de liquido).

Existem dois tipos principais de válvulas expansoras termostáticas.

- **Válvulas com igualização interna de pressão**
- **Válvulas com igualização externa de pressão**

Este tipo de válvulas pode apresentar-se com carga termostática normal ou com carga termostática especial limitadora de pressão, geralmente conhecida por carga MOP.

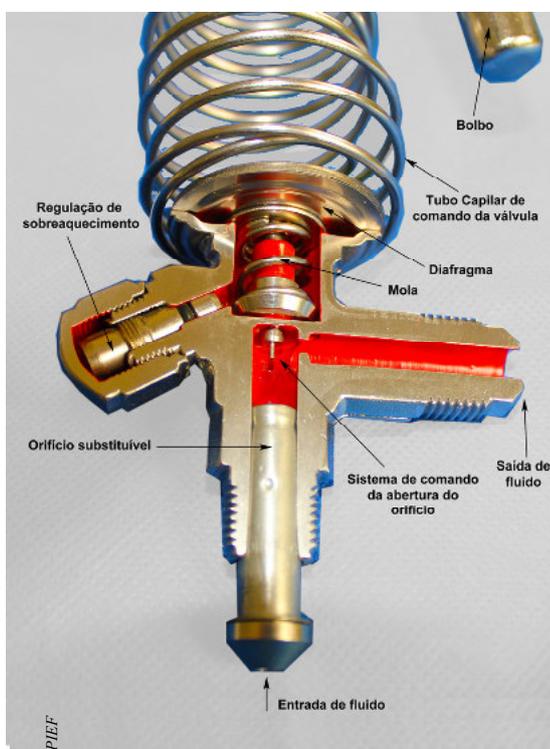


Fig 54 - Válvula expansora termostática com igualização interna de pressão

O grande interesse da utilização deste tipo de válvula é que a carga MOP (Motor Overload Protection) obriga a válvula a fechar parcialmente a alimentação de fluido ao evaporador sempre que a pressão ultrapassa um valor demasiado alto no seu interior.

Esta situação é comum em instalações em que o evaporador se encontra num ambiente mais quente que durante o funcionamento normal.

Nesta situação, quando há ordem de arranque da instalação, se a carga do bolbo da válvula não fosse MOP, esta abriria completamente a sua alimentação ao evaporador, obrigando o compressor a aspirar uma quantidade muito grande de fluido frigorígeno, o que, por sua vez, provocaria uma sobrecarga no seu motor eléctrico, podendo queimá-lo.

É vulgar chamar às cargas MOP – Protecção do Motor contra Sobrecargas.

VÁLVULAS EXPANSORAS TERMOSTÁTICAS COM IGUALIZAÇÃO EXTERNA DE PRESSÃO

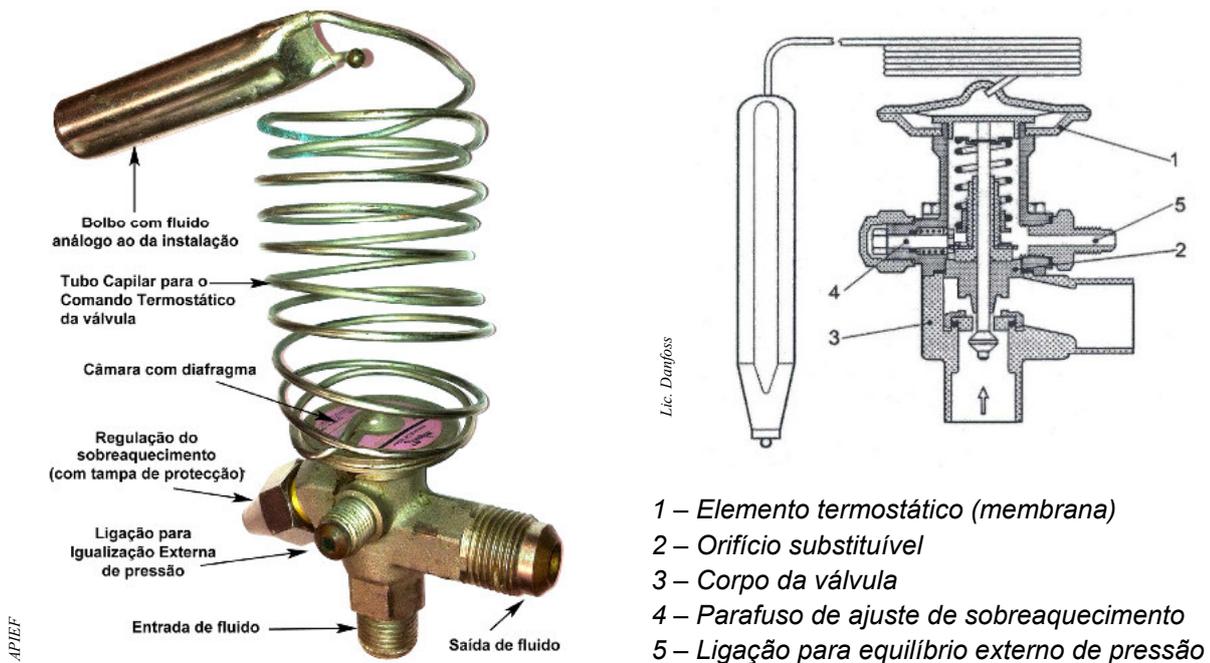


Fig 55 - Válvula expansora termostática com equilíbrio externo de pressão

A figura seguinte ilustra a forma corrente de instalação deste tipo de válvulas

As válvulas expansoras termostáticas com equilíbrio externo devem ser sempre utilizadas quando alimentem evaporadores com perdas de carga elevadas.

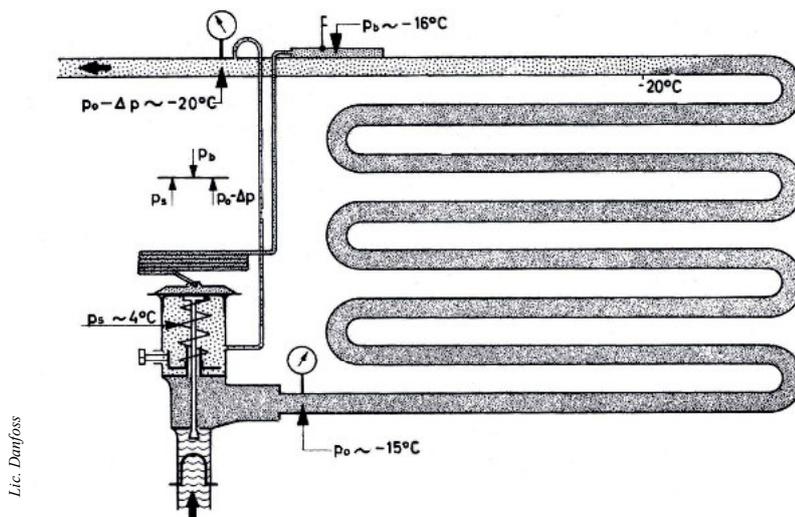


Fig. 56 - Esquema simplificado de um evaporador alimentado por válvula expansora termostática com equilíbrio externo de pressão.

Os evaporadores com distribuidor de líquido apresentam sempre perdas de carga elevadas pelo que devem sempre utilizar-se válvulas com igualização externa de pressão.

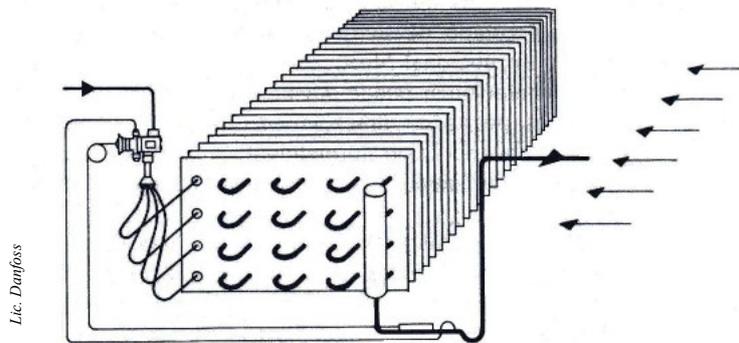


Fig. 57 – Instalação de válvulas com igualização externa e distribuidor de líquido

1.6.3 DISTRIBUIDOR DE LÍQUIDO

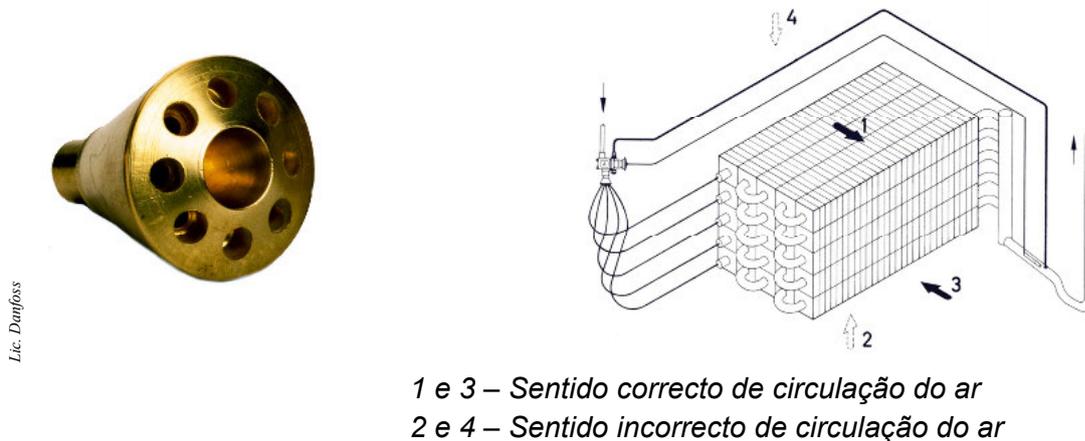


Fig. 58 – Distribuidor de líquido

Um distribuidor de líquido tem por finalidade assegurar uma distribuição uniforme de fluido refrigerante nas várias secções paralelas. Normalmente podem montar-se directamente na válvula expansora termostática ou na tubagem situada imediatamente depois desta.

O distribuidor deve ser montado de tal forma que a circulação de líquido se faça na direcção vertical, de modo que a força da gravidade afecte o menos possível a distribuição do líquido pelas várias saídas do distribuidor.

Todos os tubos de saída do distribuidor devem ter exactamente o mesmo comprimento e diâmetro para que a queda de pressão através de cada um deles seja igual.

VÁLVULAS EXPANSORAS COMANDADAS ELECTRICAMENTE (Válvulas “electrónicas”)

Nestas válvulas o fluxo do fluido frigorífero é controlado por impulsos eléctricos originados em sensores especiais. Estes impulsos actuam sobre a bobina da válvula, provocando a sua maior ou menor abertura, de acordo com a regulação que tenha sido feita.

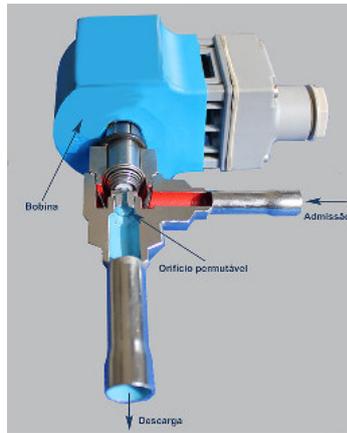


Fig 59 - Válvula expansora comandada eléctricamente

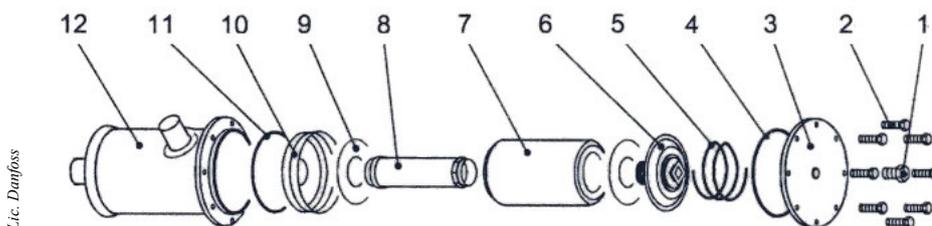
1.6.4 FILTROS

Os filtros podem ser divididos em dois grupos conforme a finalidade da sua aplicação.

- Filtros com elemento secador
- Filtros sem elemento secador

Os primeiros podem ainda ser classificados como:

- filtros recarregáveis;
- filtros não recarregáveis



- | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| 1 – Tampão | 4 – Junta | 7 – Elemento sólido | 10 – Porta elementos |
| 2 – Parafuso da tampa | 5 – Mola | 8 – Filtro mecânico | 11 – Junta |
| 3 – Tampa | 6 – Porta elementos | 9 – Junta | 12 – Carcaça do filtro |

Fig. 60- Filtro secador recarregável

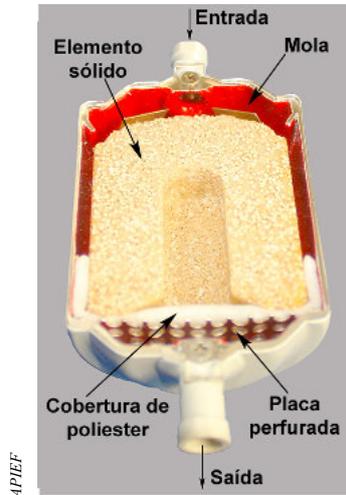


Fig. 61 - Filtro secador não recarregável

Os filtros secadores são montados nas linhas de líquido e têm por finalidade principal absorver qualquer humidade residual existente nas instalações frigoríficas, após a sua carga com fluido frigorigéneo.

Os filtros secadores têm um diâmetro relativamente grande em relação ao diâmetro da tubagem para que estão previstos, para que se verifique uma diminuição da velocidade do fluido frigorigéneo com o conseqüente aumento da capacidade de secagem e a diminuição de perda de carga.

É importante ter em consideração que a montagem de um filtro secador não elimina a necessidade de se proceder às operações de limpeza, desidratação e vazios das instalações, pois a sua capacidade de absorção de humidade está geralmente limitada à quantidade de humidade que é introduzida no sistema quando da sua carga, mesmo tendo todos os cuidados recomendados e bem conhecidos.

1.6.5 VISOR DE LÍQUIDO



Fig. 62 - Visor com indicador de humidade

Um visor de líquido sem indicador de humidade, instalado na linha de líquido de uma instalação frigorífica, é um meio de verificar visualmente se o sistema tem ou não carga de fluido frigorigéneo suficiente. Quando a carga é insuficiente, aparecem bolhas de vapor misturadas no líquido, que são visíveis através do vidro do visor.

Nos visores de líquido com indicador de humidade, verifica-se uma mudança de cor de verde para amarelo no indicador, sempre que a humidade no fluido frigoriférico ultrapasse o valor crítico.

Esta mudança de cor é reversível, quer dizer que o indicador volta de amarelo para verde, logo que a instalação esteja desidratada.

Sempre que se verifique existência de humidade na instalação, pelo menos o filtro secador deve ser substituído.

Normalmente os visores de líquido são montados directamente na tubagem de líquido. No entanto, sempre que o diâmetro de tubagem é superior ao do visor disponível no mercado, e para evitar perdas de carga na linha, este deve ser montado em derivação, conforme indicado na figura.

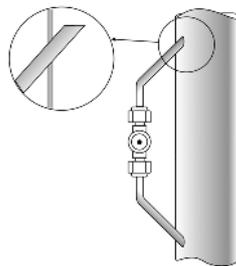


Fig. 63 - Visor montado em derivação

1.6.6 VÁLVULA DE SOLENÓIDE

Numa instalação frigorífica de funcionamento automático é frequente a necessidade da utilização de uma válvula que, **ao receber um sinal, possa abrir ou fechar, permitindo ou interrompendo a circulação do fluido.**

A válvula de solenóide ou válvula eléctrica, é justamente essa válvula. A alimentação com tensão, da bobina cria um campo magnético que actuando sobre o núcleo móvel, abre, normalmente a válvula; o corte da tensão levará por acção duma mola recuperadora ao fecho da mesma.

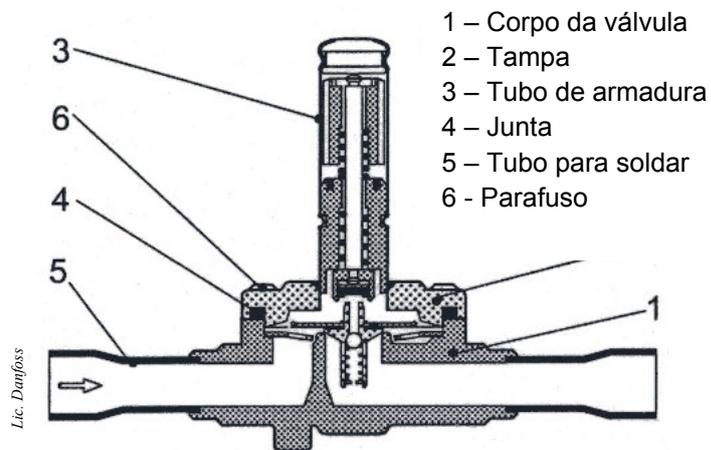
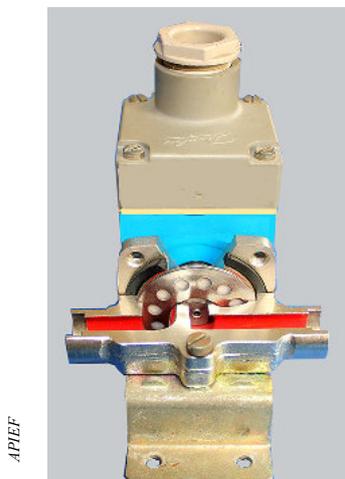


Fig. 64 - Válvula de solenóide (representada em esquema sem bobina)

1.6.7 PRESSÓSTATOS

Um pressostato é um interruptor eléctrico automático actuando por variações de pressão.

Os pressostatos podem ser divididos em três grupos fundamentais, a saber:

- **pressostatos de baixa pressão;**
- **pressostatos de alta pressão;**
- **pressostatos diferenciais.**



Pressostato de baixa pressão



Pressostato duplo



Pressostato diferencial

Fig. 65 – Alguns tipos de pressostatos

É frequente a utilização do pressostato de alta e baixa pressão combinados num único aparelho, sendo neste caso designados normalmente por **pressostatos duplos**.

Todos os tipos de pressostatos, conforme a finalidade que se pretende obter, podem ser utilizados como:

- **pressostatos de controlo;**
- **pressostato de segurança.**

Sempre que os pressostatos sejam utilizados como aparelhos de segurança e não de regulação, **recomenda-se que sejam equipados com sistemas de rearme manual.**

Regulação - A regulação de pressostatos não oferece dificuldade, dado que só existem dois valores a fixar:

- **pressão de trabalho;**
- **diferencial.**

Antes de se afinar um pressostato é conveniente ler com atenção as instruções do

fabricante, dado que a combinação Pressão de Trabalho/Diferencial é utilizada de diferentes formas conforme a sua origem e por vezes, aparelhos de modelo diferentes do mesmo fabricante utilizam combinações diferentes.

1.6.8 TERMOSTATOS

Um termostato é um interruptor eléctrico automático actuando por variações de temperatura.

Os termostatos podem ser divididos em dois grupos, de acordo com o princípio em que se baseiam:

- Termostatos mecânicos
- Termostatos electrónicos

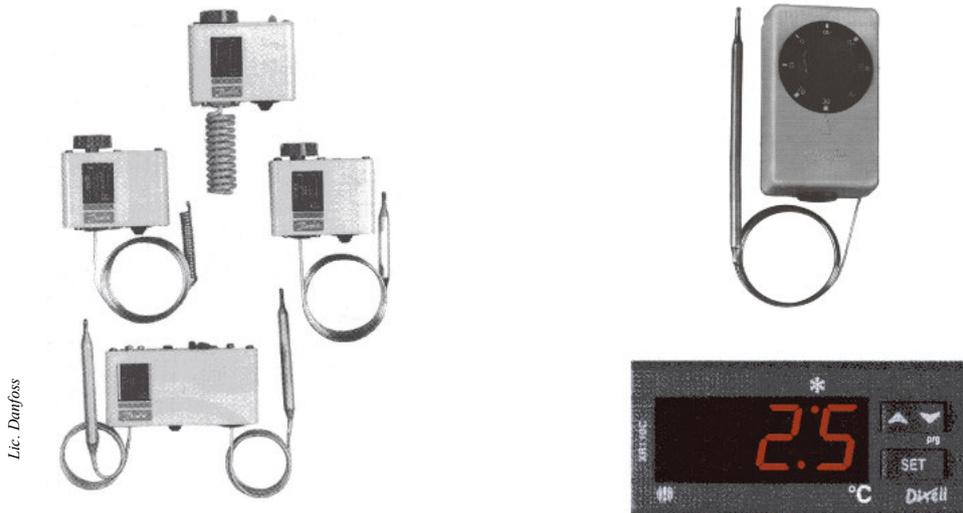


Fig. 66 - Termostatos mecânicos e electrónico

Termóstatos mecânicos e sua afinação

O mecanismo destes termóstatos não permite grandes alterações no ajustamento do seu funcionamento.

Em termos gerais, é um acessório de controlo de temperatura que funciona perfeitamente bem entre as temperaturas ambiente de +18°C a +25°C, em relação a evaporadores para ar condicionado.

Os termóstatos do mesmo tipo de funcionamento mas para evaporadores de baixa temperatura têm outra escala de regulação, sendo sempre aconselhável o estudo prévio em cada caso, como por exemplo:

- As arcas frigoríficas
- As câmaras de conservação e congelação industriais
- As caixas de transporte em viaturas

- Os frigoríficos
- Os bebedouros etc.

1.6.9 CONTROLADORES ELECTRÓNICOS

Tal como nos restantes sectores de atividade, também no da refrigeração e ar condicionado, a electrónica tem vindo a impor-se na regulação e controlo dos equipamentos e sistemas.

Atualmente, a maioria dos equipamentos e sistemas, têm incorporados sistemas de regulação e controlo, mais ou menos complexos.

Existe no mercado uma grande variedade de controladores electrónicos, desde os mais simples destinados a controlar apenas alguns equipamentos ou parâmetros de uma instalação, por exemplo, compressores, evaporadores ou pressões e temperaturas, até aos mais sofisticados autómatos programáveis, que permitem controlar gerir e comandar integralmente complexas instalações.

Estes controladores, associados a sistemas informáticos, permitem inclusivamente vigiar e controlar integralmente, à distância, as instalações. Esta forma de controlo designa-se por televigilância. As figuras que se seguem são exemplo deste tipo de equipamentos.



Fig. 67 - Controlador para conservação de congelados

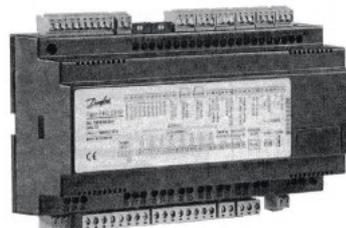


Fig. 68 - Controlador para centrais de compressores

1.6.10 REGULAÇÃO DA CAPACIDADE DOS COMPRESSORES

Quer seja uma instalação frigorífica ou de condicionamento de ar, o regime de carga é normalmente variável, dependendo de vários factores, tais como, temperatura do meio a arrefecer, temperatura ambiente, número de consumidores de frio em serviço, etc., havendo necessidade de fazer a adaptação da produção frigorífica do(s) compressor(es) às variações da carga térmica da instalação.

Nas instalações de baixa potência, nomeadamente de frio comercial, o processo correntemente utilizado para fazer esta adaptação, consiste em fazer parar e arrancar o compressor em função das necessidades.

Nas instalações de maior dimensão, que utilizam compressores de maior potência, ou quando se necessita de uma pressão de aspiração sem grandes oscilações, este processo não é adequado, havendo necessidade de regular a capacidade dos compressores.

A regulação de capacidade permite também obter significativas economias de energia,

devendo ser utilizada sempre que economicamente viável.

Existem vários métodos diferentes para regular a capacidade dos compressores:

- **variando a velocidade do motor eléctrico de acionamento;**
- **variando o número de cilindros em serviço;**
- **utilizando válvulas modulantes reguladoras de capacidade.**

Variação da velocidade do motor eléctrico

Os motores eléctricos de duas ou mais velocidades, tem sido o processo mais utilizado para fazer a variação da velocidade dos compressores e consequentemente a sua capacidade.

Este sistema, tem a desvantagem da regulação se fazer por escalões.

Um sistema de variação de velocidade contínuo, é o processo ideal, dado que permite ajustar exactamente a potência do compressor às necessidades da carga.

Os variadores de frequência permitem fazer a variação contínua da velocidade dos motores eléctricos, mas tem sido pouco utilizados, sobretudo para potências elevadas.

Com os progressos que se tem verificado no desenvolvimento destes equipamentos, já têm preços aceitáveis, o que permite a sua utilização cada vez mais frequente.

Hoje em dia encontram-se cada vez mais disseminados os sistemas “Inverter” que são uma nova maneira de fazer a regulação de velocidade dos motores eléctricos. Este sistema faz a inversão de metade do ciclo da tensão alternada de alimentação, tornando possível, com grande eficácia fazer variar a frequência em exata correspondência com as necessidades da máquina que acciona o compressor.

Variação do número de cilindros em serviço

Este sistema é usado em compressores com vários cilindros, desativando parte deles.

Os fabricantes de compressores utilizam processos diferentes para fazer a desactivação dos cilindros, nomeadamente:

- **Mantendo abertas as respectivas válvulas de aspiração;**
- **Bloqueando a entrada do gás de aspiração;**
- **Fazendo o “bypass” entre a aspiração e a descarga;**

Em alguns modelos de compressores existe um sistema que permite fazer a variação contínua da capacidade dos compressores, variando o volume do espaço morto da cabeça dos êmbolos.

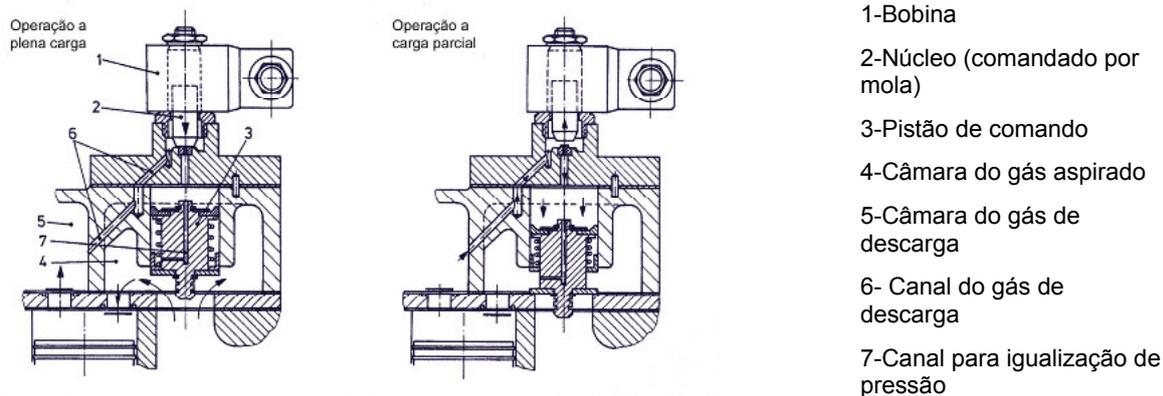


Fig. 69 - Esquema da regulação de capacidade desactivando cilindros

De uma forma geral, estas acções, que eram desencadeadas por válvulas eléctricas que abrem ou fecham a passagem de gás de descarga do compressor ou de óleo a alta pressão que, atua sobre os respectivos sistemas, são atualmente comandadas por sistemas centralizados de gestão informática (autómatos programáveis).

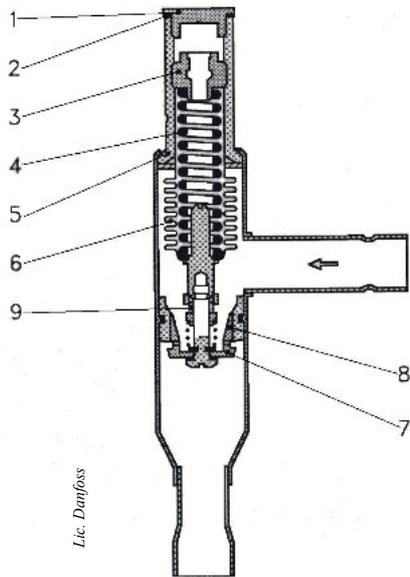
Válvulas modulantes reguladoras de capacidade

As válvulas reguladoras de capacidade, são normalmente montadas numa linha de “bypass” entre o lado da alta pressão e o lado da baixa pressão, com o objectivo de não permitir que a pressão de aspiração desça abaixo de determinados limites pré-estabelecidos.

A válvula actua em função da pressão de aspiração, abrindo quando esta pressão desce abaixo do valor regulado, de forma a mantê-la constante, através da injeção na aspiração de gás proveniente do lado da alta pressão.

É de salientar que a injeção de gás quente na aspiração do compressor, pode, em certas condições de funcionamento, dar origem a uma temperatura de descarga excessiva, o que pode provocar graves danos ao compressor, devido à degradação do óleo de lubrificação por excesso de temperatura.

Para reduzir esta probabilidade, o gás a injectar na aspiração deve ser gás frio proveniente, por exemplo, da parte superior de um eventual reservatório de líquido.



- 1 – Tampão de vedação
- 2 – Junta
- 3 – Parafuso de ajuste
- 4 – Mola principal
- 5 – Corpo da válvula
- 6 – Fole de igualização
- 7 – Prato de válvulas
- 8 – Sede da válvula
- 9 – Dispositivo de amortecimento

Fig. 70 - Válvulas reguladoras de capacidade

