

CAPÍTULO IV

Manuseamento de fluidos

1 – FLUIDOS FLUORADOS

1.1 Fluidos fluorados com elevado efeito de estufa – HFC (F-Gases)

Perante a emergência da substituição dos fluidos contendo cloro em virtude da sua alta agressividade para a camada de ozono, foram procurados, desenvolvidos em laboratório, testados e logo fabricados, fluidos não contendo cloro que substituíssem aqueles, tanto quanto possível, garantindo comportamentos termodinâmicos equivalentes e que permitissem, com o menor número possível de alterações, continuar a utilizar os equipamentos existentes com desempenhos idênticos.

Estes novos fluidos, **R 134a, R 404A, R 407C, R 410A, R 507**, todos isentos de cloro, portanto **com um valor de ODP=0**, em cuja composição não entra o cloro (Cl) mas sempre hidrogénio (H), fluor (F) e carbono (C), são conhecidos como os **Hidro-fluor-carbonetos ou HFC**.



Fig. 1 – Garrafas de fluidos frigoríficos com elevado efeito de estufa (HFC)

No entanto, se parecia que os problemas ambientais criados pelos fluidos usados nas instalações de AVAC&R tinham sido eliminados, ao longo dos primeiros anos do século XXI, foi-se firmando a necessidade de se evitar um outro fenómeno que se mostrava cada dia mais preocupante, o aumento do efeito de estufa e na sua sequência, a aceleração do aquecimento global da Terra e como último efeito as alterações climáticas, de previsíveis consequências catastróficas para a vida na Terra.

Concluiu-se que a responsabilidade estava em todos os gases resultantes das atividades humanas (ditas antropogénicas) que libertavam para a atmosfera o mais comum de todos os gases proveniente da queima dos combustíveis fósseis, **o dióxido de carbono CO₂**, mas **também muitos outros gases entre os quais sobressaíam os “nossos” HFC com valores**

potenciais de aquecimento global milhares de vezes superiores ao CO₂.

E, mais uma vez, em poucos anos, repete-se a necessidade de ter de se fazer a substituição dos fluidos usados nas instalações de frio e ar condicionado por outros que não tivessem contribuído para aqueles efeitos.

Tomou-se como referência precisamente o CO₂, e deu-se-lhe o valor 1, a unidade, referência-padrão para os valores do “Potencial de Aquecimento Global” (PAG, em português; hoje, em inglês, linguagem técnica universal, utiliza-se a sigla **GWP relativa a *Global Warming Potential*.**

Mediu-se o valor do PAG de todos os outros gases libertados pelo homem no ambiente, ficando os “nossos” HFC tabelados com valores praticamente sempre **superiores a 1000 e variando até valores cerca de 4000 vezes superiores ao do dióxido de carbono.**

Valores de GWP de alguns dos fluidos mais utilizados:

<i>Fluido</i>	<i>GWP</i> (valores atualizados conforme último Relatório IPCC da ONU para as Alterações Climáticas)
R 134a	1430
R 404A	3922
R 407C	1774
R 410A	2088
R 507A	3985

1.2 Fluidos naturais – orgânicos (hidrocarbonetos HC) e inorgânicos (ar, água, CO₂ e NH₃)

Há muitas outras substâncias que podem ser utilizadas como fluido frigorigéneo em instalações de frio e ar condicionado, e dentro do quadro das substâncias possíveis, sê-lo-ão todas as que podem assumir estado líquido e estado gasoso, umas com pressões demasiado altas e perigosas ou demasiado baixas, outras exigindo consumos energéticos desproporcionados.

No entanto, dados os condicionalismos atuais, **o *phase-out* (a retirada do mercado)** de muitos dos fluidos hoje ainda permitidos, obriga a utilizarem-se fluidos mais amigos do ambiente com os quais, vencidas certas barreiras tecnológicas, se poderão fazer trabalhar de modo seguro e económico as instalações de AVAC&R.

Assim, são **fluidos naturais**, os indicados na tabela seguinte **e/ou suas misturas, mas todos com valores de GWP variando entre 0 e no máximo 3.**

FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS NATURAIS		
INORGÂNICOS	ORGÂNICOS	
ar	Hidrocarbonetos alcanos	etano (R 170)
água (R 718)		propano (R 290)
amoníaco (R 717)		butano (R 600)
dióxido de carbono CO ₂ (R 744)		pentano (R 601)
		iso- ou ciclo-butano (R 600a)
		ciclo-pentano (R 601a)
	Hidrocarbonetos alcenos	propeno (R 1270),
	Derivados de Hidrocarbonetos puros	2,3,3,3-tetrafluorpropileno (R 1234yf)
		fluoreto de metilo (R 32)



Fig. 2 – Garrafas contendo fluidos frigorigéneos naturais

Muitos destes fluidos são bem conhecidos de aplicações industriais de grande envergadura mas outros, praticamente desconhecidos do sector encontram-se já em aplicações comerciais, desde móveis de venda automática a ar condicionado automóvel ou pequenos aparelhos medicinais ou eletrodomésticos para usos específicos.

2. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR E LEGISLATIVO

Até ao Verão de 2005, não existiam quaisquer obrigações específicas para os sectores do AVAC&R em Portugal. Haveria quem já possuísse cultura técnica e os princípios duma ainda ténue consciência ambiental, mas havia, fundamentalmente, um desconhecimento generalizado, quer por parte dos empresários, quer dos seus técnicos, para os problemas que se desenhavam no horizonte e que a partir daí mudaram completamente o modo de atuar na profissão.

2.1 Regulamentos (CE e UE) e Decretos-Lei *nacionais* para F-Gases

Com a finalidade de proteger o ambiente, e na sequência da aprovação do Protocolo de Quioto das Nações Unidas sobre as alterações climáticas, a Comunidade Europeia assumiu, para com os Estados-Membros, em 2002, o compromisso de no período de 2008 a 2012 se **reduzirem as emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa em 8% relativamente aos níveis de 1990.**

No ano de 2006, para esse efeito fez publicar o **Regulamento (CE) 842/2006 de 17 de Maio**, com o objetivo muito concreto de conter, prevenir e reduzir as emissões de gases fluorados com efeito de estufa abrangidos pelo Protocolo de Quioto.

Este Regulamento, curto, nas suas pouco mais que 5 folhas, foi por assim dizer o “pai” duma série de documentos importantíssimos que vieram regular e dar suporte a todas as pesadas alterações que recaíram sobre o sector do AVAC&R e seus técnicos e empresas. Lembremos:

- **Regulamento (CE) 1494/2007 de 17 de Dezembro** “Rotulagem de produtos e equipamentos que contenham determinados gases fluorados com efeito de estufa” com o objetivo primordial de identificar (qual o fluido) e quantificar as quantidades existentes nas instalações de qualquer dimensão.
- **Regulamento (CE) 1516/2007 de 19 de Dezembro** “Deteção de fugas em equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor”,
- **Regulamento (CE) 303/2008 de 2 de Abril** “Certificação de empresas e pessoal no que respeita aos equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor”.

Como consequência teórica todos os países cumprem as mesmas exigências e, em contrapartida, qualquer técnico ou empresa de qualquer Estado-membro que tenha obtido uma credenciação ou certificação em conformidade com estes regulamentos, **terá a sua credencial**

ou o seu certificado reconhecido em qualquer outro estado da União Europeia.

A Transposição do regulamento europeu para o direito português, deu origem ao **Decreto-Lei 56/2011 de 21 de Abril**, fazendo finalmente definição da entidade que iria gerir a sua aplicação, a **APA – Agência Portuguesa do Ambiente**, bem como, das entidades fiscalizadoras que usariam os mecanismos de observação e vigilância do seu cumprimento – **ASAE, IGAMAOT e DGAIEC**.

Em especial para o nosso sector do AVAC&R trouxe definições sobre:

- a **comunicação de dados** relativos aos quantitativos de F-Gases introduzidos no mercado e enviados para destruição – para comunicação nacional às instâncias competentes da UE;
- a nomeação do **IPAC - Instituto Português de Acreditação**, para a validação através de entidades por ele controladas, para a certificação dos técnicos e das empresas, como ocorreu com o **CENTERM** para os técnicos e com a **CERTIF** para as empresas instaladores e de manutenção e assistência técnica;
- as responsabilidades dos operadores quanto a recurso a técnicos certificados para as operações de recolha e encaminhamento de fluidos F-Gases existentes nos sistemas e para o desmantelamento de instalações e encaminhamento dos resíduos REEE e outros para operadores de gestão autorizados.

Com intervalo de três anos após a entrada em vigência do D-L 56/2011 e oito anos após a publicação do Reg. (CE) 842/2006, foi publicado no Jornal Oficial da União Europeia em 20 de Maio de 2014 o novo documento substituto, o **Regulamento (UE) 517/2014 de 16 de Abril que revogou o anterior regulamento e entrará/entrou em aplicação em 1 de Janeiro de 2015**.

3. UTILIZAÇÃO, APLICAÇÕES E FLUIDOS DE SUBSTITUIÇÃO

3.1 Clasificação dos fluidos frigoríficos

Um fluido frigorífico pode definir-se de uma forma genérica como um agente de produção de frio ou calor que atua por troca térmica com o meio ou substância envolvente que se pretende arrefecer ou aquecer.

Os fluidos frigoríficos podem subdividir-se em:

FLUIDOS FRIGORÍFICOS	Fluidos Primários (ou frigorigéneos)	R 717 NH ₃ ; R 744 CO ₂ R 11; R 12; R 22; R 502 R 134a R 404A; R 407C R 507C R 410A R 422A; R 422D R 170; R 290; R 600; R 600a R 32; R 1234yf Etc...
	Fluidos Secundários	Água Glicolada Salmoura Etc...

O fluido primário (ou fluido frigorigéneo) é a substância que circula por vários componentes de uma instalação frigorífica e que, ao longo do ciclo, absorve e rejeita calor, passando alternadamente de líquido a gás (no evaporador) e de gás a líquido (no condensador).

O fluido secundário é um agente arrefecedor [ou aquecedor] que é, ele próprio, inicialmente, arrefecido no evaporador [ou aquecido no condensador] por troca de calor (por contacto indireto) com o fluido frigorigéneo e que, posteriormente, vai retirar [ou ceder] calor do meio ou substância envolvente que se pretende arrefecer [ou aquecer].

3.2 Propriedades de um fluido frigorigéneo ideal

Indicam-se seguidamente algumas características a que deveria corresponder um fluido frigorigéneo ideal:

- Não ter impacto ambiental negativo;

- ter um elevado valor de efeito frigorífico volumétrico;
- não ter pressão de condensação muito alta, nem pressão de evaporação muito baixa, para as temperaturas de funcionamento pretendidas;
- ser estável, mantendo as suas características em qualquer condição;
- não ser corrosivo;
- não actuar sobre os óleos lubrificados usuais;
- não ser tóxico;
- não ser inflamável;
- ter uma temperatura crítica bastante superior à temperatura de condensação;
- ter uma temperatura de congelação muito inferior à temperatura de evaporação;
- ter um preço razoável e ser fácil de obter no mercado;
- ser fácil de detectar em caso de fuga.

Não há nenhum fluido que apresente simultaneamente todas estas características em qualquer condição de funcionamento.

A escolha de um fluido frigorífico deve ter sempre em conta a finalidade a que se destina a instalação frigorífica, mas hoje em dia, para além destes, há uma série de outros aspectos que não devem deixar de ser tidos em conta, muito especialmente, os aspectos ambientais ligados à protecção da camada de ozono, traduzido pelo ODP de cada fluido (conforme Protocolo de Montreal) e ao aquecimento global da Terra por efeito de estufa, traduzido pelos valores do GWP e do TEWI (**Total equivalent warming impact**) de cada fluido (conforme Protocolo de Quioto).

3.3 Análise de diversos fluidos frigoríficos – Aplicações e fluidos de substituição

Para responder às necessidades das modernas instalações de AVAC&R há uma enorme variedade de equipamentos que diferem entre si, quer (1) pela dimensão dos seus componentes, quer (2) pela solução técnica escolhida para movimentar o fluido ou os fluidos frigoríficos e secundário, quer ainda (3) pelas gamas de temperaturas de serviço pretendidas.

Qualquer destas três condições anteriores encontra no mercado pelo menos um fluido preferencial, isto é, aquele que, sabe-se, oferece garantias de um funcionamento económico mais bem enquadrado dentro das exigências atuais de economia de energia e de eficiência energética, aliando segurança e (de preferência), também ser facilmente disponível e barato.

Cada gama de produto dos equipamentos de “AVAC” e dos equipamentos de refrigeração encontra hoje como preferencial um determinado fluido e é com esse, diferente dos outros por possuir as características mais adequadas, que essa instalação deverá trabalhar.

Continuam a existir, embora cada vez sob controlos mais apertados e sob leis com pesadas

penalizações – com horizontes de utilização cada vez mais reduzidos – os fluidos HFC que ainda há pouco tempo fizeram a substituição dos CFC e dos HCFC.

O atual período de transição vai permitir continuar a utilizar os fluidos do tipo HFC, embora com restrições crescentes, até 2025; mas, até cinco anos depois, em 2030, todo o AVAC&R, em todo o mundo industrializado, será obrigado a mudar o conceito de utilização dos fluidos das instalações de frio e ar condicionado. Admite-se a sua completa substituição por fluidos naturais inorgânicos (NH₃ e CO₂) ou orgânicos, em especial os hidrocarbonetos (HC), simples ou em mistura, com valores de GWP desde 0 até próximos de 1. Até lá, haverá que habilitar os técnicos do sector para o domínio das novas tecnologias (pressões, temperaturas, materiais, equipamentos...) com que então terão de se confrontar.

Tipos de Fluidos:

Fluidos puros: Formados por um único componente. A uma dada pressão, a temperatura permanece constante durante as mudanças de estado. Ex: R134a

Misturas: Combinação de vários componentes para criar um fluido específico. Ex: R404A

Misturas Zeotrópicas: Misturas que a dada pressão, apresentam um deslizamento da temperatura durante as mudanças de estado. Ex: R407C

Misturas Azeotrópicas: Misturas que a dada pressão mantêm a temperatura de mudanças de estado. (Comportam-se como substâncias puras). Ex: R507

CLASSIFICAÇÃO DOS FLUIDOS EM FUNÇÃO DA SUA TOXIXIDADE E INFLAMABILIDADE:

A ➔ Não Tóxico

1 ➔ Não Inflamável

B ➔ Tóxico

2 ➔ Inflamabilidade Moderada

3 ➔ Inflamabilidade Elevada

Ex: R12 - A1

R717 - B2

R600 - A3

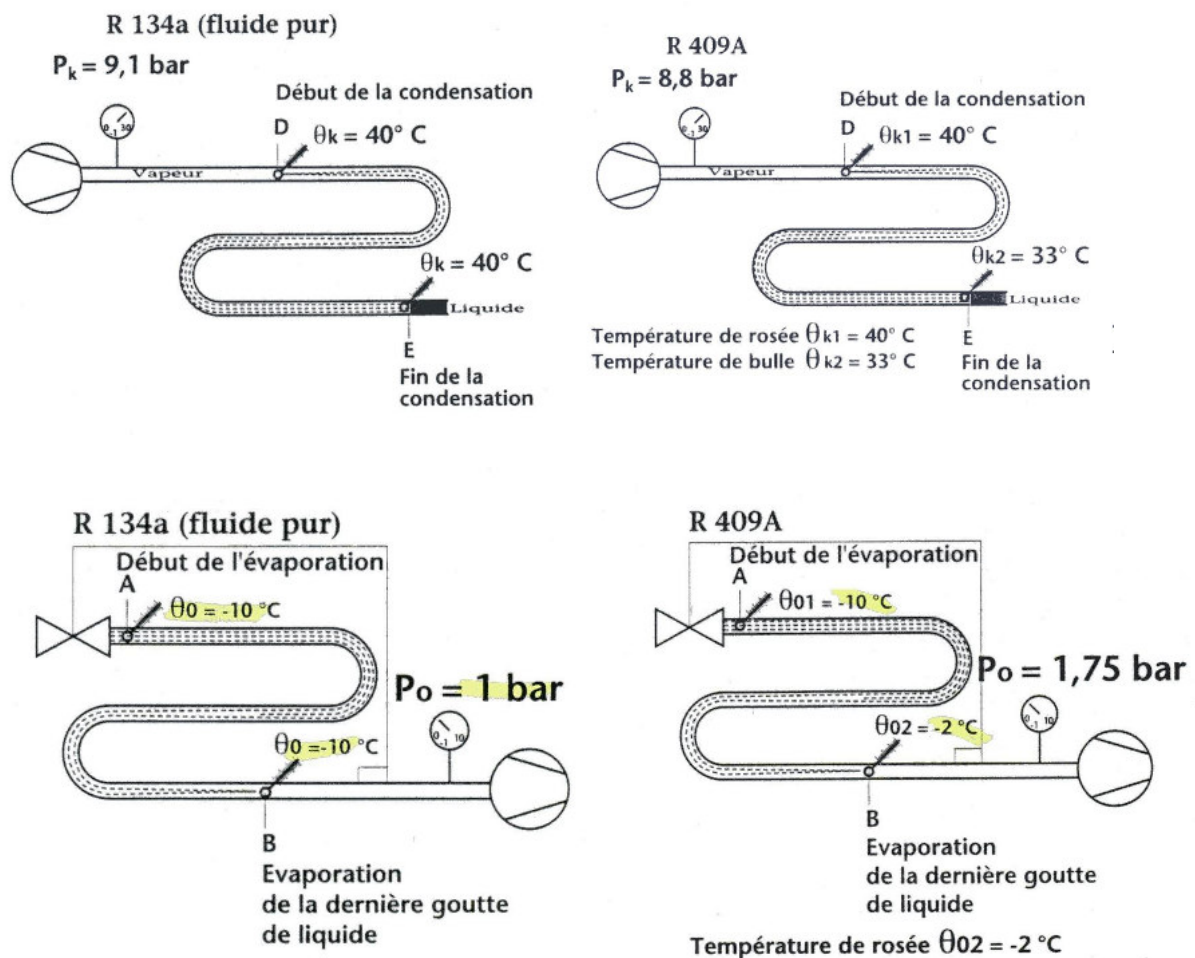


Fig.3-Diferença de temperaturas durante a mudança de estado de um fluido puro (R 134a) e uma mistura zeotrópica (R 409A)

Misturas Zeotrópicas são fluidos da série 400 (com deslizamento)

Misturas Azeotrópicas são fluidos da série 500 (sem deslizamento)

3.3.1 Substituição do R 12

O R 12 é um dos últimos fluidos CFC que, por vezes ainda se encontra em instalações frigoríficas e em ar condicionado.

O melhor fluido até hoje utilizado nestes últimos 15 anos como alternativa ao R 12 **tem sido o R 134a**. Fazendo o que se chama o **retrofit**, pode ser utilizado em sistemas frigoríficos de móveis expositores de supermercado, pequenas instalações de frio comercial, de ar condicionado fixo e móvel, frigoríficos domésticos e aparelhos de frio em caixas de camiões. Numa mesma instalação, bastarão 85-90% do volume original de R 12 para fazer o enchimento com R 134a.

Em baixas temperaturas, se usado para substituir R 12 (ou R 22), o R 134a perde capacidade frigorífica volumétrica.

Há que fazer a substituição deste tipo de óleo por um **óleo novo dos tipos POE (polioléster) ou PAG (polialquilenoglicol)**, com os quais há que ter preocupações acrescidas devido à sua facilidade em absorverem humidade e degradarem-se.

Para instalações mais antigas com compressores herméticos, usa-se hoje com bons resultados, o **R 437A**. Tem bom comportamento com os óleos minerais (MO/AB), POE e PAG, em conformidade com as recomendações do fabricante.

Outras alternativas equivalentes, **R 424A, R 427A e R 438A**, mas carecendo de estudo e de confirmação que se alcança um comportamento otimizado.

3.3.2 Substituição do R 502

O **R 502** era um excelente fluido usado em baixas temperaturas em instalações de frio, teve em termos comerciais o mesmo destino dos CFC desaparecendo do mercado em paralelo com o R 12; encontrando-se ainda circuitos a trabalhar a R 502 em caso de intervenção há que enviá-lo para destruição e em caso de ser tecnicamente interessante fazer o *retrofit* da instalação.

Os substitutos actuais do R 502 são dois fluidos, o **R 404A** em mistura ternária (3 componentes), e o **R 507A** em mistura binária (2 componentes):

O R143a, que entra na composição dos dois fluidos anteriores, apresenta uma característica por vezes inconveniente, que é o facto de ser um fluido inflamável (Grupo de Segurança A2).

Em instalações frigoríficas comerciais de baixas temperaturas, em t_{evap} de -20 até -50°C o melhor fluido substituto é o **R 404A**.

Sendo comum fazer-se o *retrofit* das instalações a R 502 para R 404A, nesses casos haverá apenas que substituir o óleo (lavar muito bem todos os vestígios do anterior óleo do tipo MO e pôr novo óleo do tipo POE), confirmar compatibilidades, acertar a válvula expansora e instalar um filtro na aspiração.

O **R 404A** é um fluido térmica e quimicamente estável, não inflamável e com toxicidade e compatibilidade com os materiais, **idênticas ao R502**.

As áreas típicas de aplicação do R507A são os móveis expositores e câmaras frigoríficas comerciais, instalações de apoio a supermercados, máquinas de gelo, aparelhos de frio para viaturas frigoríficas e todo o tipo de instalações frigoríficas comerciais e industriais (quer em novas instalações, quer fazendo-lhes o *retrofit*).

O **R 507** também muito usado como substituto de longo prazo nas aplicações de baixa temperatura em sistemas onde se usava R 502 (ou também R 22) é muito semelhante, **nas suas propriedades físicas, termodinâmicas e no comportamento operacional, ao R 502**.

Tal como todos os HFC trabalha com óleos do tipo POE.

O **R 422A** foi desenvolvido com a finalidade de ser um substituto único em instalações que trabalhavam com R 502 mas também com o R 22 e em que se pretendesse utilizar um único fluido de serviço, com características de desempenho e de eficiência energética o mais possível aproximadas do R 404A, do R 507 e do R 22, e que permite usar os óleos lubrificantes convencionais.

3.3.3 Substituição do R 22

R 407C Por ser uma mistura zeotrópica deve ser sempre carregado em fase líquida (e não em gás); este problema ocorre em caso de fuga, em que um dos componentes da mistura original pode evaporar-se separado dos outros dois indo alterar as características e, portanto, o funcionamento que a instalação tinha com o fluido original. Se se voltasse a carregar a instalação sobre o restante fluido remanescente, **a mistura ficaria com novas condições de pressão e de temperaturas**, eventualmente incorretas para a finalidade da instalação.

Em aplicações de ar condicionado, com o R 407C, para o mesmo volume varrido, obtém-se quase a mesma potência frigorífica e os mesmos COP que com o R 22.

Na utilização de condensadores e/ou evaporadores *shell and tubes* não se recomenda esta substituição; **no entanto, nos permutadores alhetados para arrefecimento de ar, este inconveniente não existe podendo o seu desempenho até ser superior ao do uso de R 22.**

O R 407C apresenta um **grau de toxicidade** e uma **compatibilidade** com os metais e outros materiais usados nas instalações, comparáveis ao R 22.

Não é miscível com óleos minerais (MO) pelo que o óleo a usar deve ser do tipo POE.

O R 410A é um fluido criado em laboratório que foi procurado especificamente com o **objectivo de substituir o R 22** em instalações frigoríficas novas e em sistemas de ar condicionado e bomba de calor. **A sua diferença fundamental para o R 22, são as pressões de trabalho significativamente mais elevadas** para obtenção das mesmas temperaturas, repare-se, p.ex., à $t_{cond.} +42^{\circ}C$, R 22 \triangleright 16 bar e R 410A \triangleright 25 bar (R 22 \triangleright $62^{\circ}C$)

Tem efeito frigorífico muito elevado, cerca de 50% superior ao do R 22, portanto exige equipamentos menores ou seja, instalações mais compactas; esta **exigência de novos compressores anula a possibilidade de conversão direta de sistemas a R 22 para R 410A.**

Tal como o R 407C apresenta **grau de toxicidade e compatibilidade** com os metais e outros materiais usados nas instalações, comparáveis aos do R 22; também não é miscível com óleos minerais (MO) pelo que **o óleo a usar deve ser do tipo POE.**

R 417A, R 417B, R 422D, R 438A - Tal como no caso do R442A, um dos objectivos prosseguidos foi a conversão de instalações trabalhando apenas com R22. **Estes fluidos pelo facto de apresentarem um ou mais hidrocarbonetos na sua mistura (em proporções variáveis) são considerados pertencentes a um grupo designado por HFC/HO.**

O **R 417A**, lançado no mercado já há mais de dez anos, é um fluido mistura ternária. Utiliza-se em ar condicionado doméstico e comercial em médias temperaturas.

Estes fluidos são todas misturas zeotrópicas, portanto, cada um com uma temperatura de *glide* (em que se inicia o deslizamento ou separação de um dos componentes dos restantes) levando a que se tenha de ter, no seu manuseamento e aplicação, os mesmos cuidados que com o R 407C.

Apesar da predominância de fluidos HFC em todos, como possuem na mistura uma certa proporção de fluidos HC, podem trabalhar com os óleos lubrificantes tradicionais dos tipos MO e AB, por neles terem boa solubilidade.

R427A - Este fluido, ainda com poucos anos de existência, é uma mistura quaternária. **A substituição do R 22 pelo R 427A é praticamente direta**, não carece de alterações técnicas nos componentes, mas o óleo tem de ser substituído por um de tipo POE, apesar de o sistema suportar uma percentagem até 15% do óleo mineral MO ou AB, anteriormente em serviço; nestes casos, cuidar de instalar filtros maiores na aspiração e limpá-los com mais frequência.

Todos os restantes parâmetros técnicos de funcionamento são idênticos aos que se obtinham com o R 22, incluído o desempenho e consumos dos compressores. **Como mistura zeotrópica carece dos mesmos cuidados atrás referidos quanto ao perigo do seu *glide* poder vir a ocorrer.**

R 32 - Este fluido pertencente ao grupo dos HFC, com um valor de GWP= 675 [atualiz.2014], tem sido utilizado em AVAC&R desde há alguns anos, nunca isolado como fluido frigorigéneo único, mas como componente de misturas (p.ex., nas séries R 407, R 410, R 427 e R 438).

A causa das limitações a uma sua utilização mais corrente, **foi a sua característica de inflamabilidade** que o manteve no Grupo de Segurança A2 “Inflamável” até à reformulação destas categorias, com a introdução na **Norma ISO 817**, em 2014, dum novo **Grupo A2L**, onde foi inserido, **e que significa “Baixa inflamabilidade”.**

As suas pressões de serviço são algo mais elevadas que as do R22, chegando a ultrapassar os valores usuais com o R 410A.

Foi adotado, a partir 2013-2014, para comercialização como **substituto do R 410A em idênticos equipamentos, e aparenta ser, em termos de eficiência energética, melhor, e em termos de segurança, pior que o R 410A. Oferece o mesmo grau de toxicidade mas é**

mais facilmente inflamável, o que poderá ser minimizado com a presença de detetores de fugas fixos nas suas instalações e a existência de um extintor nas proximidades. Face à gama de pressões de trabalho carece de manómetros específicos para o controlo.

O seu GWP= 675 antevê poder ser utilizado nas **pequenas instalações do tipo *split* com menos de 3 kg de fluido, até ao ano de 2030 e ainda não é claro se, por ser um derivado do metano (um hidrocarboneto), poder continuar a ser utilizado sem limitações após esse ano e em sistemas maiores** – em que já não é o GWP que determina o seu uso, mas sim o valor da sua concentração em caso de fuga nos locais de utilização, função da volumetria do local que o sistema vai servir.

3.3.4 Alternativas aos HFC - Fluidos olefinas com Baixo GWP

Olefinas são substâncias derivadas do petróleo constituídas por Carbono e Hidrogénio em que na sua estrutura molecular dois átomos de carbono estão fortemente ligados (por uma ligação dupla) e em que o número de átomos de hidrogénio é sempre o dobro dos de carbono. **Apresentam características que lhes permitem servir eficazmente como fluidos frigorigéneos.**

Nesta classificação distinguem-se atualmente dois fluidos HFO, o **R 1234yf** com GWP= 4 e o **R 1234ze** com GWP= 6. Estes dois fluidos conseguem aliar duas características que os tornam uma solução alternativa muito satisfatória perante as atuais exigências que recaem sobre o AVAC&R **pois tem ambos um valor de GWP muito baixo e simultaneamente oferecem propriedades e comportamento termodinâmico muito semelhantes aos dos HFC predominantes usados na actualidade.**

3.3.5 Amoníaco R 717 e dióxido de carbono R 744



Figura 4 – Aplicações do Amoníaco

R 717 (NH₃) - Poderia admitir-se a hipótese da reconversão duma instalação com a substituição do fluido HCFC R 22, ou um HFC, por R 717 amoníaco, só que, com o NH₃ tudo será de tal modo diferente que logo à partida o projeto fica inviabilizado. Desde as dimensões dos equipamentos às suas compatibilidades com o novo fluido, tudo vem profundamente alterado.

É, na verdade, o melhor fluido frigorígeno em termos de rendimento termodinâmico, o seu COP pode atingir valores superiores a 7; mas é perigoso [Grupo de Segurança B2], inflamável, altamente tóxico e, em determinadas concentrações, explosivo.

Devido ao seu intenso cheiro característico, é excelente para a deteção de fugas pois o local da fuga é com facilidade detetado, possibilitando com rapidez acorrer-se para a sua reparação.

É barato e ecologicamente perfeito perante as atuais preocupações ambientais, tem ODP=0 e GWP=0.

É incompatível com cobre (toda a rede de tubagens teria de ser substituída) e com as suas ligas, bem como com os elastómeros das juntas e vedantes usuais nos circuitos.

É inaplicável em pequenas potências, pois a sua elevada capacidade frigorífica volumétrica levaria a que os vários componentes das instalações fossem de muito reduzidas dimensões; perante as exigências de segurança impostas às instalações, as alterações e a gestão dessa situação assumiria custos economicamente incomportáveis.

Mas, pode ser utilizado em grandes instalações de frio industrial, ou em edifícios de grande complexidade e dimensões, em sistemas onde a distribuição de frio e calor possa ser feita por um fluido secundário (caso p. ex. de chillers, em potências elevadas, para climatização...)

R 744 (CO₂) - É um fluido com longa tradição na história e na tecnologia das instalações de produção de frio, vindo já do Séc. XIX. Deixou de ser usado a partir da década de 1950 com o advento dos “freons”.



Por exemplo a Danfoss desenvolveu aplicações com CO₂ para circuitos frigoríficos de Frio Comercial

Figura 5 – Compressor de CO₂

Tem ODP= 0 e GWP= 1, e é não inflamável nem tóxico. No entanto é perigoso em concentrações elevadas pois substituindo o oxigénio causa asfixia, pelo que os seus circuitos deverão dispor de sistemas de deteção apropriados.

Possui elevada capacidade frigorífica volumétrica, dependendo das condições operativas mas pode atingir valores 5 a 8 vezes superiores à utilização de R 22 ou do NH₃.

Não pode, também, ser usado em aplicações correntes de frio e ar condicionado porque

o seu ponto crítico ocorre a 31°C com a pressão de 74 bar; no entanto, há uma gama de aplicações onde se pode fazer uso do CO₂ com muito boa eficiência, como por exemplo a **temperaturas sub-críticas em sistemas em cascata** ou em sistemas transcíticos onde os coeficientes de transferência térmica do CO₂ são consideravelmente superiores aos de outros fluidos, melhorando os desempenhos de evaporadores, condensadores ou outros permutadores.

As dimensões das tubagens são significativamente menores e as perdas de pressão muito baixas. Acresce que se usado como fluido secundário a energia para funcionamento das suas bombas recirculadoras é também muito baixa.

Estas características fazem do CO₂ um excelente fluido para aplicação em grandes instalações de frio comercial e industrial em que pode ser usado como fluido secundário e em instalações com vários andares de pressão e temperatura (com as melhores eficiências entre -10 e -50°C).

O R744 aparenta poder ser uma boa solução futura. Já se encontram, no entanto, hoje em dia sistemas a CO₂ de aquecimento ou arrefecimento, de climatização em autocarros e carruagens, em máquinas de venda automática, em cozinhas industriais em abatedores de temperatura, em móveis frigoríficos expositores e até em aplicações residenciais de comprovada eficiência para aquecimento de AQS em combinação com pavimentos radiantes.

Quer isto dizer que, todos estes são fluidos possíveis e que só aguardam a evolução generalizada das tecnologias que exigem para deles se obter um funcionamento seguro e económico a preços de investimento e instalação acessíveis.



Figura 6 - Aplicações com CO₂

3.3.6 Propano R 290 e Butano R 600 e R 600a



Figura 7 – Aplicações de fluidos naturais orgânicos

R 290 - O propano é um fluido natural, orgânico, barato e de grande disponibilidade, mas inflamável, com ODP= 0 e GWP= 3, e apresenta-se à luz da conjuntura atual como um dos fluidos frigorigêneos de substituição bastante provável, em instalações com circuitos frigoríficos selados, de pequena ou média dimensão, nas gamas de temperatura de refrigerados e de congelados, em utilizações domésticas ou comerciais. A grande maioria dos circuitos frigoríficos onde existem originariamente R 134a, R 404A ou R 22, poderão ser objeto duma intervenção de *retrofit* que leve à utilização do propano em vez de qualquer um daqueles fluidos halogenados.

Sendo tecnicamente possível a substituição daqueles fluidos pelo R 290 as consequências técnicas sobre o desempenho de cada instalação tem de ser previamente avaliada. Em alguns casos a substituição pode mesmo tornar-se completamente inadequada para a anterior aplicação prática do sistema.

Para além dos condicionantes de segurança originados no facto de se estar a substituir fluidos do Grupo de Segurança A1 (não-inflamáveis) por um **fluido do Grupo de Segurança A3 (inflamável)** - e que “obriga” p.ex. que os compressores devam possuir relés e sistemas de arranque que não originem faíscas e/ou que o pessoal que manuseia as instalações tenha sido sujeito a formação específica - há condicionantes de ordem técnica que criam inadequação dimensional de algum ou alguns dos seus componentes para continuidade na prestação do serviço anterior.

R 600 e R 600a - O butano R 600 e o iso- ou ciclo-butano R 600a são também fluidos naturais orgânicos, derivados do petróleo, baratos, de fácil acessibilidade e com boas características termodinâmicas. Neste aspeto, que acaba por se traduzir num funcionamento mais económico, mas também, por alguns índices de segurança superiores **face à sua inflamabilidade**, o R 600a suplanta o R 600, acabando por ser hoje, dos dois butanos, aquele que aparece em mais de 90% dos circuitos frigoríficos.

Se o propano, em meados do século passado, era utilizado em instalações de grande envergadura industrial e em sistemas de bomba de calor - vindo apenas a ser substituído pelo advento dos HFCs - **o butano sempre encontrou boa aplicação mas, em pequenos**

circuitos frigoríficos de uso doméstico ou comercial ou pequenos sistemas de climatização ambiente. No entanto, estes são dois ramos muito fortes nas indústrias do frio e ar condicionado mundiais, tendo entretanto com as restrições ambientais sobre os HCFC e HFC voltando o R 600a isobutano a ser um dos fluidos de grande aplicação em equipamentos daqueles setores de atividade.

* * *

Estes apontamentos não esgotam o conjunto de eventuais dificuldades ou obstáculos que o *retrofit* numa instalação para trabalhar com o R 290, Propano ou com os R 600 e R 600a, Butanos, poderá exigir. Cada caso, é um caso, e cada intenção de mudança deverá ser objeto de estudo específico aprofundado, devendo o técnico ter em atenção todas as possibilidades que a experiência já acumulada, na literatura própria de cada equipamento, o seu fabricante disponibiliza.

Creemos, do mesmo modo que, apesar destas limitações de carácter técnico, uma parte muito significativa do futuro das instalações de AVAC&R passa, sem dúvida, pela utilização vulgarizada deste tipo de fluidos.

3.1.4 – SUBSTITUIÇÃO DE FLUIDOS FRIGORIGÉNIOS

Numa instalação preparada para funcionar com um determinado fluido frigorigénico nunca se deve proceder à substituição do fluido por outro diferente, sem obter a prévia concordância do fabricante do grupo compressor.

Como se disse, os fluidos frigorigénicos não têm características iguais e deve-se notar que:

- a) as válvulas, as molas, as passagens, a tubagem, etc., foram especialmente desenhadas e calculadas para um dado tipo de fluido. Se mudar este, a eficiência da instalação virá seguramente alterada;
- b) o efeito frigorífico volumétrico é diferente de fluido para fluido; portanto, a capacidade frigorífica (ou potência frigorífica) virá alterada. A potência eléctrica absorvida ao veio será também diferente em caso de substituição do fluido, pelo que é necessário verificar se o motor eléctrico fica em perigo de sobrecarga ou irá trabalhar afastado do seu regime nominal;
- c) é necessário proceder a uma limpeza total da instalação e utilizar um novo óleo lubrificante apropriado;
- d) numa instalação, o equipamento de controlo e os automatismos foram escolhidos para determinado fluido pelo que o seu funcionamento poderá alterar-se caso se utilizem outros fluidos;

- e) as pressões de funcionamento são diferentes bem como as densidades dos diferentes fluidos, devendo, portanto esperar-se alteração no valor das perdas de carga nas tubagens e singularidades.

3.1.5. MANUSEAMENTO DOS FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS

Os fluidos frigorigéneos devem ser manuseados em locais arejados, tomando-se particular atenção ao grau de toxicidade e à inflamabilidade de cada fluido.

Os fluidos frigorigéneos são transportados e armazenados em cilindros especiais (garrafas), que devem possuir válvula de segurança.

Uma garrafa nunca deve ser totalmente cheia com líquido nem armazenada em locais próximos de fontes de calor. Um aumento de temperatura implica um aumento de pressão, o que pode eventualmente provocar a explosão do reservatório. Assim, nunca se deve tentar encher uma garrafa sem ter a certeza de que está previamente vazia.

Quando se está a encher uma garrafa nunca se deve ultrapassar 80% da sua capacidade.



Figura 8 - Garrafas para fluidos frigorigéneos

O acondicionamento de um fluido deve ser sempre feito no reservatório que lhe é próprio, devendo ter-se conhecimento através da leitura da respectiva chapa de características qual a sua capacidade máxima admissível. A verificação da carga máxima pode ser feita por pesagem da garrafa antes e durante o enchimento.

3.2 ÓLEOS LUBRIFICANTES

SISTEMAS COM FLUIDOS HALOGENADOS

Os fluidos halogenados, sejam do tipo HCFC, do tipo HFC isolados ou suas misturas binárias ou ternárias, são utilizados em temperaturas no evaporador semelhantes às que se verificam nos sistemas a amoníaco (NH₃) ou ainda mais baixas.

Com os novos fluidos HFC's apenas se podem usar óleos do tipo POE. A razão para esta exigência é o facto de as moléculas dos componentes que constituem o óleo do tipo POE não sofrerem ataques a nível da sua polaridade e, como tal, o óleo manter-se íntegro nas suas qualidades lubrificantes em toda a gama de temperaturas, altas e baixas, previstas para o funcionamento dos sistemas.

À medida que a solução de fluido e óleo entra em ebulição no interior do evaporador e os vapores seguem para o compressor, o óleo como não se vaporiza, vai aumentando em quantidade. Ao mesmo tempo, a ebulição, causando violenta agitação à superfície do líquido, provoca a formação de um nevoeiro de gotículas da solução fluido-óleo, o qual fica a pairar por cima do líquido. Como se dá a vaporização do fluido existente nestas gotículas, ficará em suspensão apenas a sua parte oleosa, constituindo-se uma neblina de óleo. A alta velocidade de que vão animados os vapores do fluido frigorígeno provoca o arrastamento desta neblina para a saída do evaporador, levando-a até ao compressor. Em muitos sistemas o óleo atinge uma tal quantidade que pode ocorrer que a mistura que retorna ao compressor sob esta forma de neblina, iguala a quantidade que entra no evaporador com o fluido frigorígeno líquido, podendo este óleo que regressa aos cilindros do compressor ser considerado um suplemento a juntar ao óleo fornecido a partir do cárter por chapinhagem ou pela circulação forçada por bomba. A excelente distribuição de lubrificante proporcionada por esta neblina melhora de modo considerável a lubrificação dos cilindros e admite-se que compense a eventual e possível redução de viscosidade causada pela diluição do óleo no fluido frigorígeno.

CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS

O óleo lubrificante é necessário num sistema frigorífico por três razões:

- ☐ lubrificar,
- ☐ vedar, e
- ☐ remover calor.

A lubrificação pode ser executada de duas maneiras: ou por chapinhagem (caso dos pequenos compressores) ou por circulação forçada (por bombagem do óleo).

Humidade - A humidade é o factor que maiores problemas pode criar ao funcionamento duma instalação frigorífica, seja pela sua contribuição para a formação de resíduos, lamas e ácidos no interior do sistema seja pelos problemas de congelação de “água livre” na válvula expansora, deve pois, um bom óleo, ser tão seco quanto possível.

Um bom óleo deve:

- manter consistência a altas temperaturas;
- manter fluidez a baixas temperaturas;
- não carbonizar;
- não depositar ceras;
- não reagir quimicamente;
- separar-se rapidamente do fluido frigorigénico;
- ser seco;
- ser estável;

Em relação aos óleos devem ser sempre seguidas as instruções do fabricante dos compressores.

Armazenamento - Quando o óleo é armazenado em grandes recipientes, estes devem ficar protegidos da intempérie, pois não sendo totalmente estanques e devido às infiltrações devidas às diferenças de temperatura, os recipientes poderão eventualmente deixar-se penetrar pela humidade.

Os recipientes pequenos, quando abertos, devem imediatamente ser utilizados não sendo conveniente, em caso de não utilização total, que se guarde o restante óleo para utilizar posteriormente na instalação. O óleo de refrigeração nunca deve ser deixado exposto ao ar.

4. RECUPERAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE FLUIDOS

4.1 Fazer Vácuo à Instalação

As operações de vácuo são realizadas com uma máquina de vácuo, numa montagem semelhante à que se representa na figura 9 para que todos os resíduos de fluido ou Humidades sejam retiradas do sistema. O valor de vácuo atingido é medido utilizando um vacuómetro externo, ou, como acontece em muitas das máquinas atualmente em uso, instalado na própria máquina. **Um valor de 0,5 mbar (50 Pa) é geralmente tido como aceitável.** Dependendo do sistema, poderá ser necessário medir o vácuo conseguido, tanto do lado de alta como de baixa pressão, devendo neste caso usar-se vacuómetros ligados à instalação.

Situações em que se exija vácuo extremo obrigarão à utilização de mangueiras e ligações

especialmente preparadas para o efeito que garantam a estanquidade.

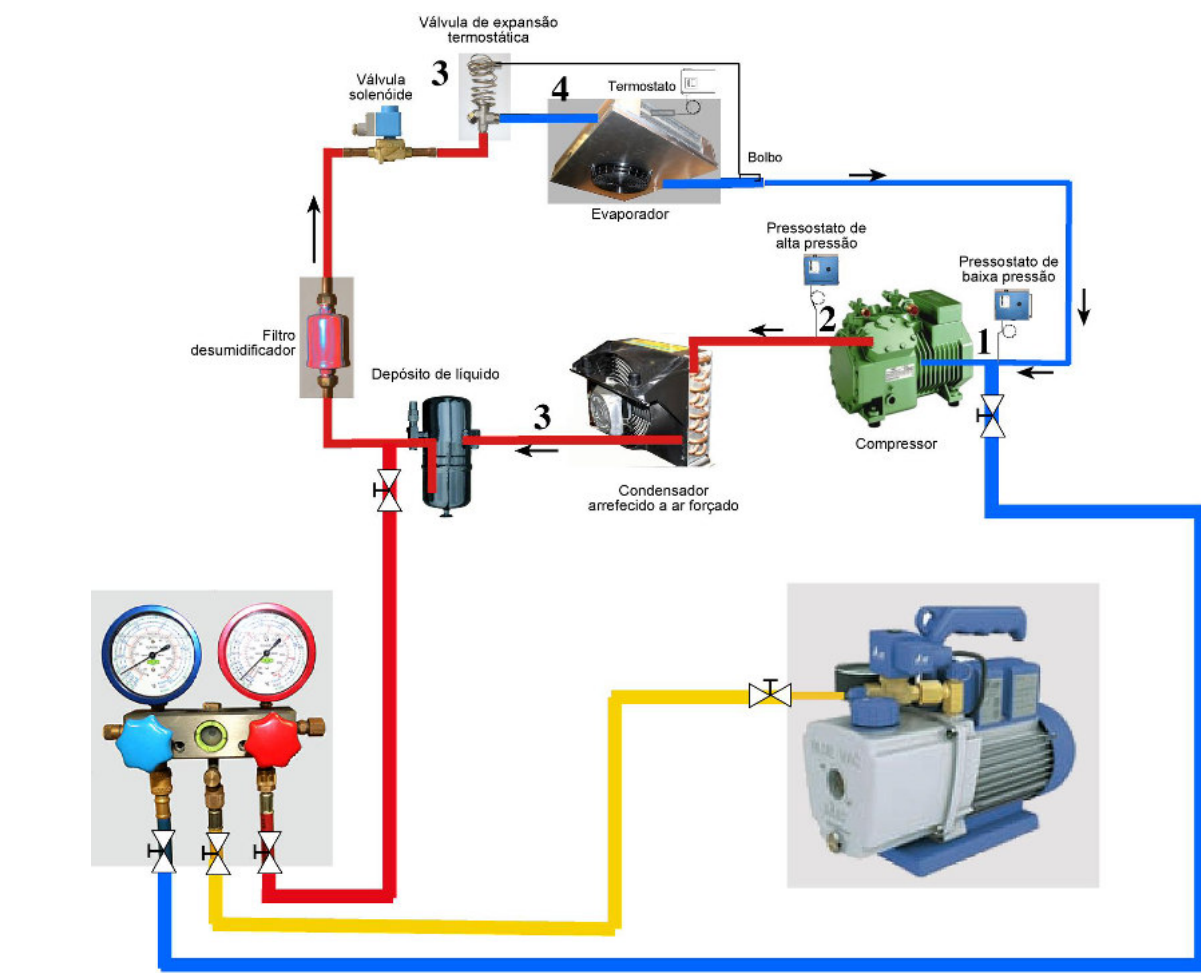


Figura 9 – Montagem usual para fazer vácuo ao sistema

4.1.1 Os resíduos dum sistema frigorífico

Tendo em conta os malefícios provocados ao ambiente, pelos resíduos provenientes das instalações frigoríficas, nomeadamente os fluidos frigorígenos e os óleos, alguns dos quais já referidos anteriormente, quando da realização de operações de manutenção, de reparações ou outras intervenções de grande envergadura, todos os componentes dum sistema frigorífico como por exemplo, o fluido frigorígeno, o óleo lubrificante, os fluidos secundários, filtros, filtros secadores, materiais de isolamento, devem ser recuperados (recolhidos), reutilizados e/ou encaminhados para destruição.

4.1.2 Carga de azoto para pressurização, testes de fugas e desidratação

Antes de proceder ao enchimento de um sistema com fluido frigorígeno deve ser efetuada a pressurização com azoto, não só para verificar eventuais fugas do sistema mas também para proceder à sua desidratação, proceder em seguida à operação de vácuo e só depois à carga de fluido frigorígeno.

A entrada de ar ou humidade no sistema deve ser evitada a todo o custo para que não existam problemas futuros com a instalação.

4.1.3. Manuseamento da garrafa de azoto

Especial cuidado se deve ter no manuseamento das garrafas de azoto, a pressão no seu interior poderá chegar aos 200 Bar pelo que se exige **SEMPRE** a utilização de um manoredutor para a sua correta utilização.

Para total segurança a garrafa de azoto deve estar convenientemente peada numa parede ou num transportador devidamente protegido em caso de queda.

A figura A, mostra uma garrafa de azoto com manoredutor montado e descarregado e válvula de saída para a mangueira fechada.

Na figura B, procede-se à abertura lenta da garrafa, geralmente $\frac{1}{4}$ de volta é suficiente.



FIG. A



FIG. B

A figura C, mostra o manómetro de pressão da garrafa a marcar cerca de 100 Bar, actuando lentamente na válvula do manoredutor, marcamos a pressão (relativa ou manométrica) no manómetro de saída (no caso da figura, uma pequena pressão de 2 Bar).

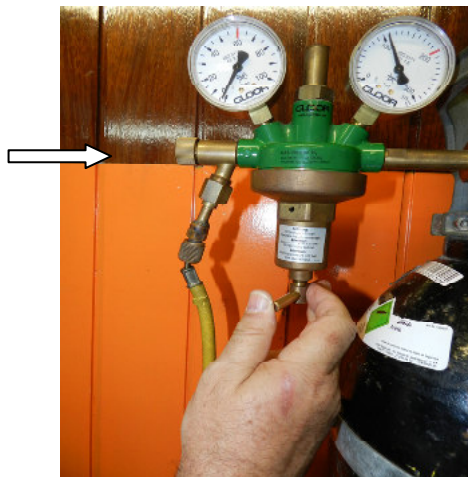


FIG. C



FIG. D

Na **figura D**, abre-se a válvula de saída do manoredutor para a mangueira (apropriada para este serviço).

Finalmente na fig E, atua-se na válvula de saída da mangueira, lentamente até atingirmos a pressão desejada no interior da instalação (**no caso da figura F, será de 0,2 Bar**).

Atenção – Manter sempre a instalação desligada (interruptor geral) quando se está a trabalhar com o azoto no sistema.



FIG E



FIG F

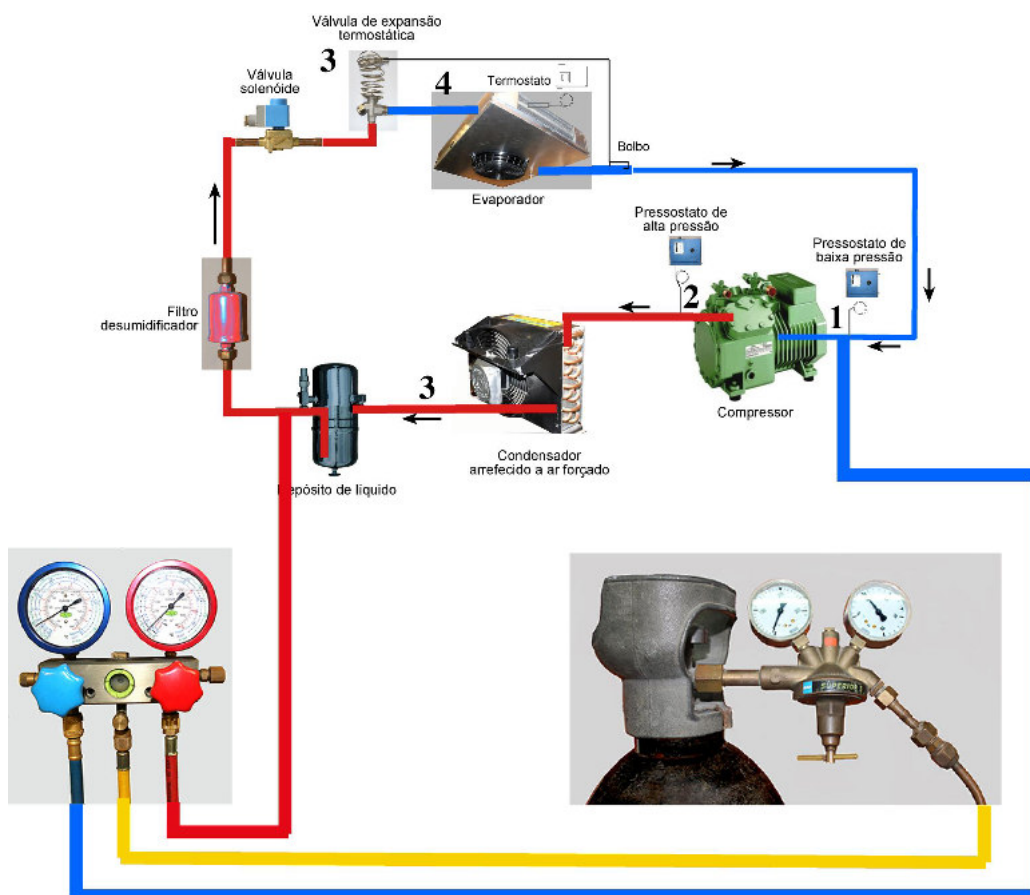


Figura 10 – Montagem usual para pressurizar o sistema com azoto

No final do processo fecham-se as válvulas do sistema e da mangueira de azoto, **fecha-se a válvula da garrafa**, separa-se a mangueira do sistema e purga-se o manodredutor levando os manómetros do mesmo a zero, fechando, por último, as suas válvulas.

A figura seguinte mostra exemplos de máquinas destinadas à recolha e recuperação de fluidos



Fig. 11- Máquinas para Recuperação de Fluidos Frigoríficos, com diferentes possibilidades ao nível da recolha na fase líquida. A máquina ao centro, dispõe de um filtro já instalado à entrada.

4.2 Regras gerais para a recolha de fluido de uma instalação

De uma forma geral estas máquinas exigem uma boa compreensão do seu método de funcionamento, possibilidades e limitações. Só assim estará garantida a sua eficácia, a proteção do ambiente e a boa conservação da própria máquina.

Ao longo das páginas seguintes esquematizam-se diversas formas de utilização das máquinas de recuperação. **As normas de segurança estudadas noutra parte deste manual são fundamentais neste tipo de trabalhos.** No entanto há alguns procedimentos específicos comuns a todos os métodos que devem estar presentes.

Máquinas de recuperação: Existem no mercado vários modelos. É fundamental conhecer as respectivas características e dispor de acesso aos manuais de utilização. **Atenção particular deve ser dada à lista de fluidos que cada máquina pode manusear.** Conhecer bem as funções de cada comando e proceder às rotinas de purga e limpeza, quando existam. Estas máquinas funcionam na posição horizontal.

Filtros: Deve haver sempre um filtro à entrada de cada máquina. Nunca se deve usar o mesmo filtro para fluidos diferentes. A função do filtro é proteger a máquina de recuperação de resíduos que sejam arrastados pelo fluido. Etiquetar sempre os filtros.

Mangueiras: As mangueiras a utilizar devem ser de boa qualidade e dispor de válvulas em ambas as extremidades. As anilhas que garantem a hermeticidade das ligações das mangueiras devem estar em muito bom estado, ou ser substituídas caso

apresentem sinais de desgaste. **Deve sempre fazer-se vácuo às mangueiras antes de cada utilização**, ou recorrendo a uma máquina de vácuo, ou, quando possível à própria máquina de recuperação. Após utilização e dependendo do método utilizado, poderá haver fluido remanescente nas mangueiras, pelo que as válvulas das extremidades deverão ser fechadas e providenciada a adequada recolha desse fluido.

Como regra, utilizar mangueiras tão curtas quanto possível.

Garrafas: Só devem ser utilizadas garrafas **aprovadas para este efeito**. Nunca utilizar garrafas destinadas aos fluidos “virgens”. Dar particular atenção à pressão suportada pelas garrafas e às exigências de alguns fluidos em particular. Usar de uma forma geral garrafas capazes de suportar até 350psi, mas ter por exemplo em atenção que o R410A exige garrafas capazes de suportar 400 psi. Devem ser lidas atentamente a instruções das máquinas e as características dos diversos fluidos.

Nunca exceder 80% da capacidade máxima de líquido da garrafa. O não cumprimento desta regra pode gerar a possibilidade de explosão.

Etiquetar sempre as garrafas utilizadas.

Válvulas: Constituem um ponto crítico, quer no que respeita à sua manutenção em bom estado de funcionamento, quer quanto à forma correta de fazer a recuperação. **O operador deve ter a certeza quanto à situação de “aberta” ou “fechada” em que as válvulas se encontram, e deve manuseá-las devagar, sem forçar os pontos extremos.** Mostra-se adequada a prática de, após abrir completamente uma válvula de rosca, rodar o manípulo um pouco em sentido contrário. Desta forma, qualquer operador perceberá, ao atuar a válvula, que ela está aberta não a forçando inadvertidamente.

Conjunto de manómetros (Manifold):

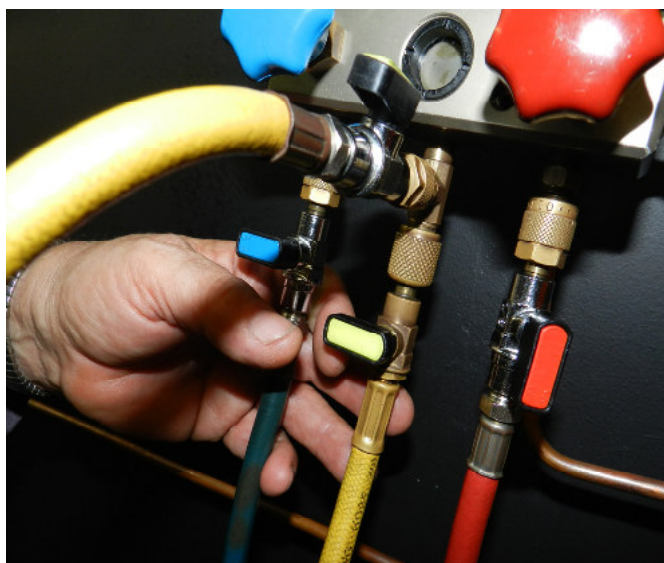


Figura 12

Caso as mangueiras utilizadas só possuam válvula numa das extremidades, ela deverá estar localizada onde melhor responda à sua utilização na operação que se pretenda.

4.3 Métodos para recuperação de fluidos e operações associadas

Segue-se a descrição de diversas metodologias para recuperação de fluidos. Tenha-se em conta que os esquemas apresentados são apenas os mais usuais, não dispensando a leitura dos manuais de utilização de cada máquina.

4.3.1 Montagem com máquina a recuperar fluido na fase de vapor

Os diagramas que se seguem para estas máquinas são obviamente aplicáveis a outras que tenham a possibilidade adicional de recuperar líquido.

Recolha de fluido na fase de vapor

Começaremos pela montagem mais simples (fig. 13). Neste tipo de montagem a máquina recuperadora absorve gás na zona de baixa pressão do circuito e comprime-o para a garrafa, através da válvula azul de gás. O processo é lento, já que implica que todo o líquido da instalação vaporize.

Em princípio o método poderá ser bastante eficaz se for possível isolar a zona de alta pressão do circuito e só se pretender fazer uma pequena intervenção na zona de baixa pressão. Há no entanto um aspecto crítico neste procedimento: Quando os fluorados são **misturas zeotrópicas** (série 400), cujos componentes vaporizam a temperaturas diferentes, terá que haver a garantia de que todo o fluido recolhido – e só este – poderá ser devolvido à instalação. **Caso haja alguma pequena fuga, não será possível reproduzir a constituição inicial do fluido, pelo que será necessário substituí-lo por completo.**

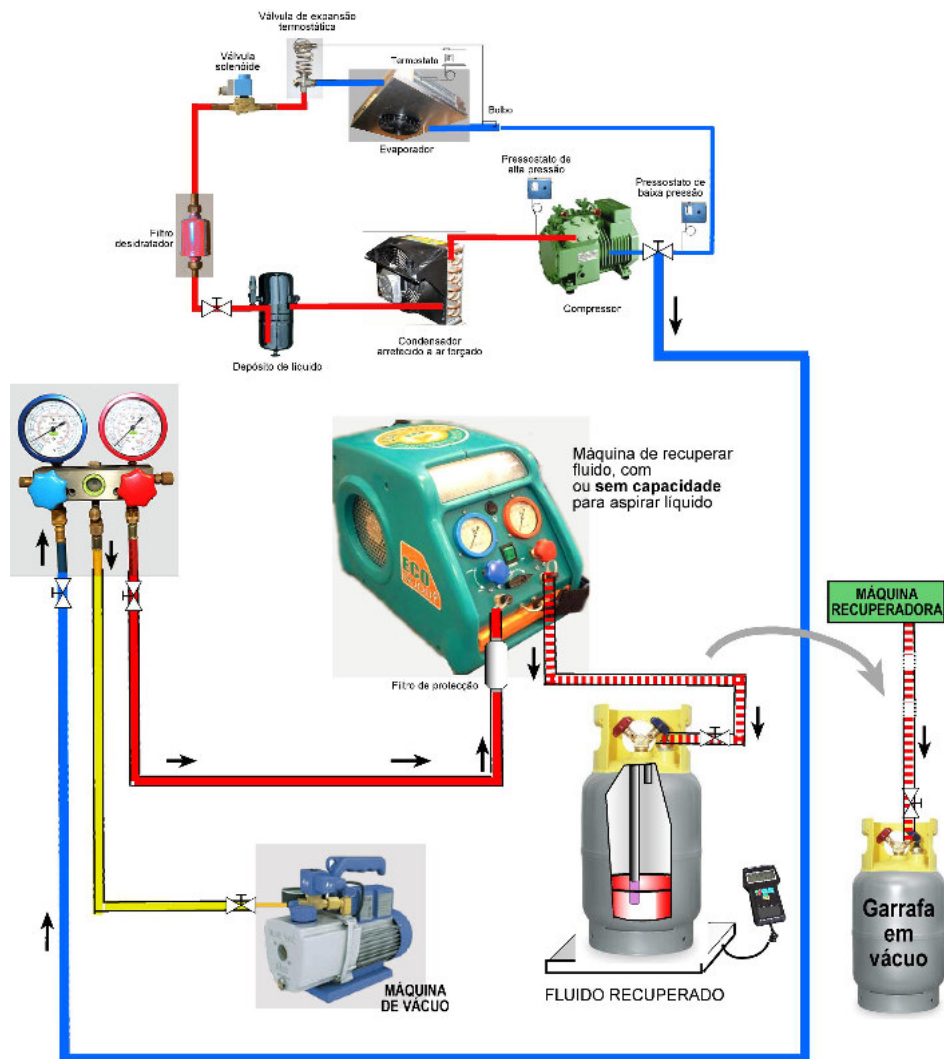
A sequência normal de procedimentos para este método é a seguinte:

Previamente haverá que garantir que todas as válvulas estão fechadas (ligação ao sistema, manifold, mangueiras, máq. Recuperação e garrafa), **que a garrafa está em vácuo e que poderá conter todo o fluido a recuperar.**

1. Ligar ao sistema a mangueira de baixa pressão do manifold (azul);
2. Ligar a mangueira de alta do manifold (vermelha) à porta de baixa pressão da máquina de recuperação;
3. Ligar a porta de alta pressão da máquina à válvula de gás da garrafa (azul);
4. Ligar a mangueira central do manifold (Amarela) à Máq. de vácuo;
5. Abrir todas as válvulas com exceção das válvulas de sistema e da garrafa de recolha;
6. Proceder ao vácuo de mangueiras e Máq. recuperadora (se a Máq. recuperadora não permitir fazer vácuo à mangueira de ligação à garrafa terá de se assegurar o vácuo anteriormente);
7. Parar Máq. vácuo, **fechar Válvula da mangueira amarela de vácuo;**
8. Colocar a garrafa de recolha em cima da balança e verificar o peso (tomar nota);
9. Abrir a válvula da baixa do sistema e arrancar com a Máq, recuperadora cumprindo

as instruções do fabricante;

10. Verificar o peso de fluido recuperado tendo em atenção o limite máximo de enchimento;
11. Quando se atingir o vácuo pretendido, lido no manómetro de baixa pressão da máquina, manter a mesma em funcionamento durante 5 a 7 minutos para garantir a libertação do fluido misturado no óleo e preso no filtro secador;
12. Fechar a válvula de baixa pressão do sistema e efetuar a purga da máq. recuperadora até se atingir o vácuo.
13. Desligar a máquina e fechar a válvula de entrada ;
14. Fechar a válvula (Azul) de recolha da garrafa **e tomar nota do peso de fluido recolhido**
15. Após esta operação haverá algum fluido na mangueira de saída e no circuito de compressão da máquina recuperadora pelo que se deverá fechar a válvula da mangueira que liga à garrafa. Este fluido deve ser recolhido recorrendo a outro método (por exemplo, despejá-la para uma pequena garrafa em vácuo), fechar a válvula de saída da máquina e da garrafa em vácuo e desligar todas as mangueiras do sistema.



Recuperação de fluido na fase de vapor

Atenção ao uso da balança: o líquido contido nas garrafas não poderá ultrapassar 80% da capacidade máxima das garrafas - risco de acidente grave!

Figura 13

4.3.2 Montagem com máquina a recuperar fluido na fase líquida

Os procedimentos que se seguem dizem respeito a máquinas com capacidade para recolher líquido das instalações. Sendo métodos rápidos, exigem no entanto equipamento mais sofisticado.

Um olhar atento ao esquema da figura 14 permite concluir que não é mais que um sistema em tudo semelhante ao de recolha de vapor com a diferença de que, neste caso, se ligou a mangueira de alta pressão do manifold à zona de alta pressão do sistema. Assim, o manifold vai receber líquido e vapor, os quais poderão ser, neste caso, recolhidos pela máquina e enviados para a garrafa.

Em síntese, os procedimentos para a recolha de fluido neste caso são uma versão apenas ligeiramente diferente dos referidos para a recolha em vapor:

- Previamente haverá que garantir que todas as válvulas estão fechadas.

- Ligar ao sistema as mangueiras de alta e baixa pressão do manifold;
- Ligar a mangueira central do manifold à porta de baixa pressão da máquina de recuperação;
- Ligar a porta de alta pressão da máquina à válvula de entrada de gás da garrafa (azul);

Pesar a garrafa já ligada e tomar nota do peso, (no caso de se querer introduzir o fluido de novo no sistema, a garrafa deve já ter mais ou menos 1 Kg de fluido para, posteriormente, facilitar a carga).

- Abrir todas as válvulas, de baixa e alta pressão das mangueiras, do manifold e da máquina recuperadora **(manter fechadas as válvulas do sistema e da garrafa)** e proceder ao vácuo;

Abrir e fechar a válvula de entrada da Máquina recuperadora n vezes, até os seus dois manómetros acusarem vácuo, deixando-a **fechada**.

- Parar a máquina de vácuo, fechando todas as válvulas que lhe dão acesso, e abrir as válvulas do sistema e da garrafa;
- Ligar a máquina de recuperação;
- Abrir lentamente a válvula de entrada da máquina recuperadora não deixando que a pressão de aspiração suba dos 3 Bar, (para proteção do compressor interno) até à posição **OPEN**;
- Verificar na balança o peso de fluido recuperado. Ter em atenção o limite máximo de enchimento;

Deixar a máquina recuperadora a trabalhar, após o vácuo, durante 5 a 7 minutos por forma a garantir que o fluido que se encontrava dissolvido no óleo possa evaporar e que o filtro secador fique isento de fluido;

- Fechar a válvula de baixa pressão da máquina e proceder à purga da mesma não deixando que a pressão de aspiração vá além dos 3 Bar até a máquina estar em vácuo;

Parar a máquina recuperadora, fechar todas as válvulas, sistema, garrafa, mangueiras e máquina R com exceção da válvula de saída da máquina;

Desligar a mangueira (ver se a válvula desta está fechada) da garrafa, ligar a mesma à pequena garrafa em vácuo e abrir as válvulas da mangueira e da garrafa para despejar todo o resíduo que ainda possa existir. Fechar a garrafa de vácuo e a válvula de saída da máquina e desmontar todo o sistema de recolha de fluido.

No caso de querer substituir o óleo:

Não desmontar o sistema, desligar a mangueira da máquina da vácuo certificando-se

que a sua Válvula na extremidade está fechada, e ligue-a à mangueira da garrafa de azoto;

Proceda conforme indicado atrás relativamente ao azoto, alivie a junção entre as duas mangueiras para purgar as mangueiras e o manoredutor do azoto, volte a apertar e abra a válvula da mangueira do vácuo;

Abra a torneira de baixa do manifold, respetivas válvulas da mangueira e do sistema e, de seguida, abra lentamente a válvula da mangueira do azoto até obter a pressão desejada nos manómetros da instalação;

Desapertar o parafuso de enchimento do carter do compressor, aspirar todo o óleo, e raapertar provisoriamente o mesmo parafuso podendo, agora, depois de fechar a garrafa de azoto, desmontar todo o sistema garantindo que no mesmo não houve entrada de ar ou humidade.

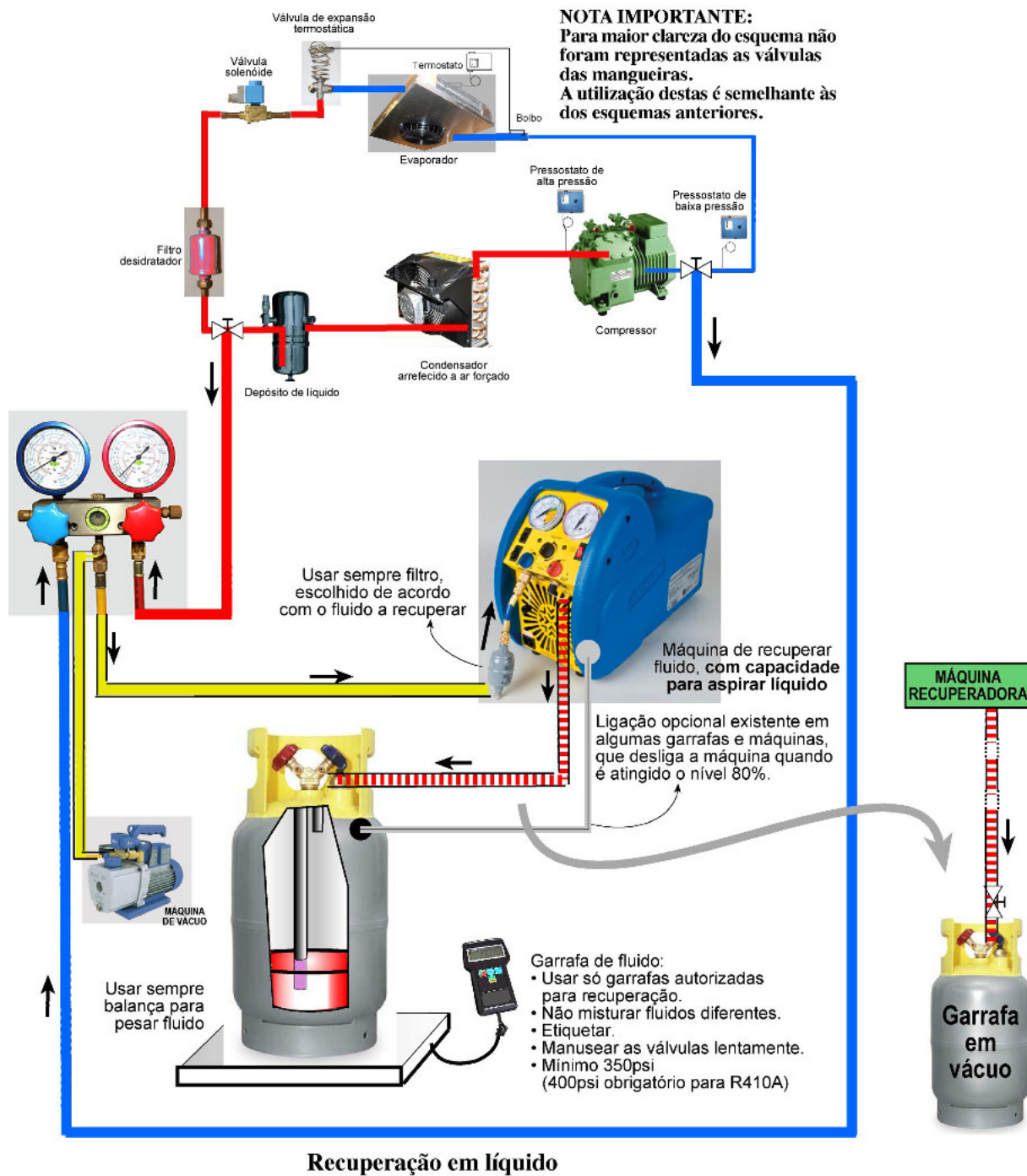


Fig. 14

4.4.3. Carga de fluido

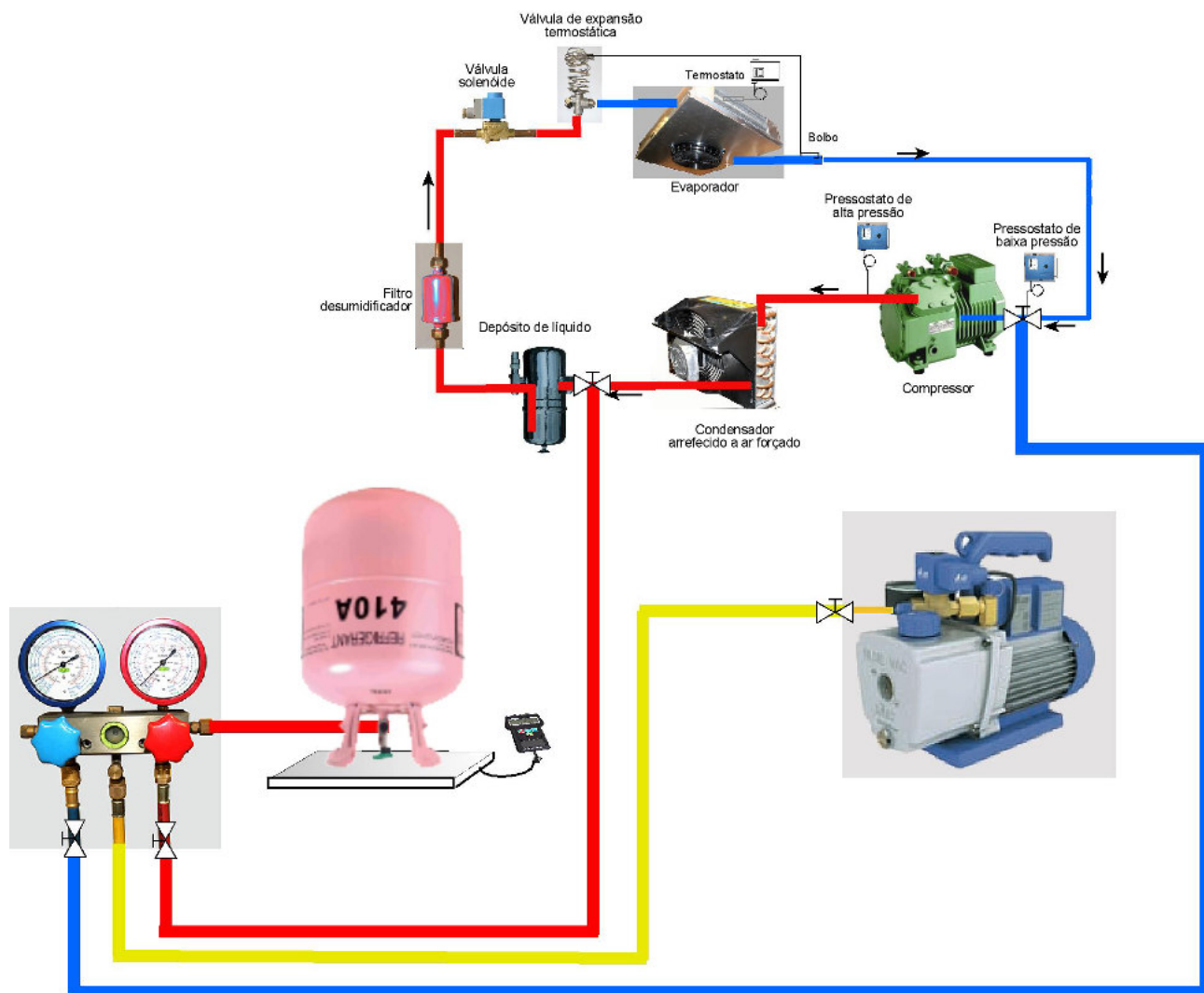
Para proceder à carga de fluido líquido no sistema, se a garrafa não tem tubo de pesca, terá de ser invertida para estarmos certos que não há deslizamento dos componentes do fluido que está a ser carregado (para os fluidos puros não será necessário).

Respeitam-se as ligações da figura 15, após ter sido feito vácuo às mangueiras e à instalação.

a carga deve ser sempre feita pela parte de alta pressão de modo a evitar problemas no compressor da instalação. A sequência de procedimentos deve ser:

Caso a garrafa não tenha tubo de pesca , e no caso de fluidos zeotrópicos (série 400 ou com deslizamento dos seus componentes), terá de se proceder à inversão da garrafa para garantir a carga de fluido no estado líquido;

- Ligação da garrafa ao lado de alta pressão do manifold;
- Montar a cinta de aquecimento da garrafa;
- Ligar a mangueira de alta do manifold ao circuito de alta pressão do sistema;
- Abertura da válvula de líquido da garrafa;
- Abertura das válvulas de alta do manifold e mangueiras;
- Verificar por peso quando faltar cerca de 80 gramas (para comprimento de mangueiras normal) fechar válvulas da garrafa e de entrada no sistema;
- Abrir a válvula de baixa de ligação ao sistema, do manifold e da respetiva mangueira;
- Proceder ao arranque do compressor;
Abrir lentamente a válvula de baixa do manifold para que o fluido das mangueiras seja aspirado pelo compressor (cuidado, com a abertura rápida pode danificar o compressor), verifique no visor do manifold a passagem do fluido líquido;
- Fechar válvula de ligação ao sistema e da respetiva mangueira;
- ligar a mangueira a uma garrafa em vácuo e proceder como nos exemplo anteriores.



Carga de fluido na fase líquida
Figura 15