2

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs–PBH

Guia de Boas Práticas
Características de Sistemas de Refrigeração em Condições Seladas

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs
Projeto para o Setor de Serviços

Presidência da República
Dilma Rousseff

Ministério do Meio Ambiente
Izabella Teixeira

Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Carlos Augusto Klink

Departamento de Mudanças Climáticas
Adriano Santhiago de Oliveira

Gerência de Proteção da Camada de Ozônio
Magna Luduvice

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs–PBH

Guia de Boas Práticas
Características de Sistemas de Refrigeração em Condições Seladas

MMA
Brasília, 2015.

Coordenação
Frank Amorim
Stefanie von Heinemann

Autoria
Rolf Huehren
Gutenberg da Silva Pereira

Revisão Técnica
Pedro de Oliveira Serio

Colaboração
Gabriela Teixeira Rodrigues Lira

Fotografia
Gutenberg da Silva Pereira
Rolf Huehren

Projeto Gráfico, Diagramação e Arte
Agência Duo Design

Revisão Ortográfica
Sete Estrelas Comunicação

Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Departamento de Mudanças Climáticas,
Gerência de Proteção da Camada de Ozônio
SEPN 505, Lote 2, Bloco B,
Ed. Marie Prendi Cruz
CEP: 70.730-542 – Brasília-DF
Telefone: (61) 2028-2248
E-mail: ozonio@mma.gov.br

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
SCN Quadra 1, Bloco C, Sala 1501,
Ed. Brasília Trade Center
CEP: 70.711-902 – Brasília-DF
Telefone: (61) 2101-2170
E-mail: giz-brasilien@giz.de

Catalogação na Fonte
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

B823p Brasil. Ministério do Meio Ambiente.

Programa Brasileiro de eliminação dos HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 2: Características de sistemas de refrigeração em condições seladas / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2015.

64 p. ; Il. Color.

ISBN 978-85-7738-248-4

1. Manual (Refrigeração). 2. Ar condicionado. 3. Camada de ozônio. 4. HCFCs-PBH. 5. Protocolo de Montreal. I. Ministério do Meio Ambiente. II. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. III. Departamento de Mudanças Climáticas. IV. Título.

CDU(2.ed.)621.565

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Brasileiro de eliminação dos HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 2**: Características de sistemas de refrigeração em condições seladas. Brasília: MMA, 2015. 64 p.

REPRODUÇÃO DESTE DOCUMENTO

Este documento pode ser reproduzido na íntegra ou em parte sem consentimento prévio por escrito desde que a parte reproduzida seja atribuída ao Ministério do Meio Ambiente e à Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

ÍNDICE

PREFÁCIO 8

1. NOÇÕES BÁSICAS DE REFRIGERAÇÃO 10

2. FINALIDADE E FUNÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES 13
2.1. Compressor 13
2.2. Condensador 13
2.3. Tanque de líquido 13
2.4. Válvula de expansão 15
2.5. Evaporador 18

3. FINALIDADE E FUNÇÃO DOS DIFERENTES COMPONENTES AUXILIARES 18
3.1. Válvula solenoide 18
3.2. Filtro secador 21
3.3. Filtro Y ("Strainer") com núcleo removível para tubos de fluido frigorífico líquido 24
3.4. Visor de líquido 24
3.5. Acumulador de líquido 26
3.6. Separador de óleo 28
3.7. Redutor de ruído (mufla) de descarga 29
3.8. Válvula de segurança (dispositivo de alívio de pressão) 31
3.9. Válvula de serviço (rotalock) 32
3.10. Válvula de esfera 33
3.11. Válvulas Schrader (para pontos de serviço) 34
3.12. Válvula de serviço com fuso (válvula de retenção) como substituta da válvula Schrader 36

4. FINALIDADE E FUNÇÃO DE DIFERENTES TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO 37
4.1. Tubo de descarga 37
4.2. Tubo de condensação 37
4.3. Tubo de líquido 37
4.4. Tubo de sucção 37
4.5. Tubo de injeção 38
4.6. Tubos de gás quente (tubos de gás frio) 39
4.7. Mangueiras flexíveis/eliminadores de vibração 41
4.8. Amortecedor de vibração 42

5. PREPARAÇÃO DA TUBULAÇÃO 43

6. INSTALAÇÃO DE TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO 44
6.1. Selecionando o material dos tubos de transferência de fluido frigorífico 45
6.2. Conexões de juntas de compressão 48
6.3. Propriedades do tubo de cobre 49

7. ENCAMINHAMENTO E SUPORTE DE TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO 51
7.1. Considerações gerais sobre o encaminhamento de tubos 52
7.2. Encaminhamento subterrâneo de tubos 53

8. BRASAGEM DE TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO 54
8.1. Brasagem com gás inerte (gás protetor) 55
8.2. Seleção de uma liga de brasagem adequada 56

9. ISOLAMENTO DA TUBULAÇÃO 56
9.1. Isolamento térmico 56
9.2. Barreira de umidade 56
9.3. Instalação do isolamento 57

10. SUPORTE E FIXAÇÃO DO TUBO 59

PREFÁCIO

A contenção de fluido frigorífico é uma prioridade para todos que projetam, constroem, usam ou realizam a manutenção de sistemas de refrigeração e ar condicionado. A indústria de refrigeração e ar condicionado (RAC) e, obviamente, os usuários finais estão cada vez mais cientes dos impactos ambientais de tais sistemas:

1. O impacto direto, que ocorre devido ao vazamento de fluidos frigoríficos para a atmosfera. Isso pode provocar a destruição da camada de ozônio e aquecimento global, por meio do efeito estufa;
2. O impacto indireto, proveniente do consumo de energia elétrica pelos sistemas de refrigeração e de ar condicionado, levando a emissões de CO2 que contribuem para o aquecimento global.

Se o fluido frigorífico estiver confinado em um sistema, seu impacto ambiental será desprezível e calculável por meio de suas propriedades termodinâmicas. Se o fluido frigorífico vazar para a atmosfera, escapando por pontos frágeis do circuito de refrigeração ou durante os serviços de manutenção e reparos, sua contribuição para o aquecimento global e destruição da camada de ozônio será significativa. Devido a esse problema, são exigidas melhorias a fim de minimizar os riscos ambientais e os riscos associados ao uso (operação) e manuseio (serviço e manutenção) de instalações e equipamentos RAC:

1. Projetar "sistemas em condições seladas" é uma condição fundamental de projeto e da instalação. Por exemplo, as conexões mecânicas devem ser evitadas, sendo substituídas pelas conexões brasadas;
2. Escolher fluidos frigoríficos com potencial de destruição do ozônio (PDO) igual a zero;
3. Escolher fluidos frigoríficos com baixo impacto para o sistema climático global, ou seja, baixo potencial de aquecimento global (GWP);
4. Selecionar componentes para o circuito de fluido frigorífico, com design e qualidade apropriada, que reduza o potencial de vazamentos;
5. Projetar sistemas de RAC com carga de fluido frigorífico reduzida. Isso é geralmente alcançado com a utilização de tubos de transferência de fluido frigorífico dimensionados com precisão, ou seja, com o menor comprimento possível. Trocadores de calor e tanques de líquidos devem ser otimizados conforme os requisitos do sistema. As distâncias entre a sala de máquina (ex. da unidade condensadora) e o local refrigerado (carga térmica de refrigeração) devem ser reduzidas. O uso de um sistema de refrigeração de transferência de calor indireta pode reduzir a quantidade aplicada de fluido frigorífico. Esse sistema também é conhecido como *"Secondary Loop Systems"*.
6. O projeto do sistema ou de partes dele (por exemplo, compressor, ventiladores e válvulas) deve contemplar a minimização da geração e transmissão de vibrações e seus efeitos, já que isso pode resultar na falha de componentes e em vazamentos;
7. No projeto, deve-se levar em consideração a localização dos componentes e das válvulas do circuito de refrigeração, considerando que esses elementos trabalham com altas pressões, temperaturas e vibrações;
8. Alguns fluidos frigoríficos demandam atenção especial devido às altas pressões de trabalho (por exemplo: R-410A, R-32, R-744);
9. Para fluidos frigoríficos inflamáveis é essencial adotar medidas de segurança específicas no projeto, na instalação, no serviço e na manutenção do sistema (por exemplo: R-290, R-600a, R-32);
10. Deve-se exigir que todos os engenheiros e técnicos responsáveis adotem as boas práticas na refrigeração durante os procedimentos de instalação e manutenção;

Secondary Loop Systems

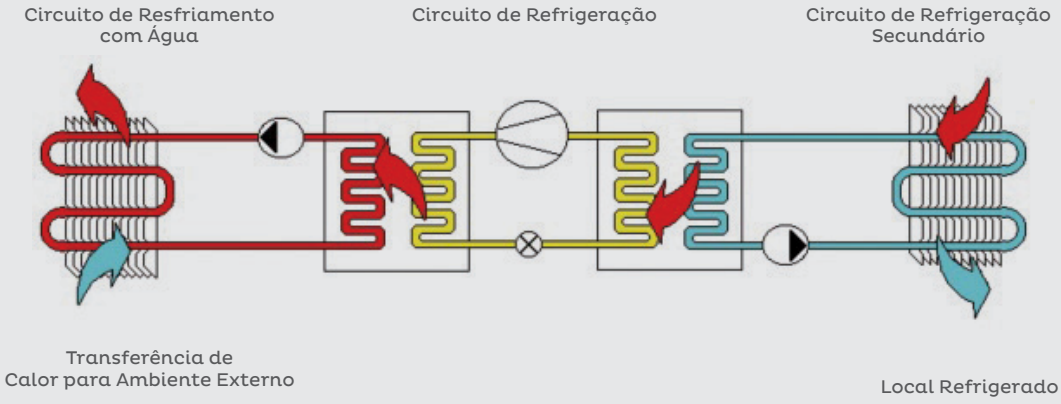


Figura 1: *"Secondary Loop Systems".*

"Secondary Loop Systems" são frequentemente usados na refrigeração industrial e na refrigeração de conforto comercial, e são projetados como um "sistema de transferência com salmoura ou com água gelada". O uso mais comum ocorre quando há um grande número de locais refrigerados distribuídos em um edifício. O sistema de refrigeração fica centralizado em uma sala de máquinas. O sistema de transferência de calor é realizado com o uso de trocadores de calor intermediários, sendo um circuito para o chamado "fluido frigorífico secundário" e outro com água para resfriamento.

11. Deve-se dar especial atenção para a detecção eficiente de vazamentos e para o recolhimento, reciclagem, regeneração e destruição de fluidos frigoríficos inservíveis;
12. A seleção e a precisão nos ajustes dos sistemas de controle, dispositivos de segurança e de monitoramento são fatores cruciais para uma operação energicamente eficiente e segura;
13. Existem diversas normas que oferecem orientação sobre questões relacionadas ao projeto do sistema, funcionalidades de segurança, contenção de fluido frigorífico, limitação de carga, instalação e manutenção (por exemplo: EN 378, ISO 5149, 60335-2-40);
14. Reduzir a necessidade de refrigeração dos sistemas ou equipamentos de RAC, aprimorando as medidas de projeto (por exemplo: isolamento, seleção de componentes, carga otimizada, etc.) e mantendo o sistema dentro das melhores condições operacionais possíveis (por exemplo: uma pressão/temperatura de evaporação mais alta possível e uma pressão/temperatura de condensação mais baixa possível).

Este guia sobre controle de vazamento de fluidos frigoríficos faz parte das ações do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) e tem como objetivo aumentar a conscientização sobre a importância de sua redução. Este guia visa responder as seguintes questões: Qual a natureza dos vazamentos de fluido frigorífico? Que problemas podem causar? O que pode ser feito, por meio das boas práticas na refrigeração e nos projetos de engenharia, para reduzir ou eliminar a probabilidade de sua ocorrência? Como mensurar os vazamentos?

1. NOÇÕES BÁSICAS DE REFRIGERAÇÃO

A refrigeração usa um ciclo termodinâmico, também conhecido como ciclo de compressão de vapor, onde o fluido frigorífico realiza a transferência de calor como fluido de operação. O fluido absorve o calor rejeitado do local a ser resfriado (por exemplo: ar, água, salmoura, comida) e cria o efeito de refrigeração. Mais adiante no processo, o calor admitido é rejeitado ao se utilizar de uma fonte de resfriamento, que é geralmente o ar ou a água. O fluido frigorífico passa por mudanças de estado de líquido para vapor e de vapor para líquido, através de sua circulação pelo sistema. O fluido frigorífico líquido absorve o calor no evaporador do sistema e, ao fazê-lo, evapora. O vapor de fluido frigorífico é, então, comprimido pelo compressor do sistema (aumentando a pressão e a temperatura), transferido para o condensador, onde o calor anteriormente absorvido é rejeitado, e, ao fazê-lo, o fluido é liquefeito novamente.

A pressão dentro do circuito de fluido frigorífico é determinada e depende dos seguintes fatores:

1. Da capacidade de bombeamento do compressor (volume deslocado);
2. Do tamanho da superfície dos trocadores de calor do evaporador e condensador;
3. Das temperaturas e da vazão de resfriamento (no condensador) e do local refrigerado (no evaporador).

Trabalhando dentro do trocador de calor (condensador ou evaporador), o fluido frigorífico está disponível como mistura equacionada de líquido e vapor, tendo uma relação de pressão e temperatura definida, que também é descrita como propriedade de saturação (consultar Figura 2).

Consequentemente, para a seleção do tipo de fluido frigorífico a ser usado, a relação de pressão/temperatura de saturação é um fator importante. Geralmente, um fluido frigorífico é selecionado de forma que realize pressões dentro de limites mínimo/máximo especificados, necessários para temperaturas de evaporação e de condensação controladas.

Seguindo isso:

1. A pressão dentro do evaporador não deve atingir valores abaixo da pressão atmosférica em condições de operação normais;
2. A pressão de condensação deve ser geralmente limitada a cerca de 25 bar/manométrica (363 PSI).

Contudo, fluidos frigoríficos, como HFC (R-410A e R-32), que trabalham com pressões cerca de 30% maiores, levam a exigência de maior resistência, de confiabilidade e de precauções de segurança para os sistemas de RAC pelos profissionais de serviço e manutenção.

Outra questão importante sobre o fluido frigorífico a ser selecionado é o desempenho de transferência de calor latente específico (latente vem da palavra em Latim latere, que significa “estar oculto”). Um exemplo comum é o valor latente necessário para se modificar o estado físico da matéria, ou seja, a transição de fase, como o derretimento do gelo ou a evaporação da água. Para atingir o mesmo efeito de refrigeração, os fluidos frigoríficos com calor latente maiores requerem um fluxo de massa menor do sistema do que aqueles com um calor latente menor.

Um ciclo de refrigeração de compressão de vapor de uma aplicação de RAC comercial (explicada aqui por meio de exemplos) pode consistir nos componentes listados na Figura 2, com designação dos componentes descritos na Tabela 1.

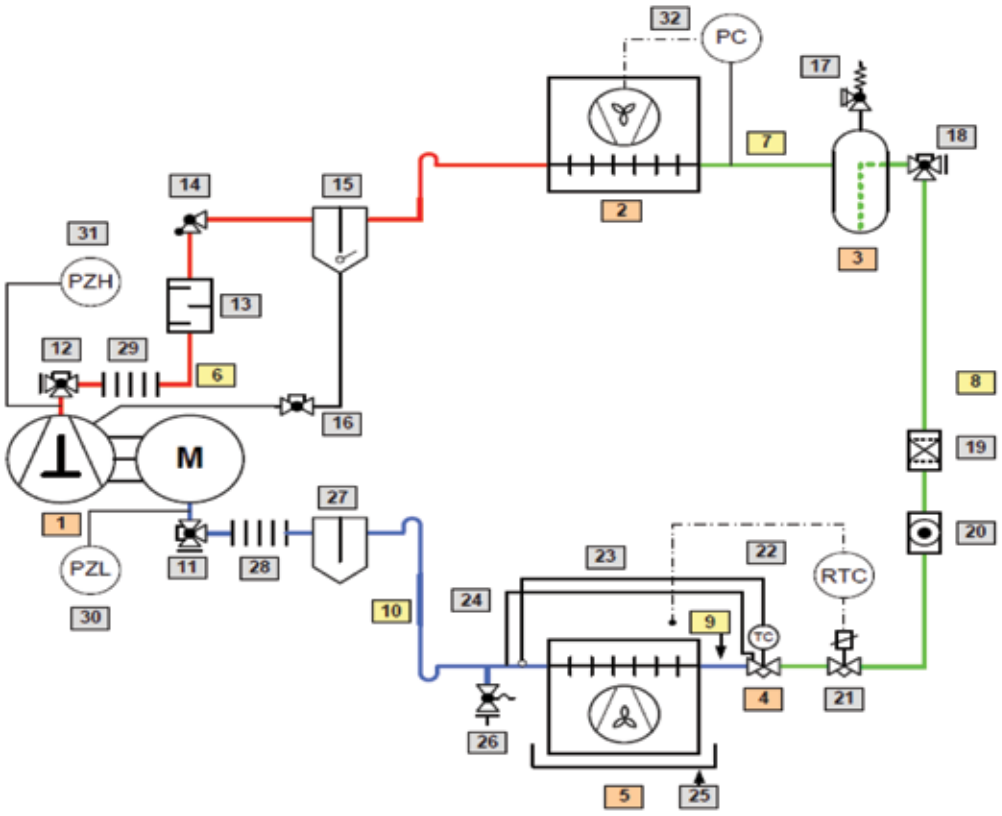


Figura 2: Diagrama de fluxo do fluido frigorífico e componentes do circuito de refrigeração (conforme EN1861).

Tabela 1: Designação dos componentes – Diagrama de fluxo do fluido frigorífico.

1	Compressor semi-hermético	**13**	Redutor de ruído de descarga (mufla)
2	Condensador resfriado a ar	**14**	Válvula de retenção na linha de descarga
3	Tanque de líquido	**15**	Separador de óleo
4	Válvula de expansão termostática VET	**16**	Tubo de retorno de óleo com válvula de bloqueio
5	Evaporador com ar forçado	**17**	Válvula de segurança (dispositivo de alívio de pressão)
6	Tubo de descarga	**18**	Válvula de bloqueio com ponto para serviço (tubo do tanque de líquido)
7	Tubo de condensação	**19**	Filtro secador
8	Tubo de líquidos	**20**	Visor de líquido com indicador de umidade
9	Tubo de injeção	**21**	Válvula solenoide
10	Tubo de sucção	**22**	Controlador de temperatura da sala RTC ("Room Temperature Control")
11	Válvula de bloqueio com ponto para serviço (LP)	**23**	Bulbo de temperatura da VET com tubo capilar
12	Válvula de bloqueio com ponto para serviço (LP)	**24**	Tubo de equalização da pressão externa da VET

25	Bandeja de condensado do evaporador	29	Amortecedor de vibração do tubo de descarga
26	Ponto de acesso para serviço (¼" SAE)	30	Pressostato de baixa pressão
27	Acumulador de líquido (sucção)	31	Pressostato de alta pressão
28	Amortecedor de vibração do tubo de sucção	32	Controle de velocidade do ventilador do condensador

Conforme mostrado na Figura 2, podemos identificar cinco principais componentes de um circuito de fluido frigorífico:

1. Compressor;
2. Condensador;
3. Tanque de líquido;
4. Válvula de expansão;
5. Evaporador.

Os componentes principais de um circuito de fluido frigorífico são interconectados por várias seções de tubulação. Esses tubos podem ser divididos em vários tipos com base nas pressões, temperaturas e condições do fluido frigorífico em circulação:

1. Tubo de descarga;
2. Tubo de condensação;
3. Tubo de líquidos;
4. Tubo de injeção;
5. Tubo de sucção.

Os tubos de transferência de fluido frigorífico de um sistema de refrigeração não apenas transportam o fluido frigorífico, mas também o óleo. Esse óleo serve para lubrificar todas as partes deslizantes e giratórias do compressor e passa através de todo o circuito de refrigeração, junto com o fluido frigorífico.

Os óleos usados com fluidos frigoríficos HC, HFC e HCFC são completamente dissolvidos no fluido líquido nas pressões e temperaturas no lado de alta pressão. O transporte do fluido frigorífico líquido assegura simultaneamente que o óleo seja transportado e não permaneça em nenhuma seção ou componente do sistema.

Os sistemas podem ser divididos em um lado de alta pressão (HP) e outro de baixa pressão (LP), conforme Figura 3. A área entre o compressor e a válvula de expansão é referida como o lado HP. A área entre a válvula de expansão e o compressor, por outro lado, é referida como o lado LP. Os diferentes tipos de tubos de transferência de fluido frigorífico também são apresentados na figura.

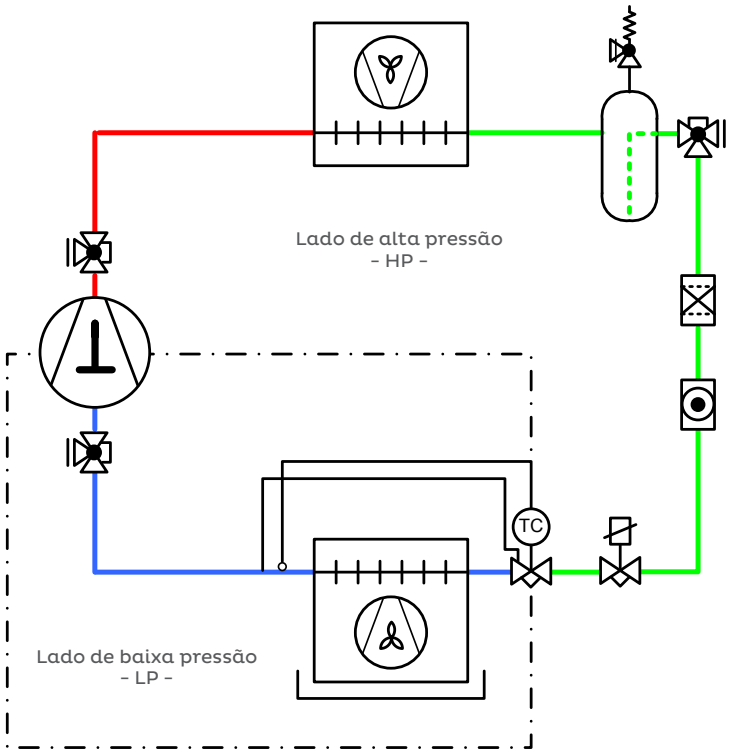


Figura 3: Identificação dos lados de alta pressão e de baixa pressão do circuito de refrigeração.

2. FINALIDADE E FUNÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES

2.1. COMPRESSOR

O compressor é uma bomba de compressão de vapor que usa pistões ou outros métodos para comprimir o fluido frigorífico recebido do evaporador e enviá-lo para o condensador. A compatibilidade entre o fluido frigorífico e o óleo de lubrificação do compressor é crítica para o sucesso de sistemas de RAC.

Comentários sobre a instalação

Para evitar a amplificação de vibrações do compressor, este deve ser montado conforme as recomendações do fabricante. Isso é muito importante principalmente para instalações de múltiplos compressores.

2.2. CONDENSADOR

O condensador é um trocador de calor que remove o calor de um gás quente comprimido e o transfere para um fluido de resfriamento, consequentemente realizando a condensação do fluido frigorífico. O fluido de resfriamento pode ser ar, água ou salmoura.

2.3. TANQUE DE LÍQUIDO

Para sistemas de ar condicionado comerciais ou maiores, a capacidade de refrigeração diminui significativamente se o fluido frigorífico líquido contiver bolhas de vapor antes do dispositivo de expansão. A fim de evitar isso, o fluido frigorífico deve ser sub-resfriado em alguns graus, ou o vapor de fluido frigorífico deve ser separado do fluido frigorífico líquido em um tanque de líquido.

Em plantas de refrigeração com condições variadas de operação, por exemplo, diferentes temperaturas de evaporação e velocidades diferentes do compressor, a carga de fluido frigorífico no evaporador pode mudar consideravelmente em certas circunstâncias. Isto acontece principalmente no caso de válvulas de expansão, com uma curva característica plana, por exemplo, válvulas com MOP, pois neste caso a carga do evaporador depende da válvula.

Qualquer fluido frigorífico no evaporador, que não seja necessário, deve ser armazenado no lado de alta pressão. Essa situação também exige o uso de um tanque de líquido de alta pressão. Os tanques de líquido oferecem um local para se armazenar o fluido frigorífico quando o sistema necessita de um recolhimento para a realização de um serviço.

Quando um tanque de líquido é instalado, o sub-resfriamento só é possível com a instalação de uma superfície adicional de sub-resfriamento no condensador.

Sistemas que usam tubos capilares como dispositivo de expansão não precisam de tanques de líquidos, porque o tipo de dispositivo de expansão não modula o fluxo. Assim, não é necessária uma reserva de fluido frigorífico, porque não haverá um acréscimo na vazão.

Para minimizar a carga de fluido frigorífico em um sistema, os tanques de líquidos não devem ser superdimensionados. O dimensionamento do recipiente deve garantir que este suporte toda a carga do sistema, quando o fluido estiver sendo recolhido, e ainda possua espaço remanescente de 20% para a expansão do fluido frigorífico líquido, caso a temperatura aumente. Se o recolhimento não for necessário, o tanque de líquido pode ser dimensionado com base em um vaso de expansão.

Na prática, os sistemas de refrigeração às vezes contêm uma quantidade de fluido frigorífico muito acima do que é necessário em um tanque de líquido para atender as variadas cargas de refrigeração. Isso pode levar a perda excessiva de fluido frigorífico em caso de vazamento severo. Vazamentos menores podem passar despercebidos até que a carga de fluido frigorífico "reserva" tenha sido dissipada.

Com a instalação do sistema, a equipe de comissionamento deve estar informada sobre a carga exata de fluido frigorífico, para evitar sobrecarregar o sistema. A quantidade da carga deve ser rotulada no sistema, porque é importante para as atividades de serviço e manutenção.

Os tanques de líquidos (Imagens 1 e 2) possuem válvulas de alívio de segurança e/ou plugues fusíveis para liberar o fluido frigorífico em caso de excesso de temperatura/pressão. Alguns tanques de líquido também incorporam um visor de líquido ou válvula de serviço no lado de alta pressão. Sensores de nível de líquido estão disponíveis no mercado. Válvulas no tanque de líquido (entrada e/ou saída) devem possuir conexões para instalação por brasagem.

Imagem 1: Tanque de líquido Vertical.

Imagem 2: Tanque de líquido Horizontal (Fonte: Henry Technologies).

2.4. VÁLVULA DE EXPANSÃO

Após o condensador, o fluido frigorífico líquido com alta pressão e temperatura sub-resfriada é encaminhado para o dispositivo de expansão. Esse dispositivo restringe o fluxo forçando o fluido frigorífico através de um pequeno orifício, o que faz com que a pressão no evaporador caia.

A pressão/temperatura do líquido expandido cai para a pressão/temperatura de saturação do evaporador. Esse processo de expansão resulta na formação de vapor. O fluido frigorífico usado e a capacidade do sistema de RAC determina o tamanho desse dispositivo.

Válvulas de expansão termostáticas (VETs) devem ser projetadas para instalação brasada (Imagens 3 e 4), para minimizar as conexões flangeadas do circuito de fluido frigorífico. É bastante importante estar ciente que a válvula está sujeita a estresse térmico, como contração e expansão devido à sua operação (tornando-se fria quando ela estiver em operação e tornando-se quente quando o sistema de refrigeração está desligado). Existe o risco de que as conexões flangeadas criem folgas e vazamentos.

Imagem 3: Válvula de Expansão Termostática com equalização de pressão interna para conexão brasada.

Imagem 4: Válvula de Expansão Termostática com equalização de pressão externa para conexão brasada.

INSTALAÇÃO DA VÁLVULA DE EXPANSÃO TERMOSTÁTICA

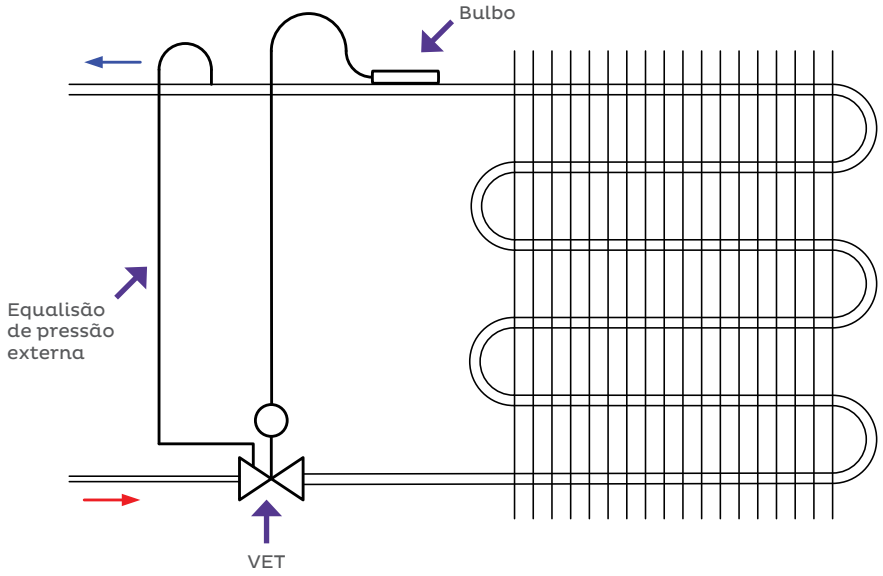
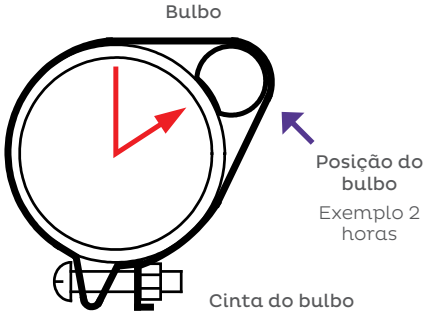


Figura 4: Diagrama de instalação da VET principal.

As instruções do fabricante para a instalação da válvula de expansão termostática devem ser seguidas! A Figura 4 indica a posição de instalação de uma VET com equalização de pressão externa.

A válvula de expansão deve ser instalada na linha de líquido na entrada do evaporador, com seu bulbo preso à linha de sucção, o mais perto possível do evaporador. Se houver equalização da pressão externa, a linha de equalização deve ser conectada à linha de sucção imediatamente após o bulbo, na direção do fluxo. Conforme a regra do polegar, o local de instalação do bulbo deve ter uma secção de fluxo reta com cerca de "10x o diâmetro do tubo". O bulbo não deve ser nunca instalado nas partes verticais da linha de sucção.

A melhor posição de montagem do bulbo é em um tubo de sucção de linha reta horizontal (não deve ser montado em superfícies de conexões ou juntas) e em uma posição entre 2 e 4 horas (ver Figura 5). O local depende do diâmetro externo do tubo de sucção. O bulbo nunca deve ser colocado na parte inferior da linha de sucção devido à possibilidade de haver óleo na parte inferior do tubo, resultando em sinais equivocados.



Posição do bulbo de acordo com a dimensão do tubo de sucção:

- 10:00 ou 14:00 horas em ponto para tubos com diâmetros até 22 mm (7/8");
- 16:00 ou 20:00 horas em ponto para tubos com diâmetros maiores que 22 mm (7/8").

Figura 5: Exemplo da posição do bulbo em uma linha de sucção com diâmetro de 18 mm (3/4").

Mais dicas sobre a instalação da válvula de expansão:

- O bulbo deve ser preso ao tubo com o uso de uma cinta metálica. A função principal dessa cinta é manter a transferência de calor do tubo de sucção para o bulbo da VET. Não é permitido o uso de uma braçadeira (usadas para cabos) para a instalação do bulbo.
- O bulbo é sensível a temperatura do vapor de sucção superaquecido, e, por causa disso, o local de instalação do bulbo deve ser isolado. Isso é especialmente importante se houver uma ampla diferença de temperatura entre o tubo de sucção e o ambiente ao redor.
- O bulbo não deve ser instalado depois de um trocador de calor interno, porque nessa posição fornecerá um sinal equivocado à VET.
- O bulbo não deve ser instalado perto de componentes com grande massa (válvulas de bloqueio, válvulas solenoides), já que isso enviará um sinal equivocado para a VET.
- Como mencionado anteriormente, o bulbo não deve ser instalado em linhas de sucção verticais. Também não deve ser instalado no coletor de um evaporador ou em um tubo de subida depois do sifão de óleo.

A equalização de pressão não deve ser conectada na parte inferior da linha de sucção (ver Figura 6 e comparar com a Figura 4). Tubos capilares ou espirais posicionadas verticalmente não devem ser usados para evitar que a linha de equalização de pressão entupa (lubrificante).

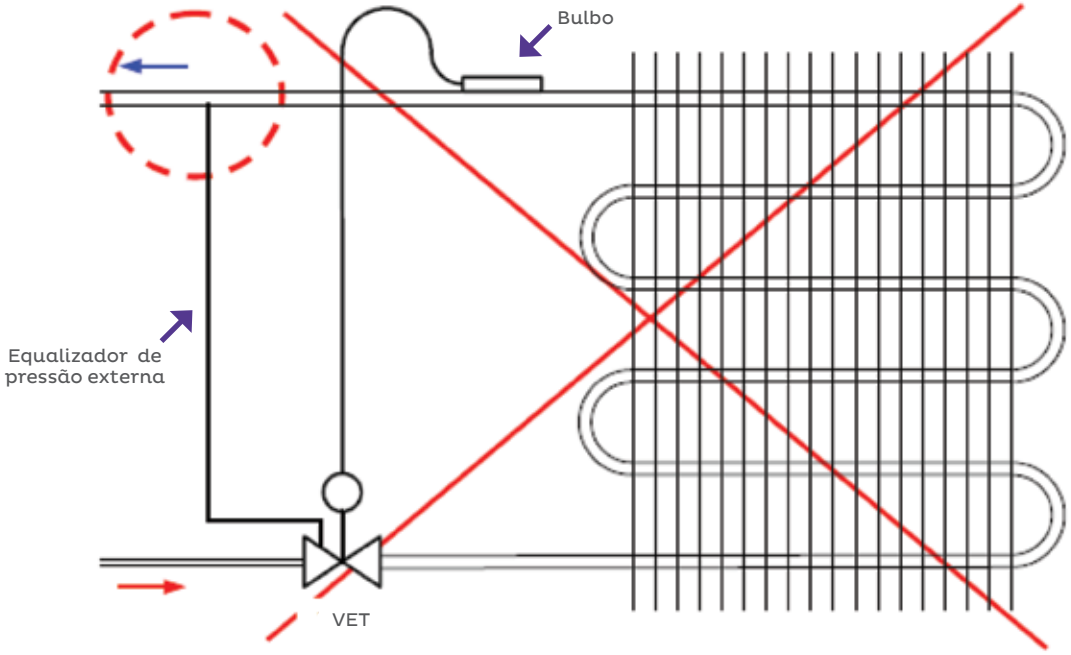


Figura 6: Conexão falsa da linha de equalização de pressão.

A brasagem de uma válvula de expansão termostática no tubo de transferência de fluido frigorífico líquido não necessita, normalmente, que se desmonte o corpo das válvulas (para dimensões menores). Porém, as seguintes medidas devem ser tomadas para evitar o aquecimento da válvula:

- Aplique na junta brasada uma pasta térmica ou pano úmido para proteger a válvula contra o aquecimento, entre a conexão brasada de cobre e o tubo de transferência de fluido frigorífico;
- Primeiro aqueça o tubo de cobre que será brasado na conexão, depois aqueça a conexão e aplique a solda para terminar a junção;
- Sempre mantenha a chama direta longe do corpo da válvula;
- Recomenda-se que uma solda de prata seja usada para realizar a brasagem, já que calor excessivo poderá danificar a válvula de expansão.

Para válvulas com dimensões maiores, após levar a válvula ao tubo, o corpo dela deve ser removido para proteger os anéis de vedação e gaxetas contra o calor aplicado pela brasagem. Já para sistemas recém-instalados, ou para reparos, em geral, sempre que possível, recomenda-se limpar os tubos e válvulas com OFDN (nitrogênio seco e livre de oxigênio).

2.5. EVAPORADOR

O componente, onde acontece a evaporação, é chamado de evaporador e é um trocador de calor, contendo fluido frigorífico em ebulição. O evaporador fica localizado no expositor refrigerado ou no refrigerador, que transfere calor entre o meio resfriado (ar, água ou salmoura) e o fluido frigorífico em ebulição.

Existem dois tipos básicos de evaporador:

1. Evaporador de Expansão Direta (DX), onde o fluido frigorífico fica dentro de serpentinas ou de tubos. O fluido frigorífico entra a partir do dispositivo de expansão como uma mistura de líquido/vapor de baixa pressão. A evaporação do líquido remanescente ocorre, e o fluido frigorífico sai como vapor superaquecido. Dado que o óleo é misturável com o fluido frigorífico, o óleo não deve se acumular nos tubos do evaporador.
2. O Evaporador Inundado é onde o fluido frigorífico está na carcaça e o meio a ser resfriado está nos tubos. Os evaporadores inundados às vezes são usados em chillers. O óleo se deposita na carcaça de evaporadores inundados porque ele não retorna com os vapores de sucção, como acontece com evaporadores DX. Os líquidos e vapores são separados em evaporadores inundados e óleo permanece com o fluido frigorífico líquido. Arranjos alternativos, como, por exemplo, um separador de óleo, devem ser providenciados para retornar o óleo para o compressor.

3. FINALIDADE E FUNÇÃO DOS DIFERENTES COMPONENTES AUXILIARES

3.1. VÁLVULA SOLENOIDE

As válvulas solenoides (Imagens 5 e 6) são usadas em muitos sistemas de refrigeração e ar condicionado. A maioria é instalada na linha de líquido do ciclo de refrigeração, e a partir de um impulso elétrico ela abre ou fecha o fluxo de fluido frigorífico líquido para o dispositivo de expansão (orifício de expansão, VET, tubos capilares).

Certifique-se de que os dados da bobina (tensão e frequência) correspondem à tensão de

alimentação. Caso contrário, a bobina pode queimar. Nunca mexa na bobina quando ela estiver energizada. Se esta não for adequada para o corpo da válvula, isso poderá danificar a bobina. Sempre se certifique de que a válvula e a bobina se correspondam.

Imagem 5: Válvula solenoide para instalação brasada (evitar conexões roscadas).

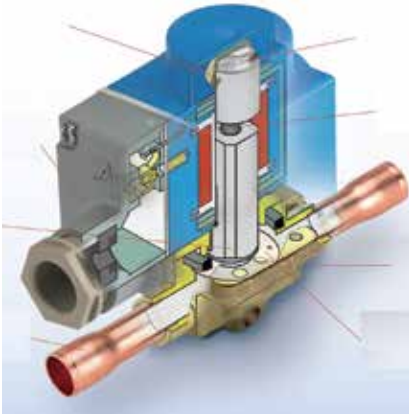


Imagem 6: Vista de corte lateral de uma válvula solenoide.

INSTALAÇÃO DA VÁLVULA SOLENOIDE

Geralmente, uma válvula solenoide opera apenas quando instalada corretamente na direção do fluxo. A direção é normalmente indicada por uma seta no corpo da válvula solenoide. Normalmente, as válvulas solenoides instaladas antes de uma válvula de expansão termostática devem estar próximas à válvula (ver Figura 7).

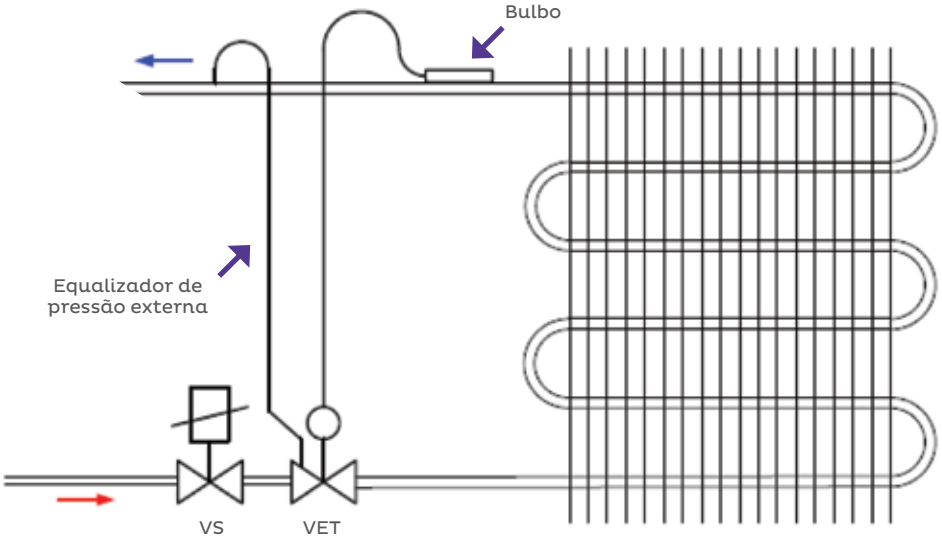


Figura 7: Instalação da válvula solenoide no circuito de refrigeração.

Essa maneira de instalação deve evitar os golpes de líquido, se a válvula solenoide for corretamente dimensionada. A velocidade do fluido frigorífico líquido dentro da tubulação

do sistema deve ser considerada. Uma interrupção rápida do fluxo quando uma válvula é fechada pode produzir pulsos de alta pressão que podem danificar o sistema e potencialmente causar a ativação dos dispositivos de alívio de pressão, ambos resultando em vazamento do fluido frigorífico, que pode atingir a carga total do sistema.

Caso ocorra o golpe de líquido no fechamento da válvula solenoide, isso pode ser remediado montando-se um tubo vertical vedado como uma peça em forma de "T" à frente da válvula solenoide (ver Figura 8).

Em todo caso, deve-se garantir que os tubos ao redor da válvula estejam adequadamente instalados e fixos, de forma que não ocorram fraturas.

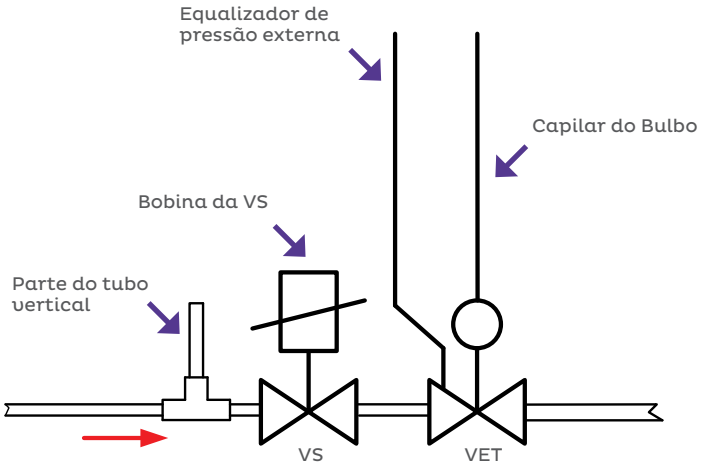


Figura 8: Tubo vertical vedado para evitar "golpes de líquido".

A brasagem de uma válvula solenoide no tubo de transferência de fluido frigorífico não necessita, normalmente, que se desmonte o corpo das válvulas (para dimensões menores). As seguintes medidas devem ser tomadas para evitar o aquecimento da válvula:

- Aplique na junta brasada uma pasta térmica ou um pano úmido para proteger a válvula contra aquecimento, entre a conexão brasada de cobre e o tubo de transferência de fluido frigorífico;
- Primeiro aqueça o tubo de cobre que será brasado na conexão, depois aqueça a conexão e aplique a solda para terminar a junção;
- Sempre mantenha a chama direta longe do corpo da válvula;
- Recomenda-se que seja usada solda de prata para realizar a junção, já que calor excessivo poderá danificar a válvula solenoide.

Para válvulas com dimensões maiores, após levar a válvula ao tubo, o corpo dela deve ser removido para proteger os anéis de vedação e as gaxetas contra o calor aplicado durante a brasagem. Para sistemas recém-instalados, ou para reparos, em geral, sempre que possível, recomenda-se limpar os tubos e válvulas com OFDN.

Ao realizar a limpeza com OFDN, ou para testes de pressão, todas as válvulas solenoides devem ser abertas usando uma ferramenta de abertura que pode ser um ímã permanente, como mostrado na Figura 8, ou abrindo as válvulas manualmente, desde que haja um eixo de operação manual instalado.

Imagem 7: Fixação adequada da válvula solenoide por clipes para tubos corretamente posicionados.

Imagem 8: Ferramenta para abertura de válvula solenoide (ímã permanente) usada para serviços e reparo, e teste de pressão do sistema.

3.2 FILTRO SECADOR

As funções do filtro secador no ciclo de refrigeração são as seguintes:

- Remoção de umidade contida no fluido frigorífico;
- Remoção de ácido contido no fluido frigorífico;
- Filtragem de sujeira e outras impurezas.

Mesmo que se exerça o máximo de cuidado durante a instalação, comissionamento ou reparo, a umidade ainda assim entrará no sistema por meio do ar, fluido frigorífico, óleo e componentes ou peças contendo umidade (por exemplo, mangueiras). Sujeira, em combinação com o fluido frigorífico, umidade e altas temperaturas, estimulam a formação perigosa de ácidos. Ácidos podem resultar em danos ao compressor e ao lubrificante. Além disso, a água promove corrosão catalítica (efeito no revestimento de cobre) dentro do sistema, com destruição prematura do compressor. A sujeira resulta em entupimento do dispositivo de expansão e aumento do desgaste dentro do compressor.

Depois de cada intervenção do circuito de refrigeração, o filtro secador deve ser trocado.

Os filtros secadores são divididos pelos seguintes fatores:

1. Tipo de fluido frigorífico;
2. Bomba de calor (bifluxo) ou RAC (uma única direção);
3. Tipo de conexão: conexões flangeadas ou brasadas;
4. Material do corpo: aço ou cobre;
5. Tipo do corpo: núcleo substituível ou descartável;
6. Construção do núcleo: sólido, granular ou composto;
7. Uso: padrão, remoção de água, remoção de ácido ou remoção de detritos;
8. Capacidade nominal, normalmente em (KW) de refrigeração, ou polegadas cúbicas;
9. Aplicação: linha de líquido ou linha de sucção.

Nota: Para se obter um sistema em condições seladas, os filtros secadores devem ser geralmente brasados no circuito de refrigeração a fim de evitar conexões flangeadas, e, assim, fontes potenciais de vazamentos.

INSTALAÇÃO DO FILTRO SECADOR

A propriedade de absorção de água de um filtro secador depende da temperatura: quanto menor a temperatura, maior é a capacidade de absorção de água do elemento secador. Com relação à secagem do fluido frigorífico, uma instalação no tubo de sucção é o ideal. Neste caso, contudo, a velocidade do fluxo devido ao retorno do óleo é relativamente alta, de forma que filtros secadores de alto volume são necessários para manter a perda de pressão dentro de limites razoáveis. Os filtros secadores devem ser predominantemente instalados nos tubos de líquidos, ou seja, entre o condensador e a válvula de expansão.

Para se conseguir um melhor desempenho, o fluido frigorífico líquido deve fluir através do filtro secador, de cima para baixo. A seta indicada na carcaça deve sempre apontar na direção do fluxo. Quanto menor for a velocidade do fluxo, maior será o tempo de permanência do fluido frigorífico no secador de filtro e o desempenho da remoção de umidade.

Com o sistema em condição aberta, o material do secador irá imediatamente extrair a umidade do ar ambiente e, possivelmente, já estará saturado antes de ser instalado no sistema. Deixe o filtro secador fechado e não remova as tampas de proteção a menos que o sistema de RAC esteja pronto para o comissionamento (último componente para instalação).

É possível brasar um filtro secador nos tubos de transferência de fluido frigorífico com algumas precauções. As seguintes medidas devem ser tomadas para evitar o aquecimento do componente:

- Aplique na junta brasada uma pasta térmica ou um pano úmido para proteger o componente contra aquecimento, entre a conexão brasada de cobre e o tubo de transferência de fluido frigorífico;

- Primeiro aqueça o tubo de cobre que será brasado na conexão, depois aqueça a conexão e aplique a solda para terminar a junção;
- Sempre mantenha a chama direta longe do corpo do filtro secador;
- Recomenda-se que uma solda de prata seja usada para realizar a junção, já que calor excessivo poderá danificar o filtro secador. A imagem 9 mostra um corte lateral de um filtro secador e os elementos disponíveis.

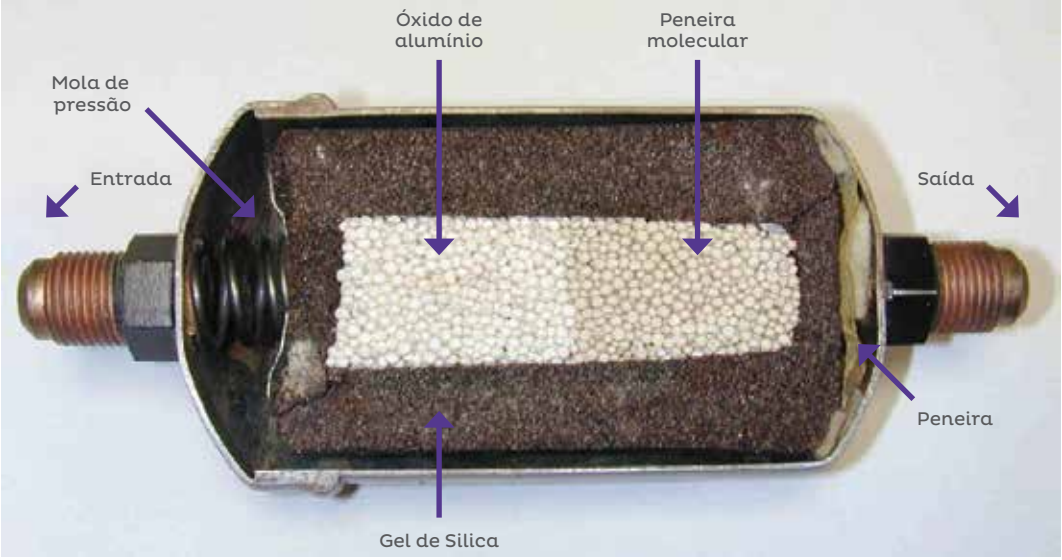


Imagem 9: Design comum de um filtro secador.

Recomendado para uso em sistemas em condições seladas (tipo brasado)

Imagem 10: Filtro secador para sistemas com capilares.

Problemático porque a conexão roscada pode causar vazamentos de fluido frigorífico!

Imagem 11: Filtro secador com conexão roscada.

Problemático porque a flange de corpo parafusado pode causar vazamentos de fluido frigorífico!

Imagem 12: Filtro secador com núcleos substituíveis (com flange e gaxeta).

Recomendável para uso em sistemas em condições seladas

Imagem 13: Filtro secador com conexão brasada.

3.3. FILTRO Y ("STRAINER") COM NÚCLEO REMOVÍVEL PARA TUBOS DE FLUIDO FRIGORÍFICO LÍQUIDO

Os filtros de fluido frigorífico líquido (filtros Y, Imagem 14) com anéis de vedação têm sido usados em conjunto com tubos de fluido frigorífico líquido em muitas aplicações.

Vazamentos de fluido frigorífico têm sido repetidamente reportados com esse tipo de filtro. O uso de "strainers" e filtros Y, por exemplo, na direção do fluxo antes da válvula de expansão (por exemplo: em sistemas de múltiplos evaporadores), é geralmente recomendado, mas é crucial excluir o risco de vazamentos.

Imagem 14: Conjunto do filtro Y ("strainer").

A vantagem deste dispositivo é o núcleo do filtro removível, que permite a limpeza durante os serviços no sistema de RAC.

As seguintes orientações de instalação e serviços devem ser consideradas:

1. A tampa roscada com o anel de vedação e o núcleo do filtro devem ser removidos durante a soldagem do filtro Y;
2. Deve-se usar gás inerte durante a soldagem para evitar escamas;
3. Aplique na junta brasada uma pasta térmica ou um pano úmido para proteger o componente contra aquecimento entre a conexão brasada de cobre e o tubo de transferência de fluido frigorífico;
4. Primeiro aqueça o tubo de cobre que será brasado na conexão, depois aqueça a conexão e aplique solda para terminar a junção;
5. Sempre mantenha a chama direta longe do corpo do filtro;
6. Recomenda-se que uma solda de prata seja usada para realizar a junção, já que calor excessivo poderá danificar o filtro;
7. A tampa roscada deve ser encaixada de lado, de forma que a sujeira permaneça no filtro durante a limpeza do núcleo do filtro e não caia de volta na carcaça;
8. Ao se encaixar a tampa roscada, primeiro coloque o anel de vedação com cuidado sobre as roscas no chanfro da tampa roscada;
9. Encaixe o núcleo do filtro na tampa roscada;
10. Para garantir que os anéis de vedação sejam apenas comprimidos, e não entortados, ao se apertar a tampa, eles devem ser levemente lubrificados durante o encaixe;
11. Prenda o corpo com uma chave inglesa e aperte a tampa roscada com um torquímetro.

3.4. VISOR DE LÍQUIDO

Os dispositivos de expansão, como VET, só funcionam adequadamente se eles receberem o fluido frigorífico somente na fase líquida. Apenas quando o fluido frigorífico for sub-resfriado, não será necessário a instalação de nenhum tanque de líquido.

O uso de um visor de líquido permite que o fluxo de fluido frigorífico seja verificado. É importante que sua instalação seja na linha de líquido imediatamente antes do dispositivo de expansão (e após o filtro secador).
Como o fluido frigorífico é incolor, nenhum fluxo de líquido pode ser visto no visor de líquido se o fluido frigorífico estiver adequadamente sub-res-

friado. Se o sistema de refrigeração for completamente evacuado, também não será visto nenhum fluido frigorífico no visor de líquido. Uma verificação do fluxo de fluido frigorífico também serve para verificar a carga de fluido frigorífico.

Se não houver sub-resfriamento antes da válvula de expansão, ou seja, se o fluido frigorífico contém vapor, isso pode ser identificado pelas bolhas no visor de líquido.

Se o visor de líquido estiver preto por dentro, é um sinal de deterioração do lubrificante devido às temperaturas de operação excessivamente altas.

Nota: Para se obter um sistema em condições seladas, o visor de líquido (sempre que possível) deve ser soldado no circuito de refrigeração a fim de se evitar conexões flangeadas, e, assim, fontes potenciais de vazamentos.

Imagem 15: Corte esquemático do visor de líquido.

Recomendável para se obter um sistema em condições seladas:

Imagem 17: Visor de líquido com indicador e com conexão brasada.

INDICADOR DE UMIDADE

Geralmente, os visores de líquido (ver Figuras 15 a 19) contêm indicadores de umidade. A cor do indicador (por exemplo: passando de verde para amarelo) indica se o teor de umidade do fluido frigorífico está muito alto. A maioria dos fabricantes usa cores diferentes. Se houver uma mudança de cor, o filtro secador está saturado com umidade e precisa ser trocado (provavelmente, serão necessárias atividades adicionais para remover a umidade do sistema). Para os diversos fluidos frigoríficos, devem ser usados indicadores específicos, já que, de outra forma, a mudança de cor não ocorrerá com o teor de umidade definido.

O ponto de mudança de cor no indicador do visor de líquido é determinado pela solubilidade em água do fluido frigorífico. O indicador muda de cor antes que surja o risco de que a água congele na válvula de expansão.

Problemático porque a flange de corpo parafusado pode causar vazamentos de fluido frigorífico!

Imagem 16: Visor de líquido com indicador e com conexão roscada.

Imagem 18: Visor de líquido da linha de mangueira por exemplo, para recolhimento e carga de fluido frigorífico.

Imagem 19: Visor de líquido eletrônico para fins de serviço.

3.5. ACUMULADOR DE LÍQUIDO

A tarefa de um compressor de refrigeração é puxar o vapor de fluido frigorífico do evaporador e comprimi-lo para um estado em que possa ser facilmente condensado para líquido. Dependendo das condições de operação, podem haver situações onde pequenas quantidades de líquido retornam do evaporador para o compressor. A consequência disso são os "golpes de líquido" (porque não é possível comprimir o líquido), o que irá danificar o compressor nos seguintes componentes:

- Válvulas de Sucção e Descarga;
- Pistão e Biela;
- Rolamentos e Gaxetas.

Ao se projetar um sistema de refrigeração, é necessário evitar os "golpes de líquido" do fluido frigorífico contra o compressor (ou seja, a entrada de líquido na válvula de sucção do compressor). Em muitos casos, é importante instalar um acumulador de líquidos dentro da linha de sucção, antes do compressor.

Em plantas compactas, com linhas de sucção curtas, um superaquecimento de sucção muito baixo, por exemplo, abaixo de 7 K, irá resultar em uma perda de pressão do óleo do compressor e uma subsequente diminuição na capacidade do sistema pelo deslocamento de óleo por causa do fluido frigorífico líquido. Quando o fluido frigorífico líquido entra no acumulador, ele entra em contato com uma placa defletora que faz com que qualquer coisa liquefeita desça para o tanque de contenção. Um orifício dentro do tubo de saída do acumulador, como um pequeno furo, por exemplo (ver Figura 20), mantém o retorno de óleo com o vapor de fluido frigorífico.

Os acumuladores da linha de sucção protegem o compressor contra golpes de líquido e seus consequentes danos. O uso de um acumulador de linha de sucção é fortemente recomendado sob as seguintes condições:

- Compressores conectados em paralelo;
- Refrigeração de transporte;
- Sistemas de dois estágios;
- Uso da função de degelo a gás quente;
- Refrigeração de contêiner;
- Evaporadores inundados;
- Operação de ciclo reverso;
- Superaquecimento menor que 7 K.

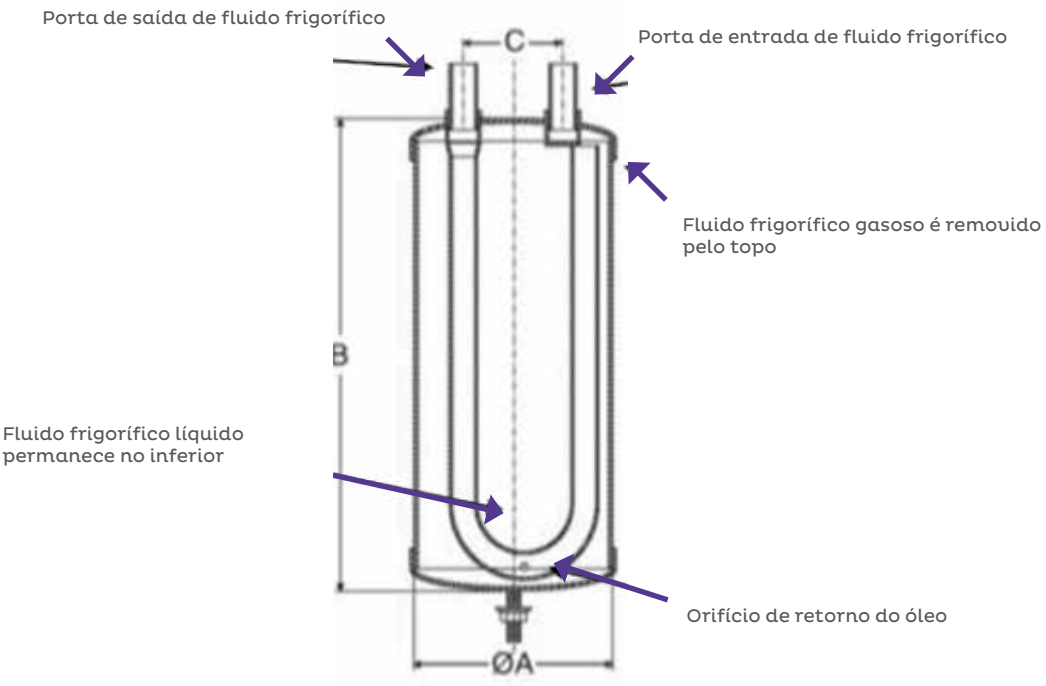


Figura 9: Vista esquemática de um acumulador de líquido.

Imagem 20: Acumulador de líquido (Parker EUA) com conexão brasada.

Imagem 21: Acumulador de líquido com conexão brasada (ESK Schultze, Alemanha).

Nota: Para se obter um sistema em condições seladas, os acumuladores de líquido devem ser geralmente soldados no circuito de fluido frigorífico a fim de evitar conexões flangeadas, e, assim, fontes potenciais de vazamentos.

3.6. SEPARADOR DE ÓLEO

É comum para a maior parte dos compressores que o óleo seja removido e transportado para outras partes do sistema pelo fluxo de fluido frigorífico. Dependendo das condições operacionais, uma falta de lubrificante no cárter do compressor apresentará as seguintes consequências:

- Pressão de óleo muito baixa;
- Retorno de lubrificante insuficiente para dentro do compressor;
- Danos aos rolamentos;
- Danos nos cilindros/pistões;
- Danos no motor.

O fluxo de óleo no evaporador pode afetar a transferência de calor, resultando em perda de eficiência e maior tempo de funcionamento do compressor. Separadores de óleo podem agir como uma função de proteção contra danos ao compressor. Em geral, os separadores de óleo são bastante recomendados onde as seguintes aplicações forem consideradas e/ou existam funcionalidades específicas do sistema:

- Temperatura de evaporação abaixo de -10° C;
- Controle de capacidade do sistema;
- Sistemas de compressor em paralelo;
- Sistemas inundados;
- Grande diferença de altitude entre o compressor e o evaporador;
- Em ultracongeladores "Blast freezer";
- Sistemas duplo estágios;
- Sistemas em cascata;
- Sistemas "booster";
- Sistemas com baixa velocidade do gás de sucção.

O separador de óleo remove com eficácia o óleo do gás de descarga do compressor e retorna o óleo para o cárter do compressor através de uma válvula boia de alta precisão, ou para um sistema de controle de óleo. A eficiência da recuperação do óleo depende da redução da velocidade do gás no próprio separador. Dado que o separador de óleo seja corretamente dimensionado e aplicado, isso estará entre 97% e 99%.

O tamanho da conexão do separador de óleo nunca deve ser menor que o tamanho do tubo de descarga, que foi selecionado de acordo com as regras técnicas das boas práticas de refrigeração.

Antes da instalação do separador de óleo no sistema, a quantidade correta da primeira carga de óleo (óleo de refrigeração selecionado para o compressor) deve ser adicionada pela conexão de "ENTRADA" no separador de óleo.

Os separadores de óleo são obrigatórios em sistemas de amônia.

Nota: Para se obter um sistema em condições seladas, os separadores de óleo devem ser geralmente soldados no circuito de fluido frigorífico a fim de se evitar conexões flangeadas, e, assim, fontes potenciais de vazamentos.

Imagem 22: Exemplos de separadores de óleo todos com conexões brasadas (Fonte: ESK Schultze Co.).

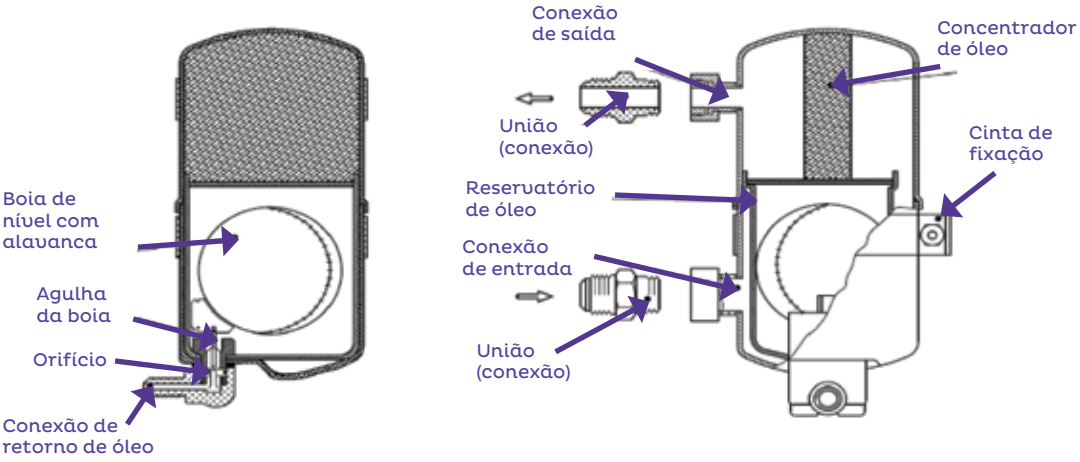


Imagem 23: Corte lateral de um separador de óleo com a descrição dos componentes.

3.7. REDUTOR DE RUÍDO (MUFLA) DE DESCARGA

O propósito da mufla é reduzir ruído e algumas vibrações (mas não substitui a função de um amortecedor de vibração) devido às pulsações de gás, permitindo que o gás expanda nas câmaras do redutor, suavizando o fluxo. Os redutores de ruído possuem placas internas projetadas para uma queda de pressão mínima. Essas placas alteram a velocidade dos gases de descarga passando através do redutor de ruído. Selecione um redutor de ruído com um tamanho de conexão que corresponda ou exceda o tamanho da linha de descarga. Não há classificação de capacidade para os redutores de ruído, já que o redutor irá diminuir a pulsação da descarga independente do fluxo.

Os redutores de ruído com conexões ajustáveis permitem montagem vertical, horizontal ou em ângulo, quando instalados adequadamente. Instale o redutor de ruído na descarga o mais perto possível do compressor, para reduzir ruídos na linha de descarga.

Um eliminador de vibração deve ser instalado entre a válvula de descarga do compressor e o redutor de ruído para evitar a transmissão de vibrações para a linha. Um suporte deve ser instalado entre o eliminador de vibração e o redutor de ruído. Esse suporte deve ser largo o suficiente para não agir como ponto de pivô e transmitir a carga de vibração. Se não houver suporte instalado, a linha de pressão pode entrar em vibração devido ao peso do redutor de ruído.

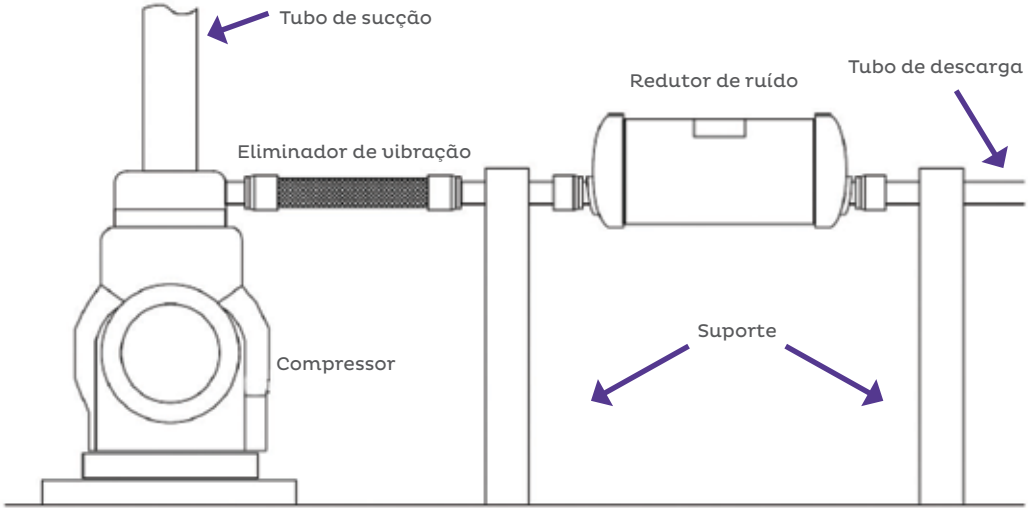


Imagem 24: Exemplo de instalação do redutor de ruído na linha de descarga.

Imagem 25: Exemplos de redutores de ruído de descarga de fluido frigorífico todos com conexão brasada (Fonte: ESK Schultze Co.).

3.8. VÁLVULA DE SEGURANÇA (DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO)

Existem três tipos mais comuns de dispositivos de alívio de pressão normalmente usados:

- O plugue fusível;
- O disco de ruptura ou explosão;
- A válvula de alívio de pressão.

O plugue fusível contém um elemento fusível que derrete a uma temperatura pré-determinada, correspondente à pressão de saturação segura do fluido frigorífico. O elemento de ruptura ou explosão contém um disco (relativamente frágil) projetado para se romper em uma determinada pressão. A válvula de alívio de pressão é uma válvula que permanece fechada ativada por uma pressão de uma mola, ou por outros meios, e projetada para aliviar a pressão automaticamente em um valor pré-determinado.

O dispositivo de alívio de segurança do fluido frigorífico é projetado para evitar que a pressão no recipiente suba acima do limite seguro quando os controles de operação falharem, ou quando o recipiente for exposto a calor excessivo.

Quando um recipiente, contendo fluido frigorífico líquido, está isolado das outras partes do sistema, um aumento de temperatura irá causar um aumento de pressão. Se o recipiente estiver completamente cheio de líquido, um pequeno aumento de temperatura irá causar um aumento rápido e excessivo na pressão, devido à expansão do líquido. Se o recipiente contiver tanto líquido quanto vapor, o que é normal para tanques de líquido de fluido frigorífico, a pressão irá subir conforme as características de saturação de temperatura-pressão do fluido frigorífico. Se a densidade da mistura líquido-vapor no recipiente exceder a densidade crítica do fluido frigorífico, um aumento na temperatura irá causar um aumento na porcentagem de líquido no recipiente até que este esteja completamente cheio de líquido.

Um aumento pequeno na temperatura além desse ponto irá resultar em um aumento rápido e excessivo da pressão. Essa condição pode ocorrer em temperaturas muito abaixo da temperatura crítica do fluido frigorífico, como resultado da exposição do recipiente a calor excessivo, como em caso de incêndio.

Se a pressão subir demais, a ponto de causar ruptura do recipiente, grandes quantidades de fluido frigorífico líquido serão liberadas. Isso causa uma redução súbita na pressão, de forma que o líquido liberado é vaporizado quase que instantaneamente, com resultados explosivos. Com um dispositivo de alívio adequado instalado no recipiente, o fluido frigorífico é liberado a uma taxa controlada, e uma pressão segura é mantida no recipiente.

Imagem 26: Exemplo de válvulas alívio de pressão.

Imagem 27: Exemplo de dispositivo de disco de ruptura ou explosão.

Imagem 28: Exemplo de plugue fusível.

3.9 VÁLVULA DE SERVIÇO (ROTALOCK)

A válvula de serviço (rotalock) isola o compressor (ou o recipiente de pressão) do sistema de refrigeração e fornece acesso aos componentes. A válvula de serviço (rotalock), localizada na saída de fluido frigorífico de um tanque de líquido de fluido frigorífico, permite que o técnico transfira o conteúdo de fluido frigorífico do sistema para o tanque de líquido através da operação do compressor (recolhimento de líquido).

O acabamento das válvulas pode ser feito em níquel, zinco ou bronze, com um revestimento bastante aparente dependendo do fabricante. A maioria das válvulas de serviços são fabricadas com um "ponto de acesso" (uma conexão para conectar um dispositivo de controle ou manômentro) em posição "neutra", permitindo que o ponto de acesso permaneça, permanentemente, aberto para o lado do compressor. Para se obter um sistema de RAC em condições seladas, é crucial sempre recolocar as tampas do ponto de acesso e haste das válvulas após a sua remoção, para fins de serviço.

Na sequência, as imagens de número 29 a 32 fornecem informações sobre a operação e possibilidades de conexão da válvula de serviço (rotalock).

> **Nota:** Aplicação geral de válvulas de serviço (rotalock) na maioria dos equipamentos de ar condicionado do tipo split: com a haste da válvula na posição traseira, a conexão da porta de serviço está ABERTA!

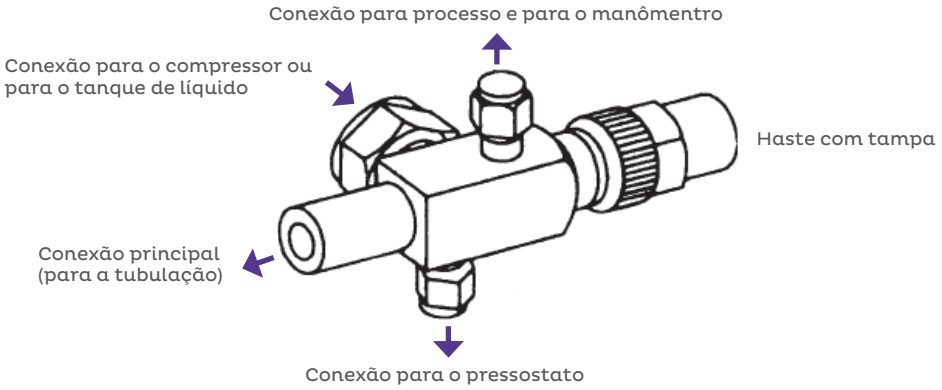


Imagem 29: Design da válvula de serviço (rotalock).

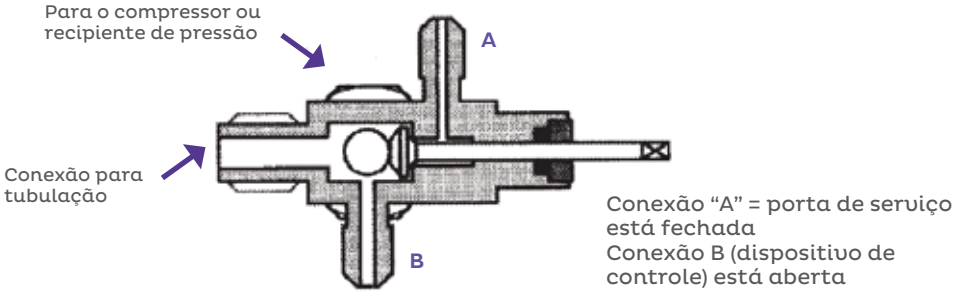
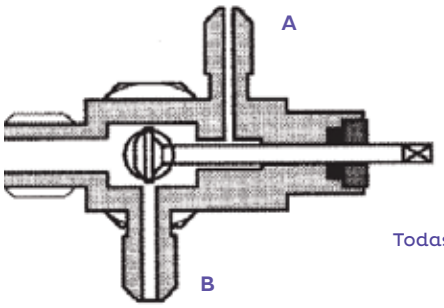
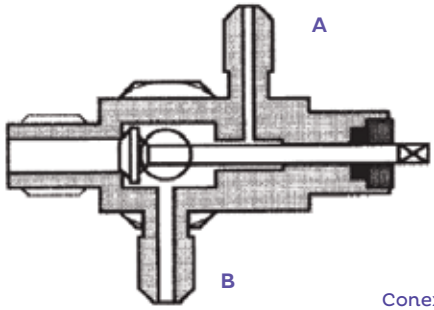


Imagem 30: Posição da haste da válvula de serviço (rotalock) "Assento traseiro".



Todas as conexões estão abertas

Imagem 31: Posição da haste da válvula de serviço (rotalock) "Central".



Conexão principal (para tubulação) fechada. A e B abertas

Imagem 32: Posição da haste da válvula de serviço (rotalock) "Assento frontal".

3.10. VÁLVULA DE ESFERA

As válvulas de esferas são válvulas de bloqueio operadas manualmente, próprias para fluxo bidirecional. Essas válvulas podem ser usadas em tubos de líquidos, de sucção e de descarga em sistemas de refrigeração e ar condicionado.

O importante é que essas válvulas oferecem o máximo de estanqueidade para o assento/vedação. As válvulas de esferas fornecem o máximo de fluxo na posição completamente aberta. Elas são projetadas para operação dentro de um grande intervalo de temperatura. Muitas válvulas de esferas são equipadas com uma única peça, ou seja, uma tampa de vedação que pode ser presa/amarrada à válvula para evitar sua remoção não intencional ou que seja perdida durante os serviços.

É possível soldar uma válvula de esferas nos tubos de transferência de fluido frigorífico, com algumas precauções. As seguintes medidas devem ser tomadas para evitar o aquecimento da válvula:

- Aplique na junta brasada uma pasta térmica ou um pano úmido para proteger o componente contra aquecimento, entre a conexão brasada de cobre e o tubo de transferência de fluido frigorífico;
- Primeiro aqueça o tubo de cobre que será brasado na conexão, depois aqueça a conexão e aplique solda para terminar a junção;
- Sempre mantenha a chama direta longe do corpo da válvula;
- Recomenda-se que uma solda de prata seja usada para fazer a junção, já que calor excessivo irá danificar a válvula de esferas.

Imagem 33: Válvula de esfera com conexão brasada com ponto de acesso para serviço.

Imagem 34: Válvula de esferas com conexão brasada (por exemplo, DANFOSS Tipo GBC).

3.11. VÁLVULAS SCHRADER (PARA PONTOS DE SERVIÇO)

As válvulas Schrader são de uso comum em RAC para conexão do circuito de fluido frigorífico com o manifold de serviço, ou com dispositivos de controle. Para serviços gerais do sistema, elas desempenham um papel importante.

> **Nota:** Uma válvula Schrader (sem a tampa de vedação) não é à prova de vazamento!

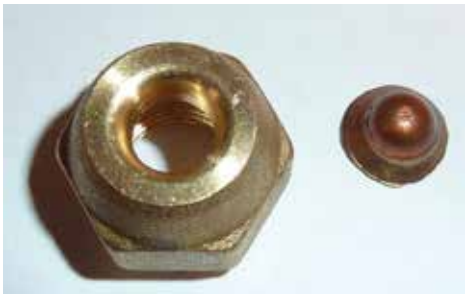
Vários tipos de tampas de vedação são usados na prática:

1. Tampa de vedação serrilhada com elastômero / vedação de borracha;
2. Tampa sextavada com superfície de vedação cônica;
3. Tampa sextavada com vedação de cobre.

Com o tempo, o elastômero/vedação de borracha da tampa de vedação serrilhada perde sua vedação. A vedação de borracha envelhece e se torna porosa, ou é danificada por influências mecânicas e, assim, se torna propícia a vazamentos. Se os componentes do sistema (por exemplo, condensadores, evaporadores, tubos de transferência de fluido frigorífico) possuem válvulas Schrader com tampas de vedação serrilhadas, estas devem ser trocadas por uma porca sextavada com vedação de cobre.

- A face de vedação da vedação de cobre pode não ser molhada com óleo, já que mesmo a menor quantidade de óleo pode selar vedações de cobre por um longo tempo, e esses vazamentos, então, não poderão ser detectados em um teste de vazamento;
- Ao apertar a porca com uma chave inglesa certifique-se de que o corpo da válvula Schrader está seguro e não está com folga.

Imagem 35: Corpo da válvula Schrader com núcleo.



Torque de aperto de 14 a 18 Nm aplicável; use um torquímetro!

Imagem 36: Tampa sextavada com vedação de cobre.

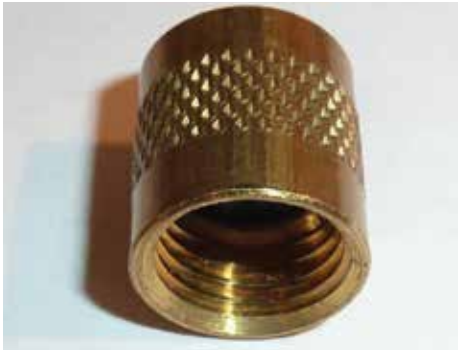


Imagem 37: "Tampa de vedação serrilhada" com vedação de elastômero/borracha – lado esquerdo com chaveta para remoção de núcleo.

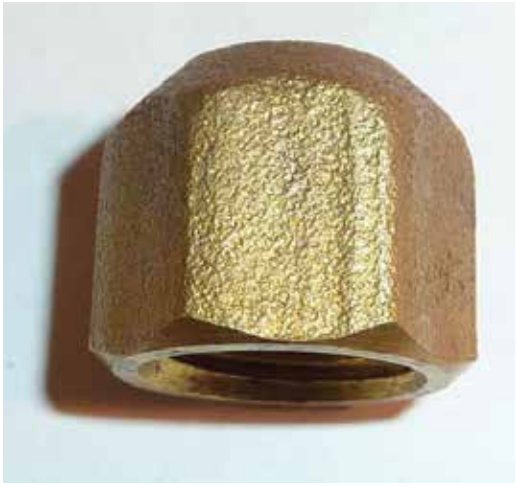


Imagem 38: Tampa sextavada com superfície de vedação de bronze cônica.

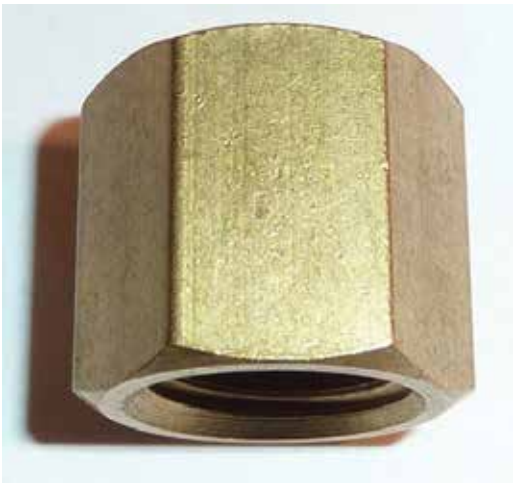


Imagem 39: Tampa sextavada com gaxeta de borracha/elastômero.

3.12. VÁLVULA DE SERVIÇO COM FUSO (VÁLVULA DE RETENÇÃO) COMO SUBSTITUTA DA VÁLVULA SCHRADER

Ao contrário de uma válvula Schrader, uma válvula com fuso operacional é à prova de vazamento mesmo sem uma tampa de vedação. E em combinação com uma tampa de vedação ou uma vedação de cobre, a garantia contra vazamentos de fluido frigorífico é **dobrada**.

Vantagem importante: Essa válvula não possui redução de sua seção transversal/perdas de pressão no núcleo da válvula Schrader. Isso torna a evacuação do sistema (e o recolhimento de fluido frigorífico) mais rápida e confiável.

Deve-se dar preferência, portanto, a uma válvula de fuso ao invés de uma válvula Schrader para uma conexão de serviço, pelos motivos citados acima.

Imagem 40: Válvulas de serviço com conexão brasada de 6 mm e conexão flangeada SAE de ¼".

4. FINALIDADE E FUNÇÃO DE DIFERENTES TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO

4.1. TUBO DE DESCARGA

O tubo de descarga é um tubo de conexão do compressor com o condensador. Em sistemas de refrigeração com recuperação de calor e condensadores montados em série, o tubo de conexão entre os condensadores também é chamado de tubo de descarga.

Funções e impactos:

a. Transporte do compressor para o condensador de vapor de fluido frigorífico condensado e do óleo em circulação;
b. Atenua ou elimina a vibração e o ruído do tubo, causados por pulsações de gases provenientes do processo de compressão;
c. Absorção de altas cargas térmicas;
d. Prevenção de retorno e golpe de óleo e fluido frigorífico líquido para o compressor durante sua parada (ou baixa capacidade).

4.2. TUBO DE CONDENSAÇÃO

O tubo de condensação transporta o fluido frigorífico condensado do condensador para o tanque de líquido e retorna os gases do tanque de líquido para o condensador (em sistema de ciclo reverso).

a. Conforme a regra do polegar, o tamanho da linha de condensação deve ser uma bitola maior que o da linha de líquido;
b. A linha de condensação deve ter um desnível contínuo de cerca de 2 a 4% do condensador para o tanque de líquido.

4.3. TUBO DE LÍQUIDO

O tubo de líquido é um tubo de conexão entre a saída do tanque de líquido e a entrada da válvula de expansão, normalmente uma válvula de expansão termostática.

Funções e impactos:

a. Transporte da mistura de fluido frigorífico líquido-óleo do tanque de líquido para a válvula de expansão;
b. O tubo de líquido deve impedir a formação de "flash gas" na direção ascendente da válvula de expansão;
c. Prevenção da admissão de calor no fluido frigorífico.

4.4. TUBO DE SUCÇÃO

O tubo de sucção é um tubo de conexão entre a saída do evaporador e a conexão de sucção do compressor.

Funções e impactos:

a. Transferir o vapor de fluido frigorífico superaquecido da saída do evaporador para a conexão de sucção do compressor;
b. Retornar o óleo do evaporador para o compressor, mesmo quando o sistema estiver operando em mínima capacidade;
c. Reduzir ou eliminar as vibrações e ruídos do tubo de transferência de fluido frigorífico causados pela operação do compressor;
d. Minimizar a "condensação" no tubo de sucção;
e. Prevenção da admissão de calor no fluido frigorífico.

Os seguintes requisitos devem ser considerados no dimensionamento do tubo de sucção:

- Minimizar a queda de pressão ao longo do tubo de sucção, de forma que o máximo possível de potência do compressor possa ser usada sem perda;

- Garantir uma velocidade de fluxo mínima para o fluido frigorífico, principalmente em tubos verticais (subida), de forma que o retorno do óleo seja garantido.

Ambos os pontos são, de fato, contraditórios: Minimizar a queda de pressão requer um diâmetro do tubo de sucção maior, enquanto que garantir o retorno do óleo requer um diâmetro menor, portanto para atender ambos os critérios são necessários selecionar um diâmetro médio.

Exemplo de perda de capacidade (tubo de sucção e de descarga):

Tabela 3: Perda de capacidade relacionada à queda de pressão.

Perda de pressão	Capacidade de refrigeração
2 K no tubo de sucção	92 %
2 K no tubo de descarga	99 %
Perdas de pressão declaradas em Kelvin (K) dependendo da queda de temperatura de saturação.	

Em relação às velocidades de fluxo do fluido frigorífico, especialmente dentro da linha de sucção, se aplicam os valores empíricos mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Velocidades de fluxo de fluido frigorífico recomendadas.

Linha	Velocidade recomendada para os fluidos frigoríficos
Linha de sucção	5 - 15 m/s
Linha de gás quente	5 - 20 m/s
Linha de líquido	0,3 - 1,2 m/s

A velocidade de fluxo na direção ascendente do fluido frigorífico é limitada pela diferença de pressão e problemas de ruído que poderão ocorrer. Como o óleo é transportado ao longo dos tubos de vapor de sucção e de gás quente de acordo com a velocidade do fluxo, é imperativo que uma velocidade mínima seja mantida. Isso é principalmente importante em operações com carga parcial, no caso de compressores de capacidade regulada ou sistemas paralelos. Um retorno de óleo insuficiente resulta em falha do compressor. As velocidades de fluxo recomendadas na Tabela 4 são valores empíricos nos quais o retorno correto do óleo é garantido.

Para facilitar o retorno do óleo, todas as linhas de fluido frigorífico devem ser inclinadas para baixo, na direção do fluxo.

4.5 TUBO DE INJEÇÃO

O tubo de injeção é a conexão entre a válvula de expansão e a entrada do evaporador.

Funções e impactos:

a. O tubo de injeção transfere o fluido frigorífico expandido da válvula de expansão para a entrada do evaporador;
b. Evitar a admissão de calor no fluido frigorífico durante a transferência;
c. Em aplicações com longas distâncias entre o dispositivo de expansão (VET, capilar,

etc.) e o evaporador, o tubo deve ser isolado. Isto ocorre, por exemplo, em sistemas de ar condicionado do tipo split;

d. Em sistemas com distribuidores de fluido frigorífico, como o injetor venturi, os tubos devem ter comprimentos iguais (não menores que 0,3 m e não maiores que 1 m).

4.6 TUBOS DE GÁS QUENTE (TUBOS DE GÁS FRIO)

Este tubo de transferência de fluido frigorífico é usado apenas em sistemas de refrigeração que utilizam o degelo do evaporador por gás comprimido (quente ou frio). No degelo por gás comprimido (ao contrário do degelo elétrico), o evaporador é aquecido a partir de seu interior para uma temperatura superior a 0 °C. O vapor de fluido frigorífico superaquecido é canalizado para o evaporador para essa finalidade.

O degelo por gás quente ocorre quando o vapor do fluido frigorífico é transferido do tubo de descarga do compressor para o evaporador, portanto esse tubo de descarga é chamado de tubo de "gás quente".

O degelo por gás frio ocorre quando o vapor do fluido frigorífico é transferido do tanque de líquido para o evaporador. Portanto, o tubo que realiza essa transferência é chamado de tubo de "gás frio".

Funções e impactos:

a. Transportar gás quente ou frio para realização do degelo do evaporador;
b. Quando o ciclo de refrigeração é alterado para degelo por gás quente, o evaporador e os tubos sofrem tensões térmicas e mecânicas, o que pode ocasionar falha nos componentes e possível vazamento do fluido frigorífico. Esse problema deve ser evitado e previsto no projeto, na seleção e na instalação adequada dos componentes.

A Figura 10 ilustra um simples layout de um sistema que usa duas válvulas solenoides para mudar o ciclo de refrigeração para degelo. Durante o degelo, o gás quente é desviado para o evaporador para derreter qualquer acúmulo de gelo, e neste caso ocorrerá uma pequena condensação quando o gás quente passar pelo evaporador. Após rejeitar uma pequena parcela de calor através do processo de degelo, o gás resfriado entra novamente no compressor, onde é aquecido a partir do calor de compressão e é enviado novamente ao evaporador, para rejeitar mais calor e derreter mais gelo. Com essa função é possível descongelar evaporadores exaustivamente em um curto período de tempo. Um acumulador é usado para proteger o compressor contra pequenas quantidades de fluido frigorífico líquido. Este simples exemplo de um sistema de descongelamento por gás quente funciona, mas não se aplica a todas as situações.

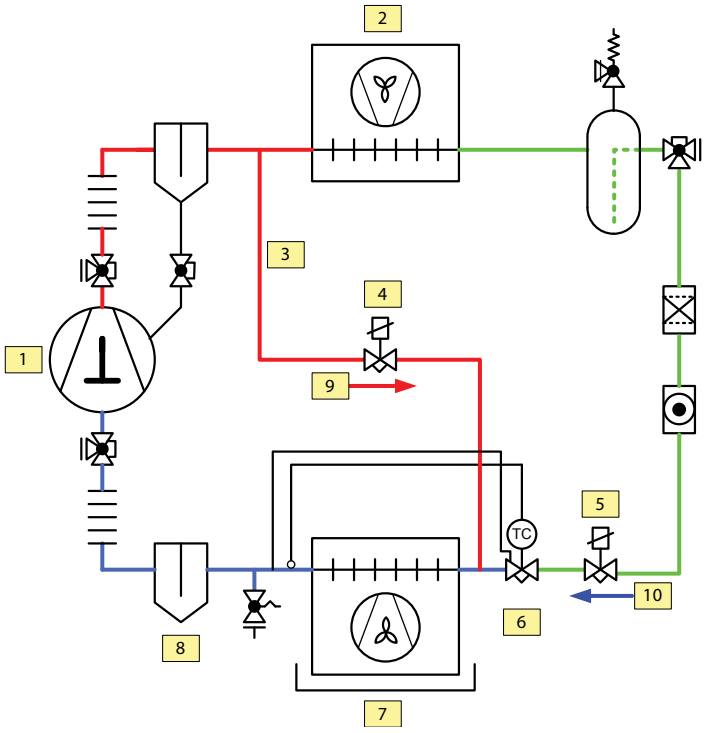


Figura 10: Circuito de refrigeração com sistema de degelo por gás quente.

Tabela 5: Descrição de componentes (sistema de degelo por gás quente).

1	Compressor	**6**	Válvula de expansão termostática
2	Condensador	**7**	Evaporador
3	Tubo de transferência de fluido frigorífico para gás quente	**8**	Acumulador de líquido
4	Válvula solenoide para gás quente	**9**	Direção do fluxo do ciclo de degelo por gás quente
5	Válvula solenoide do ciclo de refrigeração	**10**	Direção do fluxo do ciclo de refrigeração

4.7 MANGUEIRAS FLEXÍVEIS/ ELIMINADORES DE VIBRAÇÃO

Em alguns sistemas ou eletrodomésticos de RAC, o tubo de fluido frigorífico deve ser flexível, para, por exemplo, permitir conexões com dispositivos de controle e manômetros. A tubulação normalmente possui um diâmetro pequeno, por exemplo, diâmetros externos (OD) de 6 mm (1/4") a 15 mm (5/8") são os tamanhos mais comuns. Onde for possível, a tubulação de cobre deve ter conexões brasadas. Como alternativa, devem ser usadas mangueiras metálicas flexíveis ou mangueiras capilares de nylon. O padrão industrial é a instalação de mangueiras capilares de nylon para interligar dispositivos de controle ou manômetros, e essas mangueiras flexíveis estão disponíveis em diferentes diâmetros e com conexões e T de vários tipos. Esse tipo de tubulação deve substituir práticas de instalação anteriores que usam tubos de cobre (capilares ou de ¼") os quais são posicionados inadequadamente e juntas flangeadas manualmente!

Imagem 41: Exemplo de uma instalação inadequada de tubo de cobre (capilares).

O uso de tubos capilares para interligação com dispositivos de controle e manômetros deve ser evitado. Também não é recomendado o uso de tubos de 6 mm (1/4") com conexões roscadas. As práticas de instalação podem resultar na ruptura dos tubos e em perda extrema de carga de fluido frigorífico.

Imagem 42: Exemplo de uma instalação adequada usando mangueiras flexíveis termoplásticas.

Recomenda-se o uso de mangueiras capilares de nylon com conexões roscadas de fabricação industrial.

Imagem 43: Montagem recomendada para tubos de processo e conectores.

4.8 AMORTECEDOR DE VIBRAÇÃO

Compressores recíprocos, em particular, causam mais vibração funcionando em um sistema de RAC. Amortecedores de vibração flexíveis de aço trançado (necessário para compressores recíprocos isolados por mola) minimizam essa vibração. Essas vibrações se originam de vários lugares, como no ciclo de partida e de funcionamento de alguns compressores, e podem ocorrer nas linhas de descarga e de sucção. As vibrações podem ser transferidas através dos tubos de transferência de fluido frigorífico e ressonar, criando ruídos condenáveis e, em casos piores, prejudicando as juntas e causando a quebra da tubulação, resultando em uma maior emissão de fluido frigorífico e em reparos de alto custo. A instalação de amortecedores de vibração nos tubos que interligam os compressores irá minimizar os potenciais efeitos danificadores. Amortecedores de vibração comuns são geralmente mangueiras de aço inoxidável flexíveis revestidas por uma malha de cobre e estão disponíveis em vários tamanhos, de 6 mm (1/4") a 89 mm (4-1/8"). Os conectores do lado da tubulação são feitos de cobre sólido. Os amortecedores de vibração devem ser resistentes ao congelamento e deve-se usar aço inoxidável para R-717 (amônia).

Imagem 44: Exemplo de amortecedores de vibração flexíveis de aço trançado.

Os componentes são projetados para uma pressão nominal de 30 bar. O intervalo de temperatura admissível se estende de -70 °C até +200 °C, levando em consideração os fatores de redução para pressão e temperatura.

INSTRUÇÕES PARA INSTALAÇÃO DE AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO

Os técnicos devem seguir estritamente as melhores práticas de brasagem na instalação do amortecedor de vibração.

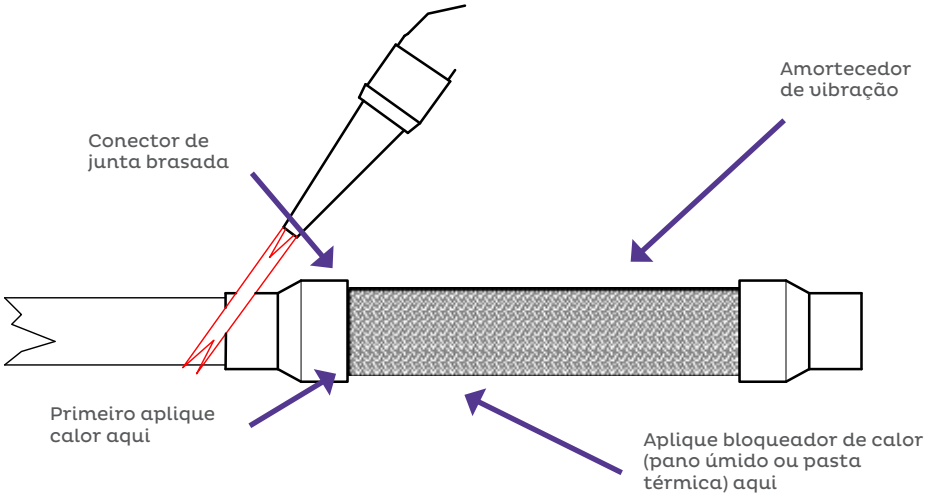


Imagem 45: Brasagem do amortecedor de vibração na seção do tubo.

Passos de instalação de solda:

1. Aplique na junta brasada uma pasta térmica ou um pano úmido para proteger o componente contra aquecimento, entre a conexão brasada de cobre e amortecedor de vibração;
2. Primeiro aqueça o tubo de cobre que será brasado na conexão, depois aqueça a conexão e aplique solda para terminar a junção;
3. Sempre mantenha a chama direta longe do amortecedor de vibração;
4. Recomenda-se que uma solda de prata seja usada para realizar a junção, já que calor excessivo irá danificar o amortecedor de vibração.

Posicionamento do amortecedor:

- Os amortecedores de vibração são projetados para absorver choque e vibração perpendiculares à direção da instalação;
- Os amortecedores de vibração não são projetados para absorver choque na forma de tensão súbita ou carga de compressão ao longo de seu eixo. Eles só devem ser instalados em linha reta, nunca os use para compensar desalinhamentos na tubulação ou outras técnicas de instalação impróprias;
- Para melhores resultados, o amortecedor de vibração deve ser instalado o mais perto possível do compressor, ao longo do eixo do virabrequim do compressor, já que essa é a fonte mais comum de vibração, e ancorado a uma estrutura sólida na extremidade mais distante do compressor;
- Se o amortecedor de vibração for usado em tubos de sucção de sistemas de congelados, todo o amortecedor deve ser isolado (com isolamento à prova d'água). Isso evita a formação de condensação e o congelamento sob a trança, que pode ruir os enrolamentos, resultando, possivelmente, em vazamentos.

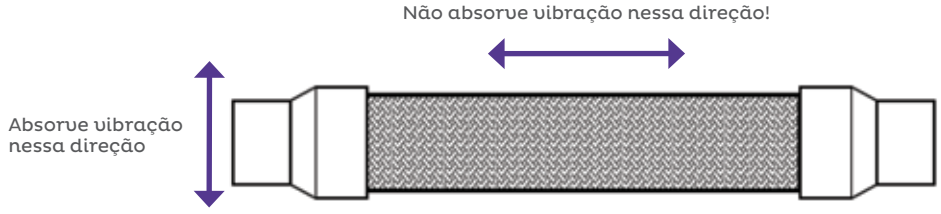


Imagem 46: Direção de absorção de vibração.

5. PREPARAÇÃO DA TUBULAÇÃO

Se for necessário cortar os tubos de fluido frigorífico, é necessário seguir as seguintes instruções:

1. Encurte os encanamentos usando um cortador de tubos. Não use uma serra;
2. Não use lubrificantes ou fluidos frigoríficos durante o corte;
3. Se o uso de uma serra não poder ser evitado, então, se possível, segure a extremidade aberta do tubo para baixo durante a serragem. Isso permite que as lascas e o pó caiam para fora da tubulação;
4. Use um escariador apropriado para remover as rebarbas. O uso de uma lima triangular para remover as rebarbas, ou, se necessário, uma lima plana ou uma faca, também é possível;
5. Ao fazê-lo, certifique-se também de que os contaminantes não entrem na tubulação;
6. Limpe o interior e o exterior das extremidades da tubulação logo antes da soldagem, a

fim de evitar que a superfície entre em oxidação novamente;

7. fim de evitar que a superfície entre em oxidação novamente;
8. Remover a camada de óxido permite que a solda flua com maior eficácia pelas brechas no local da solda, promovendo maior estabilidade e estanqueidade às conexões do tubo;
9. Use uma escova de fios suaves ou palha de aço para limpar as superfícies internas e externas. A lixa de papel não é recomendada porque deixa resíduos e marcas no cobre maleável;
10. O assentamento correto da conexão brasada deve ter uma folga de aproximadamente 0,04 mm entre a extremidade do tubo e a conexão. Se o espaço for muito apertado, o fluxo da solda pelo efeito capilar será evitado, e pode resultar em juntas fracas e possíveis pontos de vazamento nas juntas brasadas;
11. Um espaço excessivo resultará em falhas e áreas de escapes na solda.

Tópicos gerais sobre tubos de transferência de fluido frigorífico

Um bom dimensionamento e uma instalação profissional do tubo de transferência de fluido frigorífico são essenciais para uma operação dos sistemas de refrigeração e ar condicionado eficiente e livre de problemas. A expansão térmica dos tubos de cobre a uma temperatura de 28 K é uma diferença de 0,5 mm por metro. Esse fato pode ocasionar o surgimento de forças de torção e tensão e, subsequentemente, danos mecânicos e emissão de fluido frigorífico.

Deve-se tomar medidas para evitar danos mecânicos e vazamentos, medidas que podem incluir:

1. Instalação de uma quantidade suficiente de suportes no tubo;
2. Instalação de abraçadeiras e suportes;
3. Onde necessário, instalação de amortecedores de tensão, etc.

6. INSTALAÇÃO DE TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO

As regras gerais para um projeto adequado de tubos de transferência de fluido frigorífico visam assegurar que haja um fornecimento suficiente de fluido frigorífico para os evaporadores, mantendo-se tamanhos apropriados de tubos sem queda excessiva de pressão e protegendo o compressor através de:

- Prevenção contra óleo em excesso sendo preso no sistema;
- Minimização de migração de óleo do compressor;
- Prevenção contra o ingresso de fluido frigorífico líquido ou óleo no compressor durante operação ou enquanto estiver em parado;
- Manutenção de um sistema limpo e seco.

O projeto da tubulação irá depender do tipo e tamanho da instalação do sistema de RAC, tipo de fluido frigorífico e custo da instalação e dos materiais usados. Um projeto profissional de transferência de fluido frigorífico é realizado através de gráficos e cálculos específicos ao tipo de fluido frigorífico e/ou o uso de software de seleção, e deve ser realizado por um projetista de sistema de RAC responsável.

Com exemplos europeus, os regulamentos EN378-2 (pressões de projeto, seleção de material), EN13133 (brasagem, aprovação da brasagem) e EN13134 (brasagem, aprovação do procedimento de brasagem) se aplicam.

6.1. SELECIONANDO O MATERIAL DOS TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO

Ao selecionar os tubos para instalação, os técnicos devem observar os valores de diâmetro dados nos valores de projeto do sistema de RAC prévio. A fim de evitar desgaste prematuro e danos causados por pressões e temperaturas dominantes com a operação normal de sistemas de RAC, apenas materiais graduados para refrigeração, certificados e designados devem ser usados. Esses materiais são projetados para os requisitos específicos da refrigeração.

- Tubulação de cobre, rígida ou recozida;
- Conexões;
- Juntas;
- Grampos de cano;
- Materiais de isolamento.

Imagem 47: Tubos de cobre recozido (bobina).

Imagem 48: Tubos de cobre rígidos (reto).

Imagem 49: Exemplo de uma conexão de tubo de cobre em "T".

COBRE MALEÁVEL

O tubo de cobre recozido, maleável, é realmente mais versátil que hastes de cobre rígida. Eles vêm em comprimentos maiores, que são enrolados, e necessitam de menos juntas, o que reduz o potencial de vazamento. Devido à sua natureza relativamente flexível, eles podem ser posicionados e modelados facilmente, o que economiza tempo na instalação.

COBRE RÍGIDO

Hastes de tubo de cobre rígido são rígidas e esse tipo de tubulação torna a instalação mais organizada, mas consome mais tempo e é mais difícil para instalar que a tubulação maleável. Ela precisa de muito pouco suporte mecânico para mantê-la em posição, em comparação com o cobre maleável.

JUNTAS E CONEXÕES

Se possível, deve-se dar preferência a peças formadas que possam ser preparadas no local usando uma máquina de encurvamento, expansor ou tubo, e ferramentas de puxar em T. Se as conexões não puderem ser evitadas, a tubulação deve ser disposta usando um número mínimo de conexões. Cotovelos de raios longos devem ser geralmente usados com a tubulação de refrige-

ração. Um cotovelo com raio longo tem uma área maior e terá uma queda de pressão menor que um cotovelo de raio curto. Use cotovelos de raio curto apenas se for absolutamente necessário.

Imagem 50: Exemplo de um cotovelo de cobre com raio curto

Imagem 51: Cotovelo de cobre com raio longo.

JUNTAS FLANGEADAS

As juntas flangeadas estão em muitos casos sujeitas a potenciais vazamentos durante sua vida útil em um sistema de RAC. Essas juntas devem ser evitadas sempre que possível e devem possuir as mesmas condições de durabilidade de uma brasagem, soldagem ou uma conexão de pressão. Onde forem usadas conexões flangeadas, elas devem ser restringidas ao uso com tubos recozidos apenas, e com tubo cujo tamanho não exceda um diâmetro externo de 20 mm. Os materiais da tubulação de cobre estão especificados na Norma Europeia EN12735-1 & -2. Isso é especificamente importante para garantir os requisitos de instalação dos tubos, da resistência à pressão e durabilidade.

As conexões flangeadas não devem sofrer um aperto excessivo, pois caso isso ocorra pode haver danos na rosca da conexão prejudicando a vedação do sistema. As medidas para os torques de aperto corretos estão listadas na Tabela 6. As roscas devem ser apertadas com o torque adequado através de um torquímetro apropriado, em combinação com uma chave de boca ou chave inglesa ajustável.

Tabela 6: Valores de torque de aperto padrão para conexão brasada em tubulação de RAC.

Tamanho da rosca Diâmetro externo nominal (conforme EN12735-1 & 2)			Espessura mínima da parede (mm)	Torque de aperto (Nm)
Série métrica (mm)	Série imperial			
	(mm)	(pol)		
6			0,8	14 a 18
	6,35	¼	0,8	14 a 18
	7,94	5/16	0,8	33 a 42
8			0,8	33 a 42
	9,52	⅜	0,8	33 a 42
10			0,8	33 a 42

Tamanho da rosca Diâmetro externo nominal (conforme EN12735-1 & 2)			Espessura mínima da parede (mm)	Torque de aperto (Nm)
Série métrica (mm)	Série imperial			
	(mm)	(pol)		
12			0,8	50 a 62
	12,7	½	0,8	50 a 62
15			0,8	63 a 77
	15,88	⅝	0,95	63 a 77
18			1,00	90 a 110
	19,06	¾	1,00	90 a 110

Nota: Ao fazer as juntas flangeadas, tome cuidado para garantir que a rosca possua o tamanho correto e para que o torque usado para apertar a porca não seja excessivo. Deve-se tomar cuidado também para não rosquear tubulações que tenham sido endurecidas pelo trabalho.

Exemplo de torquímetro e chave inglesa (chave ajustável) apropriados são ilustrados nas imagens 52 e 53.

Imagem 52 Exemplo de torquímetro 10 – 36 mm (ajustável) 17 – 200 Nm.

Imagem 53: Exemplo de chave inglesa ajustável.

Exemplos de conexões de juntas roscadas são demonstrados abaixo.

Imagem 54: Exemplo de conexão flangeada inadequada e fonte potencial de vazamento.

Imagem 55: Flangeamento profissional com porca (flange) de conexão.

Quando as juntas flangeadas forem usadas em local com risco de congelamento ou sujeitas a vibrações, deve-se adotar contramedidas (por exemplo, pintura, revestimento, ranhuras de gelo) para evitar danos. Isso geralmente pode ocorrer em conexões de válvulas de expansão e linhas de sucção.

As conexões flangeadas devem estar sujeitas apenas as forças provenientes da pressão do sistema de RAC e as forças exercidas pela porca (flange) roscada da conexão. Conforme necessário devem ser providenciados secções flexíveis no tubo conectado, suporte e outros componentes associados para evitar que tensões anormais, dobramento, vibração ou torção atuem sobre a conexão. Esses tipos de forças podem surgir durante a montagem, manuseio, transporte, operação e manutenção do sistema.

6.2. CONEXÕES DE JUNTAS DE COMPRESSÃO

As conexões das juntas de compressão são uma boa alternativa para unir a tubulação e os componentes em sistemas de RAC. Como exemplo, esse tipo de conexão de tubo pode ser aplicado onde não for possível soldar. Essa tecnologia de conexão de tubo representa um método de produção de conexões de tubo hermeticamente vedadas metal-a-metal duráveis.

Imagem 56: Exemplo de conexão de pressão (união).

Imagem 57: Exemplo de conexão de pressão (de alumínio para cobre).

Imagem 58: Exemplo de "plugue de vedação" como conector de pressão.

Imagem 59: Exemplo de conexão roscada industrial com conexão de pressão.

6.3. PROPRIEDADES DO TUBO DE COBRE

Geralmente, para as práticas de instalação descritas neste documento, os tubos são feitos de cobre (Cu), a menos que especificado ao contrário. A Norma Europeia EN12735-1 descreve tubos de cobre sem emendas com diâmetro externo entre 6 a 108 mm, entre 1/8" a 4-1/8", para uso como tubos de transferência de fluido frigorífico em sistemas de RAC.

O cobre é um excelente material para se usar com sistemas de RAC. Com uma diminuição na temperatura, o cobre oferece um aumento de estabilidade e distensão. Não há fragilidade em baixas temperaturas nos tubos de cobre (em comparação com outros materiais). Os tubos de cobre são resistentes contra (apropriados para) todos os fluidos frigoríficos comuns, como HCs, HFCs e HCFCs.

Os requisitos e condições especificados para tubos de cobre se referem à:

- Qualidade da superfície interna;
- Extremidades fechadas (com tampa);
- Marcação dos tubos;
- Verificação;
- Estabilidade contra pressão.

Para união de tubos de cobre em sistemas de RAC, apenas brasagem ou juntas de compressão são permitidas. Conforme a EN378-2, a soldagem de tubos de cobre maiores também é permitida. Os encaixes para RAC devem observar os mesmos requisitos. **Conexões de solda macia não são permitidas!**

Tubos de cobre para serviço de campo de RAC são designados pelo diâmetro externo real. O termo "Temper" descreve a força e rigidez do tubo. Em trocas de tubos, os tubos temper puxados são geralmente chamados de tubos "duros" ou "rígidos", e os recozidos são chamados de tubos "maleáveis". O tubo em condição temper rígida é geralmente unido por brasagem, usando-se conexões capilares ou por soldagem com o uso de conexões de compressão.

O tubo em temper maleável pode ser unido pelas mesmas técnicas e é também comumente unido pelo uso de conexões flangeadas. Também é possível expandir a extremidade de um tubo para que se una a outro por brasagem, sem a conexão capilar separada, um procedimento que pode ser eficiente e econômico em muitas instalações (juntas de compressão).

Nota: Ainda assim, as conexões mecânicas (exceto as juntas de compressão) devem ser evitadas o quanto possível para manter um sistema de refrigeração em condições seladas, oferecendo o mínimo risco possível de vazamento de fluido frigorífico. Os diâmetros, das tabelas a seguir, devem ser considerados para a instalação de sistemas de RAC.

Tabela 7: Dimensões métricas de tubos de cobre rígido - comprimento reto.

Tubos de cobre – Comprimento reto - Rígido		
Diâmetro (mm)	**Espessura da parede (mm)**	**Pressão máx. de trabalho (bar)**
6	0,8 - 1,0	200
8	0,8 - 1,0	143
10	0,8 - 1,0	111
12	0,8 - 1,0	91
15	0,8 - 1,0	71
18	0,8 - 1,0	59
22	0,8 - 1,0	48
28	1,5	57
28	1,0	37
35	1,0 - 1,5	45
42	1,5	37
54	1,7 - 2,0	38
64	2,0	32
76	2,0	27
89	2,0	23
108	2,5	24

Tabela 8: Dimensões métricas de tubos de cobre recozido – serpentinas.

Tubos de cobre – Serpentinas - Recozido		
Diâmetro (mm)	**Espessura da parede (mm)**	**Pressão máx. de trabalho (bar)**
6	0,8 - 1,0	200
8	0,8 - 1,0	143
10	0,8 - 1,0	111
12	0,8 - 1,0	91
15	0,8 - 1,0	71
18	0,8 - 1,0	59
22	0,8 - 1,0	48

Tabela 9: Dimensões em polegadas de tubos de cobre rígido - comprimento reto.

Tubos de cobre – Comprimento reto - Rígido			
Diâmetro (pol)	**Diâmetro externo (mm)**	**Espessura da parede (mm)**	**Pressão máx. de trabalho (bar)**
1/2”	12,7	0,81	68
5/8”	15,88	0,89	59
3/4”	19,05	1,02	56
7/8”	22,22	1,07	51
1 1/8”	28,58	1,14	42
1 3/8”	34,92	1,4	42
1 5/8”	41,28	1,52	38
2 1/8”	53,98	2,03	39

Tabela 10: Dimensões em polegadas de tubos de cobre recozido - serpentinas.

Tubos de cobre – Serpentinas - Recozido			
Diâmetro (pol)	**Diâmetro externo (mm)**	**Espessura da parede (mm)**	**Pressão máx. de trabalho (bar)**
1/4”	6,35	0,76	136
5/16”	7,94	0,76	106
3/8”	9,53	0,81	93
1/2”	12,7	0,81	68
5/8”	15,88	0,91	61
3/4”	19,05	0,91	50
7/8”	22,22	1,02	48

7. ENCAMINHAMENTO E SUPORTE DE TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO

O encaminhamento e suporte da tubulação têm um efeito importante sobre a confiabilidade operacional e a manutenção de um sistema de RAC. Os tubos de transferência de fluido frigorífico geralmente precisam ser seguramente instalados para minimizar vibrações que causem ruído e danos potenciais associados a grandes quantidades de vazamento de fluido frigorífico. Como regra geral, a tubulação deve ser instalada de forma a evitar danos resultantes das atividades normais.

As seguintes considerações devem ser aplicadas à instalação da tubulação, para segurança e proteção ambiental:

1. As rotas de acesso não devem ser bloqueadas. Não deve haver riscos para as pessoas, nem para a passagem livre, em caso de fuga;
2. Nenhuma válvula ou junta destacável deve ser posicionada em áreas acessíveis ao público geral onde fluidos frigoríficos dos grupos A2, B1, B2, A3 ou B3 sejam usados (consultar a Tabela 11 abaixo);

Tabela 11: Exemplos de aplicação de fluido frigorífico "não permitida" em áreas públicas.

Grupo de Segurança	Número ASHRAE do fluido frigorífico	Designação
A2	R32	Difluorometano
B1	R123	2,2-Dicloro-1,1,1-trifluoroetano
B2	R717	Amônia
A3	R290, R1270, R600a ...	Hidrocarbonetos
B3	R1140	Cloreto de Vinila

3. Outros fluidos frigoríficos devem ser protegidos contra operação ou desconexão não intencional;
4. A tubulação deve ser protegida contra transferência de calor de tubos quentes e outras fontes de calor;
5. Uma conexão por brasagem, solda ou mecânica dos tubos interligados, como em caso de sistema do tipo Split, deve ser feita antes de abrir as válvulas, que permitem o fluxo de fluido frigorífico entre as partes do sistema de refrigeração. Uma válvula deve ser fornecida para efetuar a evacuação da tubulação e/ou qualquer parte do sistema de refrigeração sem carga de fluido;
6. A tubulação do fluido frigorífico deve ser protegida ou recoberta para evitar danos;
7. Conectores flexíveis de fluido frigorífico, como linhas de conexão entre as unidades interna e externa, que possam se deslocar durante as operações normais, devem ser protegidas contra danos mecânicos.

Os componentes instalados nas tubulações, como separadores de líquido e redutores de ruído, devem ter suportes. A massa pesada adicional de alguns desses itens pode representar tensão extra sobre o conjunto da tubulação. Para reduzir o ruído gerado através do contato de um tubo dentro do suporte, deve-se usar um pedaço de material resiliente e amortecedor (como neoprene) para impedir o contato metal com metal, reduzindo assim o "rangido".

7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O ENCAMINHAMENTO DE TUBOS

Os tubos de fluido frigorífico que entram em contato um com o outro, ou com objetos sólidos, criam danos (furos) por desgaste através do cobre proporcionando vazamento de fluido frigorífico real ou potencial.

Os 4 tipos seguintes de encaminhamento são permitidos na instalação de tubos de fluido frigorífico:

1. Encaminhamento na parede;
2. Encaminhamento no teto;
3. Encaminhamento no duto;
4. Encaminhamento por tubo de passagem.

O tipo de encaminhamento para uma instalação específica é analisado e definido antes de se iniciar a instalação, de acordo com a situação no local e os requisitos técnicos. Para instalações complexas, como supermercados ou sistemas de RAC com tubulações extensas, o projeto da instalação deve ser preparado e usado exatamente para a implementação.

De acordo com alguns regulamentos de construção para tubos de transferência de fluido frigorífico feitos de materiais metálicos, todos os tubos devem ser localizados acima do chão e devem estar facilmente acessíveis.

Contudo, se a situação da construção tornar necessário o encaminhamento subterrâneo dos tubos de fluido frigorífico, então as medidas do item 7.2 devem ser observadas.

7.2. ENCAMINHAMENTO SUBTERRÂNEO DE TUBOS

Os tubos de fluido frigorífico subterrâneos podem ser colocados em um tubo de passagem ou em um duto. Recomenda-se posicionar os tubos em um duto propriamente construído e adequadamente ventilado:

1. Evite congelar o chão, ou seja, que as temperaturas do chão atinjam o ponto de congelamento;
2. Os tubos subterrâneos devem ser posicionados de forma a excluir a influência mútua com as das linhas de abastecimento públicas, sujeitas a dúvidas em relação à segurança. É necessário um espaçamento mínimo de 1 m;
3. Apenas passe um tubo com fluido frigorífico por cada tubo de passagem! Isso significa que as linhas de líquido e de gás de sucção, bem como as linhas de gás comprimido, devem ser posicionadas em tubos de passagem separados.
4. As dimensões do tubo de passagem devem ser suficientes. Um tubo de passagem corretamente dimensionado não apenas permite a instalação correta, mas também garante uma ventilação adequada para o tubo de transferência de fluido frigorífico. Selecione um diâmetro para o tubo de passagem pelo menos 33% maior que o diâmetro externo do tubo de fluido frigorífico (com isolamento, se necessário).
5. Passe os tubos de fluido frigorífico pelos tubos de passagem com um ângulo de queda de cerca de 1-2%. Isso não apenas garante um transporte de óleo confiável, mas também a ventilação adequada do tubo de passagem.
6. As medidas mencionadas acima (dimensionamento correto do tubo de passagem, ângulo de queda) geralmente garantem uma ventilação adequada. Se houver acúmulo de condensação após o período de operação, será necessária a ventilação forçada dos tubos de passagem, com o uso de um ventilador, por exemplo.
7. A calha de abastecimento do piso deve ser projetada de forma que os graus de liberdade oferecidos pelo suporte do tubo sejam mantidos. Um espaçamento mínimo para o anel na proximidade do movimento esperado do tubo deve ser garantido. Essa medida assegura a ventilação natural dos tubos de passagem. Como resultado, não é recomendável vedar a calha de abastecimento do tubo com uma placa.
8. Conexões não permanentes não são permitidas em seções de tubulação subterrânea! Use somente a brasagem para conectar as seções dos tubos de transferência de fluido frigorífico.
9. Em muitos casos, a atmosfera nos tubos de passagem na área das máquinas de limpeza contém enxofre devido à formação de gás de fermentação. Com soldas contendo fósforo, essa atmosfera leva a uma corrosão seletiva, porque o enxofre na atmosfera libera a proporção de fósforo da solda da conexão. Esses procedimentos de corrosão levam a vazamento de fluido frigorífico. Para evitar a corrosão seletiva, é essencial usar aditivos de solda sem fósforo para tubulações em tubos de passagem (e em dutos). Recomenda-se o uso de solda de prata para essas seções. Como alternativa, também é possível usar aditivos de solda contendo fósforo. Nesse caso, contudo, é essencial aplicar um revestimento de proteção nos pontos de conexão.

10. Devido às condições do ambiente em um tubo de passagem (circulação de ar reduzida, temperatura, etc.), use um isolamento de tubo com uma espessura suficiente da camada de isolamento.

8. BRASAGEM DE TUBOS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO

Não se pode negar a grande importância da brasagem na indústria de RAC. A indústria e os setores desse mercado devem dispender bastantes esforços em salas de aula e treinamentos práticos para qualificar técnicos como brasadores competentes, já que é o processo usado para juntar componentes principais em um sistema de refrigeração em condições seladas. Bons brasadores precisam de experiências constante de trabalho para obterem as habilidades e a qualidade necessárias.

CERTIFICAÇÃO DE COMPETÊNCIA DE BRASADORES

O regulamento internacional ISO 13585-2012 (em substituição ao EN 13133-2000) descreve os requisitos essenciais para qualificação do brasador e lista termos e condições, critérios de verificação, procedimentos de inspeção e área de aplicação para o certificado de teste de competência de brasadores.

A demanda pela competência dos brasadores varia com os diferentes setores de RAC (refrigeração de supermercados, ar condicionados ou eletrodomésticos independentes). Assim, as empresas fabricantes e de instalação podem descrever uma demanda específica de aplicação e de testes.

Setores desse mercado em países onde a aprendizagem e a educação são formuladas no currículo de RAC e nas tecnologias de brasagem são o escopo da certificação de competência; não é necessário um certificado de competência separado, de acordo com ISO 13585 (exceto se o usuário do equipamento demandar tal certificado).

As amostras de verificação e exemplos de critérios típicos de verificação de brasadores são mostrados nas Imagens 60 a 62.

Imagem 60: Amostras de verificação de brasadores (incluindo encurvamento e flangeamento).

Imagem 61: Exemplo de inspeção da amostra (por corte lateral).

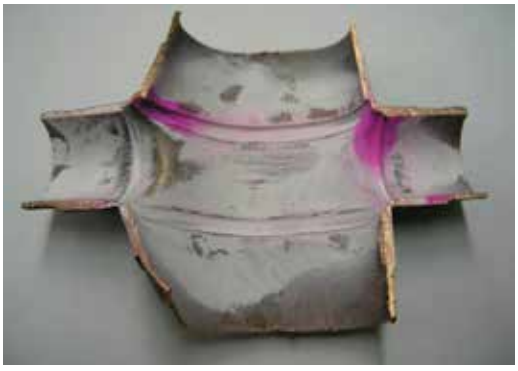


Imagem 62: Exemplo de inspeção da amostra (por corte lateral e teste de penetração de matriz).

8.1 BRASAGEM COM GÁS INERTE (GÁS PROTETOR)

Haverá oxidação (óxido de cobre) próxima ao ponto de solda nas paredes internas dos tubos se a brasagem for realizada sem gás inerte. Na operação do sistema de RAC, o fluido frigorífico e o óleo removem essas camadas de óxido. A contaminação que isso introduz pode levar a falhas de componentes (compressor) e a atrasos significativos e trabalho adicional durante o comissionamento, porque os filtros precisarão ser trocados ou limpos em circunstâncias desfavoráveis.

Por essa razão, é essencial brasar com gás inerte a fim de se evitar a contaminação dos tubos de transferência de fluido frigorífico devido à oxidação!

Recomenda-se o uso de Nitrogênio Seco e sem Oxigênio (OFDN) ou a mistura com uma proporção de 5% de hidrogênio (mistura de gás 95/5 corresponde a 95% nitrogênio e 5% hidrogênio).

Antes de iniciar o processo de brasagem, o conjunto de tubos deve ser limpo com OFDN e, durante a brasagem, um baixo fluxo de deslocamento de oxigênio do OFDN pode passar pela tubulação. A baixa taxa de fluxo durante a montagem da tubulação não deve atingir uma pressão significativa durante a brasagem, a fim de se evitar juntas brasadas impróprias.

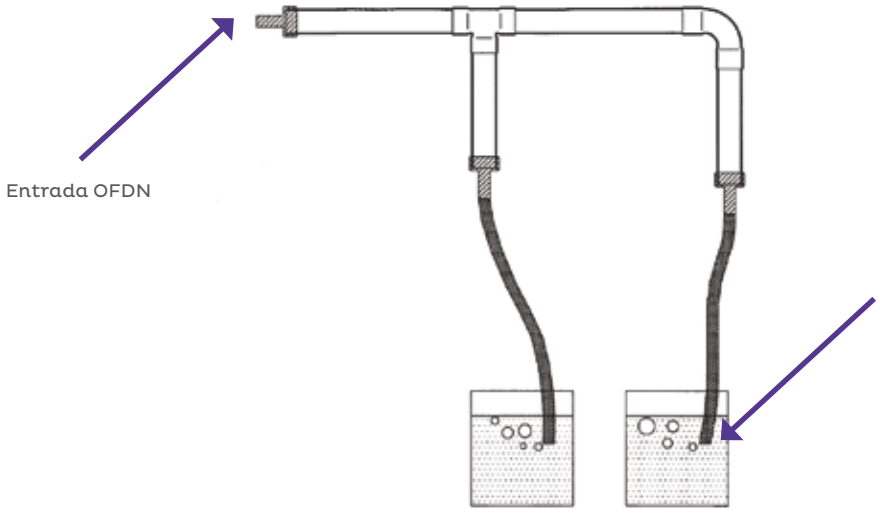


Figura 11: Exemplo de arranjo para brasagem com gás inerte.

8.2. SELEÇÃO DE UMA LIGA DE BRASAGEM ADEQUADA

O teor de prata da liga de brasagem tem uma influência decisiva na temperatura de processamento, propriedades de fluxo da liga de brasagem, capacidade de suporte de cargas estáticas e dinâmicas e o tempo necessário para a brasagem. Quanto maior for o teor de prata do material de adição, mais favoráveis serão as propriedades mencionadas acima. O tipo de liga de brasagem a ser usada depende da posição e da aplicação do tubo de transferência de fluido frigorífico.

É possível o uso de materiais de adição contendo fósforo com tubulações localizadas em tetos ou em paredes, e, de fato, tais materiais são preferíveis por motivos de custo. Contudo, a proporção de prata da liga de brasagem deve ser de pelo menos:

- 2% de teor de prata para aplicações com temperatura média de até -20 °C, por exemplo L-Ag2P;
- 5% de teor de prata para aplicações com temperatura média de até -40 °C, por exemplo L-Ag5P;
- 15% de teor de prata para aplicações com temperatura média de até -70 °C, por exemplo L-Ag15P.

Após completar a brasagem, remova o fluxo residual usando um pano úmido ou escova, a fim de atingir os poros ocultos. Caso seja usada uma liga contendo fósforo, recomenda-se cobrir a conexão com um revestimento de proteção (use por exemplo 2 pacotes de revestimento com base de resina de epóxi). Não se deve usar tinta com pó de zinco!

Atenção: Ligas com base de estanho ou chumbo não devem ser usadas, porque esse material não é adequado para uso com produtos alimentícios em refrigeração!

9. ISOLAMENTO DA TUBULAÇÃO

Em geral, o isolamento profissional dos tubos de transferência de fluido frigorífico é crucial para uma operação com longa vida útil e eficiente de um sistema de RAC. O problema para sistemas de RAC em relação a isso é que temos de lidar com duas grandes questões, o isolamento térmico do fluxo de calor e a redução da difusão de água a partir do ar ambiente em torno da tubulação. Um material moderno de isolamento para tubulação consiste em espuma elastomérica com base em borracha sintética (Elastômero).

9.1. ISOLAMENTO TÉRMICO

O isolamento é usado para retardar o ganho de calor e controlar o gotejamento de condensação proveniente de água resfriada e de sistemas de refrigeração. O isolamento reduz com eficiência o fluxo de calor para tubulação de água quente e tubulação de aquecimento de líquidos e tubulação de duas temperaturas. O intervalo de temperatura recomendado para o isolamento de tubos é de 183 °C a 105 °C (297 °F a +220 °F).

9.2. BARREIRA DE UMIDADE

A estrutura de célula fechada do isolamento de Elastômero moderno evita a absorção de umidade e a formação de condensado, que podem

levar a corrosão ou outros efeitos indesejados. O material normalmente não requer nenhuma proteção para retardação de vapor. Uma proteção adicional para retardação de vapor pode ser necessária para isolamento quando instalado em uma tubulação de temperatura muito baixa, exposta continuamente a condições de alta umidade.

Para cada sistema de RAC e de bomba de calor, geralmente o tubo de sucção deve ser isolado. Além disso, tubos de injeção de ar condicionado do tipo split (o tubo de transferência de "líquido" da unidade externa para a interna) e, em muitos casos, os tubos de transferência de líquido, estão sujeitos à instalação de material de isolamento.

Imagem 63: Exemplo de isolamento de tubo de transferência de fluido frigorífico.

9.3. INSTALAÇÃO DO ISOLAMENTO

Aplique o isolamento antes do encaixe dos suportes dos tubos. Atenda aos requisitos dos fabricantes do material de isolamento para garantir que o isolamento térmico seja aplicado corretamente.

Imagem 64: Seção para aplicação de adesivo.

Imagem 65: Colagem da extremidade do isolamento com o tubo de cobre (espessura mínima da parede do material de isolamento).

Imagem 66: Aplicação de adesivo em ambos os lados das juntas.

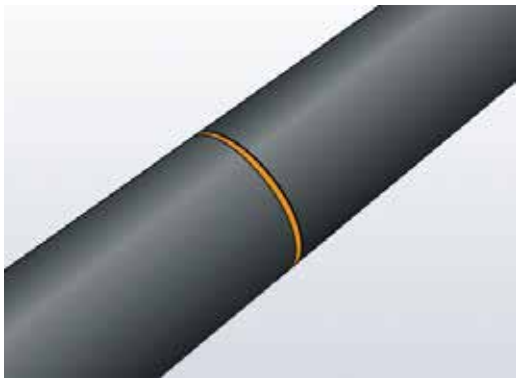


Imagem 67: Finalmente, conecte os tubos de isolamento.

Para uma aplicação de baixa temperatura, instale o suporte do tubo com jaqueta de isolamento. Instale o suporte do tubo como demonstrado na imagem 68 abaixo.

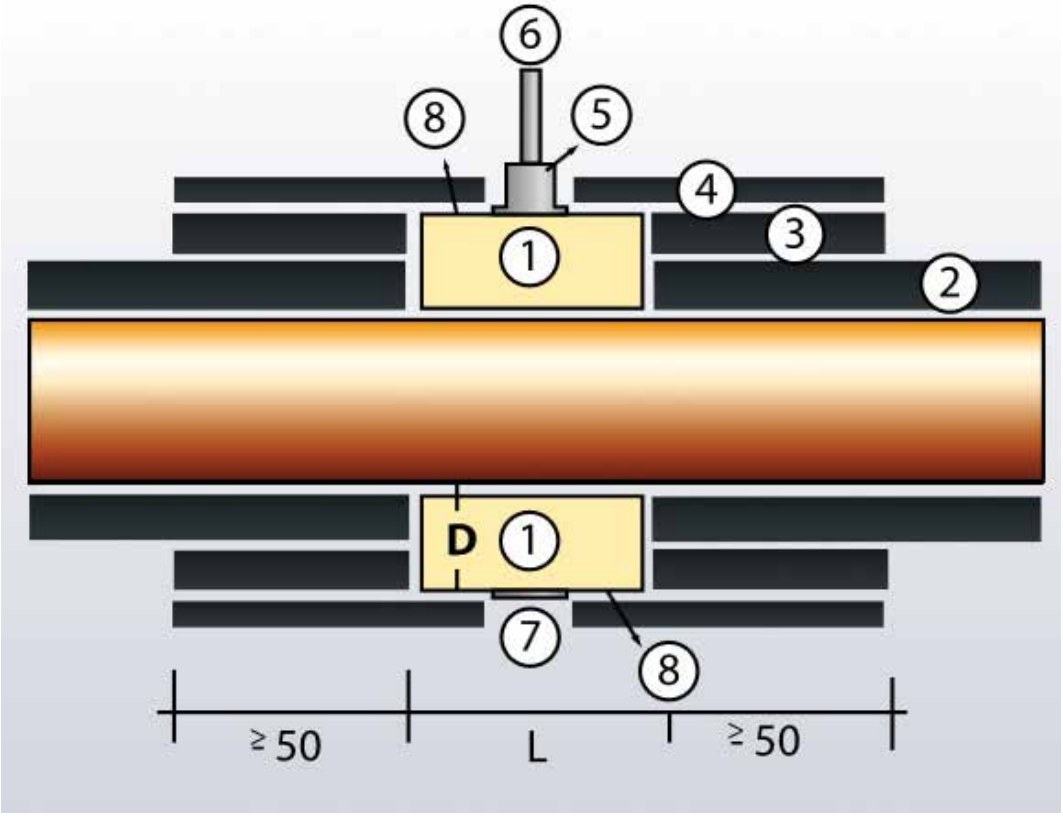


Imagem 68: Suporte do tubo para aplicação em baixa temperatura.

Tabela 12: Descrição dos elementos de suporte do tubo.

1	Jaqueta de isolamento
2	Tubo de isolamento
3	Borda falsa de isolamento
4	Sobreposição de isolamento (espessura ≥ 9mm)
5	Conexão roscada
6	Haste roscada
7	Braçadeira de tubo de duas partes
8	Lâmina de alumínio

Os seguintes pontos também devem ser observados para que o isolamento térmico faça seu trabalho:

- Deve haver espaço suficiente entre os tubos individuais de transferência de fluido frigorífico! O espaço mínimo deve corresponder à espessura do material de isolamento. Se o espaço for muito pequeno, então não haverá uma troca de ar adequada na superfície de isolamento térmico. Se

a temperatura cair abaixo do ponto de orvalho, isso significa que o isolamento se tornará gradualmente impregnado com umidade e perderá suas propriedades de isolamento;

- Tubos com isolamento térmico devem ser posicionados com um espaço entre eles e o chão! O espaço mínimo deve ser de 5 mm! Em particular, certifique-se de que há um espaço adequado sob os expositores refrigerados! Em alguns casos, pode ser necessário usar um ventilador tipo cilindro embaixo do expositor refrigerado para evitar o acúmulo de condensação;
- Certifique-se de que há circulação de ar adequada entre os tubos termicamente isolados, acima de tudo quando os tubos forem posicionados em dutos e embaixo do expositor refrigerado;
- O isolamento térmico de tubos de fluido frigorífico necessita de dimensões especiais quando posicionados em estacionamentos subterrâneos, já que o ar ali é normalmente saturado em dias chuvosos. Em tais casos, recomenda-se o uso de isolamento térmico de camada dupla.

10. SUPORTE E FIXAÇÃO DO TUBO

O tubo de transferência de fluido frigorífico deve estar suportado e ser confiável e durável. Não existem suportes de tubos necessários para posicionamento em tubos de passagem. Por outro lado, os suportes de tubo são essenciais no posicionamento em dutos. Os tubos sempre necessitam de suporte quando localizados em paredes e teto!

Deve-se prever longos comprimentos de tubulação para suprir a expansão e contração. A seleção de pontos fixos e pontos deslizantes adequados possibilita compensar por alterações no comprimento da tubulação devido à flutuações de temperatura durante a operação. Isso reduz ao mínimo o risco de quebra de tubos. Várias instalações e sistemas de fixação de tubos de transferência de fluido frigorífico estão disponíveis. Os materiais necessários para uma instalação de RAC e sua aplicação específica podem ser obtidos a partir do fabricante do equipamento.

De acordo com as diferentes finalidades dos tubos de transferência de fluido frigorífico, o suporte de tubo deve suportar baixas e altas temperaturas e cargas mecânicas.

Para altas temperaturas:

- Use suportes de tubo com núcleo de borracha de silicone;
- Use materiais de isolamento (para linhas de descarga) com resistência de isolamento de até 150 °C;
- Em condições normais de operação, há potencial para expansão e contração dos tubos, portanto, as alterações no comprimento devem ser compensadas.

Imagem 69: Jaqueta de isolamento PUR (WS Alemanha).

Nota: Fixação da tubulação de fluido frigorífico com jaqueta de isolamento (PUR), braçadeira tubo de duas partes e parafuso de fixação também para instalações deslizantes ou pendulares.

Fixação da tubulação de fluido frigorífico com clipe de tubo também para instalações deslizantes ou pendulares.

Imagem 70: Exemplo de clipe de fixação de tubulação (Hilti).

Espaçamento para suporte do tubo

A tubulação deve estar adequadamente suportada conforme seu tamanho e peso de serviço. O espaçamento máximo recomendável para suporte de tubos de cobre encontra-se na Tabela 13.

Tabela 13: Distâncias de espaçamento para instalação de tubos de cobre.

Diâmetro externo	Espaçamento (m)
15 a 22 mm (5/8" a 7/8") maleável	2
22 a < 54 mm (7/8" a 2 1/8") rígido	3
54 a 67 mm (2 1/8" a 2 ½")	4
EN 378-2 - 2008	

EXEMPLOS DE ENCAMINHAMENTO DE TUBULAÇÃO E DA INSTALAÇÃO DO SUPORTE DOS TUBOS:

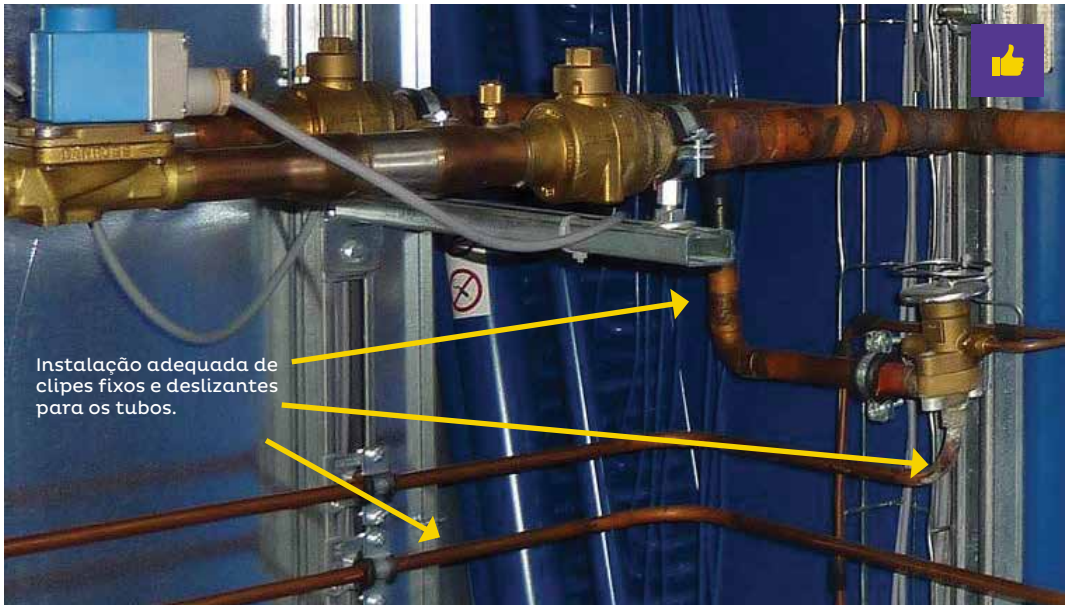


Imagem 71: Exemplo de uma fixação profissional de tubos de transferência de fluido frigorífico.

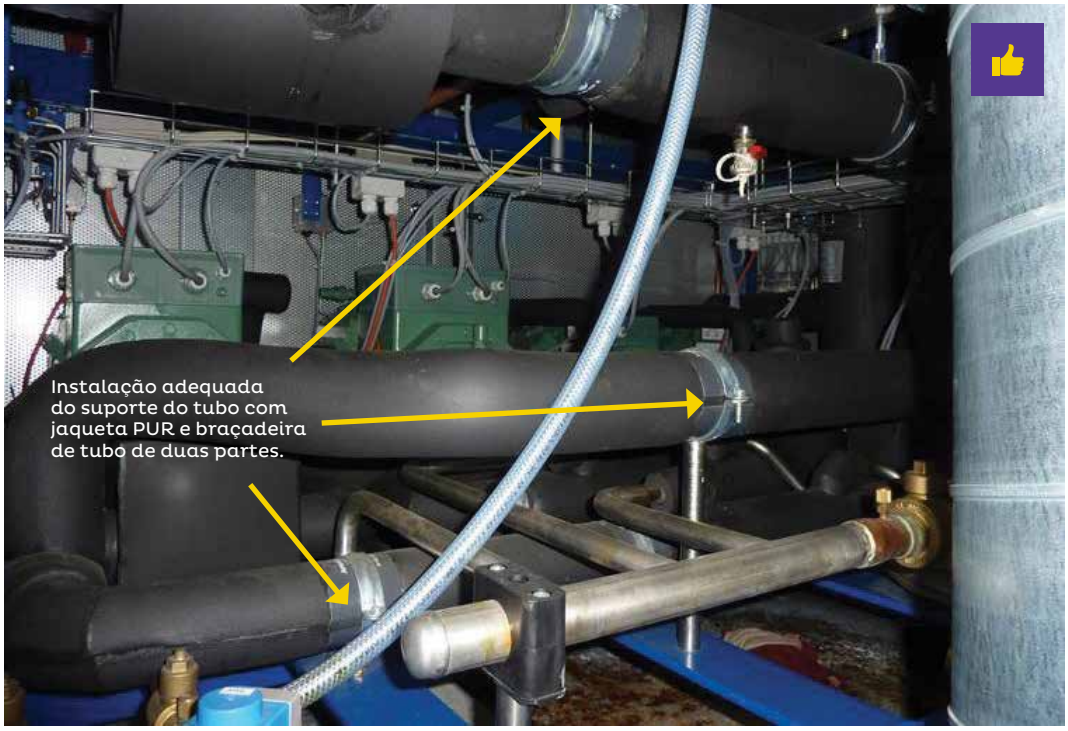


Imagem 72: Exemplo da fixação do tubo de sucção de fluido frigorífico incluindo isolamento com jaqueta de isolamento PUR.

Imagem 73: Exemplo de instalação inadequada de tubos de transferência de fluido frigorífico, isolamento e cabeamento.

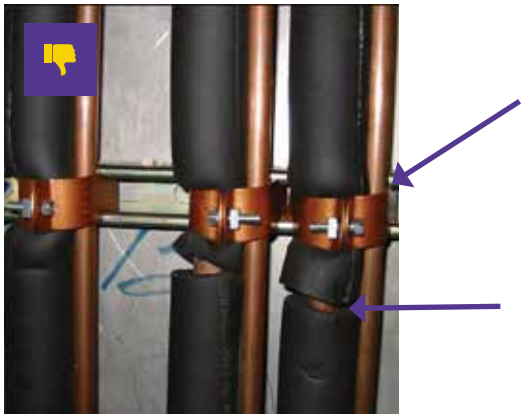


Imagem 74: Exemplo de instalação inadequada de tubos de transferência de fluido frigorífico e isolamento.

Apoio

ABRAVA
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO

Parceria

abras Brasil

Implementação

cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Coordenação

Ministério do **Meio Ambiente**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA