

Compressores:

A sua função é aumentar a pressão do fluido refrigerante e promover a circulação desse fluido no sistema. Os principais tipos de compressores utilizados são: alternativo, centrífugo, de parafusos, palhetas e Scroll.

Compressores Alternativos:

Os compressores alternativos podem ser:

- De simples ou duplo efeito;
- De um ou mais cilindros;
- Abertos, herméticos ou semi-herméticos;
- Horizontais, verticais, em V, em W ou radiais.

Temperatura de descarga do compressor:

Temperaturas de descarga do compressor excessivamente altas podem deteriorar o óleo de lubrificação, resultando em desgaste excessivo e redução da vida útil das válvulas, especialmente das válvulas de descarga. De maneira geral quanto maior a razão de pressões, maior a temperatura de descarga. O refrigerante utilizado também influencia a temperatura de descarga do compressor, a amoníaco, por exemplo, apresenta altas temperaturas de descarga exigindo compressores com cabeçotes refrigerados a água.

Capacidade do compressor:

Entre os vários métodos empregados no controle de capacidade do compressor estão:

- Atuação no compressor, ligando-o ou desligando-o;
- Estrangulamento do gás de aspiração entre o evaporador e o compressor através do uso de uma válvula reguladora de pressão de sucção;
- Desvio do gás na descarga do compressor para a linha de aspiração ou para o evaporador;
- Funcionamento a vazio de um ou mais cilindros, através da abertura contínua da válvula de descarga;

Compressor Parafuso:

O refrigerante entra pela parte superior em uma das extremidades e sai pela parte inferior da outra extremidade. Quando o espaço entre os ressaltos passa pela entrada, a cavidade é preenchida pelo refrigerante, na medida em que rotação continua o refrigerante retido na cavidade move-se, circulando pela carcaça do compressor, até encontrar um ressalto do rotor macho, que começa a se encaixar na cavidade do rotor fêmea, reduzindo o volume da cavidade e comprimindo o gás. Ao atingir o orifício de saída ocorre a descarga devido ao encaixe do ressalto na cavidade. Com a finalidade de lubrificação e vedação, óleo é adicionado ao sistema, assim, em sistemas operando com compressores parafuso, torna-se necessário à instalação de um separador de óleo.

Compressor de Palhetas:

Nesse tipo de compressor a linha de centro do eixo de acionamento coincide com a do cilindro, porém, é excêntrica em relação ao rotor, de maneira que, o rotor e o cilindro permanecem em contato à medida que gira. Uma palheta simples acionada por mola, divide as câmaras de aspiração e descarga.

Compressor Centrífugo:

Seu princípio de funcionamento é semelhante ao de uma bomba centrífuga. O refrigerante entra pela abertura central do rotor e, devido à ação da força centrífuga, ganha energia cinética à medida que é deslocado para a periferia. Ao atingir as pás do difusor ou a voluta, parte de sua energia cinética é transformada em pressão. Em situações onde são necessárias altas razões de pressão podem-se utilizar compressores de múltiplos estágios.

Compressor Scroll:

O princípio de funcionamento do compressor Scroll, baseado num movimento orbital, difere fundamentalmente do tradicional compressor a pistão, baseado num movimento alternativo, apresentando diversas vantagens como:

- Eficiência de 5 a 10 % maior que um compressor alternativo de igual capacidade;
- Ausência de válvulas;
- Menor quantidade de partes móveis em relação a um compressor alternativo;
- Operação suave e silenciosa
- Baixa variação de torque com conseqüente aumento da vida útil e redução de vibração;

Para realizar o trabalho de compressão, o compressor Scroll possui duas peças em forma de espiral, encaixadas face a face umas sobre a outra. A espiral superior é fixa e apresenta uma abertura para a saída do gás. A espiral inferior é móvel, acionada por um motor com eixo excêntrico.

A sucção do gás ocorre na extremidade do conjunto de espirais e a descarga ocorre através da abertura da espiral fixa. A espiral superior possui selos que deslizam sobre a espiral inferior atuando de maneira semelhante aos anéis do pistão de um compressor alternativo, garantindo a vedação do gás entre as superfícies de contato das espirais.

O processo de compressão ocorre da seguinte forma:

- 1- Durante a fase de sucção o gás entra pela lateral da espiral;
- 2- As superfícies das espirais na periferia se encontram formando bolsas de gás;
- 3- Na fase de compressão, o volume da bolsa de gás é progressivamente reduzido, e o gás caminha para o centro das espirais;
- 4- O volume da bolsa de gás é reduzido ainda mais, o gás caminha para o centro e a compressão continua;
- 5- Na fase de descarga, o volume na parte central das espirais é reduzido a zero, forçando o gás a sair pela abertura de descarga.

Válvulas de Expansão:**Válvula de Expansão Termostática:**

Estas válvulas regulam o fluxo de refrigerante que chega ao evaporador de forma a manter um certo grau de superaquecimento do vapor que deixa o mesmo.

Estas válvulas são constituídas de corpo, mola, diafragma, parafuso de ajuste e bulbo sensível. O bulbo, que contém em seu interior fluido frigorífico saturado do mesmo tipo que o utilizado no sistema frigorífico, é conectado com a parte superior do diafragma através de um tubo capilar e deve ser posicionado em contato com a tubulação de saída do evaporador, bem próximo a este. A saída da VET é conectada com a tubulação de entrada do evaporador e, caso este seja de múltiplos circuitos, deve-se utilizar um distribuidor de líquido.

Quando o refrigerante passa através do orifício da válvula a sua pressão é reduzida até a pressão de vaporização. O refrigerante líquido escoar através do distribuidor e dos tubos do evaporador, se vaporizando a medida que recebe calor. Em uma determinada posição ao longo do comprimento dos tubos, todo o refrigerante líquido já se vaporizou e, a partir deste ponto, qualquer fluxo adicional de calor provocará um aumento da temperatura do refrigerante. Assim, quando o refrigerante alcança a saída do evaporador ele apresenta um pequeno grau de superaquecimento, com relação à temperatura de saturação, para a pressão de vaporização.

Se a carga térmica aumenta, mais refrigerante se vaporiza. Consequentemente a posição do ponto onde termina a vaporização do refrigerante se move em direção à entrada do evaporador. Isto causa aumento do superaquecimento do refrigerante, o que está associado a um aumento de temperatura na região onde está instalado o bulbo da válvula. Como dentro do bulbo existe refrigerante saturado, este aumento de temperatura provoca um aumento de pressão no interior do mesmo e na parte superior do diafragma, o que move a agulha obturadora para baixo, abrindo a válvula e aumentando a vazão de refrigerante. Assim, mais líquido entra no evaporador de forma a satisfazer a carga térmica.

Se ocorrer diminuição da carga térmica, o superaquecimento do refrigerante na saída do evaporador tende a diminuir, o que provoca o fechamento da válvula, diminuição da vazão de fluido frigorífico e aumento da diferença de pressão entre entrada e saída da válvula.

O grau de superaquecimento pode ser ajustado pela variação da tensão impressa à mola da válvula. Maiores tensões na mola, exigirão maiores pressões no bulbo para a abertura da válvula o que implica em maiores superaquecimentos.

Um superaquecimento muito baixo pode ser perigoso, pois há o risco da sucção de líquido pelo compressor.

VET de equalização externa:

Uma VET de equalização externa possui uma tubulação de pequeno diâmetro que conecta a câmara localizada abaixo do diafragma com a saída do evaporador. Assim a pressão reinante em baixo do diafragma é a mesma da saída do evaporador. As serpentinas de expansão direta, principalmente aquelas alimentadas por distribuidores de líquido, apresentam perda de carga considerável, portanto as válvulas de expansão utilizadas com serpentinas de expansão direta são geralmente do tipo equalização externa.

Quando o bulbo da válvula contém refrigerante do mesmo tipo que o utilizado no sistema frigorífico, ao qual a mesma está acoplada, diz-se que a válvula é de carga normal. Se a quantidade de líquido do bulbo é limitada, diz-se que a válvula é carga limitada. Para este caso, todo o líquido se evapora a uma determinada temperatura. Qualquer aumento da temperatura acima deste ponto resulta somente em um

pequeno aumento de pressão no diafragma, pois todo o vapor está superaquecido. Assim limita-se a pressão máxima de operação do evaporador, e conseqüentemente a temperatura, evitando-se sobrecargas no motor do compressor.

Se o tipo de refrigerante do bulbo da válvula é diferente daquele utilizado na instalação, diz-se que a válvula é de carga cruzada. O objetivo principal destas válvulas é manter um grau de superaquecimento aproximadamente constante para toda a gama de temperaturas de evaporação do sistema frigorífico, o que pode não acontecer para as VET de carga normal.

Em algumas situações, podem ocorrer instabilidades na operação da VET, resultando em ciclos de superalimentação e subalimentação do evaporador, sendo este fenômeno conhecido como *hunting* da válvula. O *hunting* causa flutuações de pressão e temperatura e pode reduzir a capacidade do sistema frigorífico.

O intervalo de tempo necessário para o escoamento do refrigerante desde a entrada do evaporador até o ponto onde está instalado o bulbo pode levar, em determinadas condições, a uma abertura excessiva da válvula, o que alimenta o evaporador com um excesso de refrigerante líquido.

Algumas gotas deste líquido podem ser transportadas até a saída do evaporador, resfriando rapidamente a parede do tubo onde está instalado o bulbo, e reduzindo subitamente a alimentação de refrigerante pela válvula, a qual passa a operar em ciclos rápidos de superalimentação e subalimentação, isto é, em *hunting*.

O *hunting* de uma válvula de expansão termostática é determinado pelos seguintes fatores:

- Tamanho da Válvula. Uma válvula superdimensionada pode levar ao *hunting*.
- Grau de Superaquecimento. Quanto menor o grau de superaquecimento, maior as chances da válvula entrar em *hunting*.
- Carga do bulbo. Válvulas de carga cruzada são menos suscetíveis ao *hunting*.
- Posição do bulbo. A correta seleção da posição do bulbo frequentemente minimize o *hunting*. O bulbo deve ser instalado na parte lateral (a 45°) de uma secção horizontal da tubulação, localizada imediatamente na saída do evaporador.

Válvulas de Expansão Eletrônica:

As válvulas de expansão elétricas são capazes de promover um controle mais preciso e eficiente do fluxo de refrigerante, resultando em economia de energia. Atualmente existem três tipos básicos de válvulas de expansão elétricas: as acionadas por motores de passo, as de pulsos de largura modulada e as analógicas.

Comparadas com as válvulas de expansão termostática, as principais vantagens das válvulas eletrônicas são:

- Promovem um controle mais preciso da temperatura.
- Promovem um controle consistente do superaquecimento, mesmo em condições de pressão variável.
- São capazes de operar com menores pressões de condensação. Isto é especialmente importante quando se tem baixa temperatura ambiente.
- Podem resultar em economia de energia de 10% (ou mais).

Entre os três tipos de válvulas citados, as acionadas por motores de passo são as que têm melhor eficiência e promovem o controle mais preciso.

O sinal para controle das válvulas eletrônicas pode ser gerado a partir de um termistor, instalado na saída do evaporador, e que pode detetar a presença de refrigerante

líquido. Quando não ocorre a presença de líquido, a temperatura do termistor se eleva, o que reduz sua resistência elétrica, esta variação de resistência pode ser analisada por um circuito, que enviará o sinal digital para posicionamento da agulha da válvula.

Válvula de Expansão de Pressão Constante:

A válvula de expansão de pressão constante, mantém uma pressão constante na sua saída, inundando mais ou menos o evaporador, em função das mudanças de carga térmica do sistema.

É importante observar que as características de operação da válvula de expansão de pressão constante são tais que esta fechará suavemente quando o compressor é desligado e permanecerá fechada até que o compressor volte a ser ligado. Por questões ligadas ao seu princípio de operação, as válvulas de expansão de pressão constante se adaptam melhor a aplicações onde a carga térmica é aproximadamente constante, por conseguinte, elas têm o seu uso limitado.

Sua utilidade principal é em aplicações onde a temperatura de vaporização deve ser mantida constante, em um determinado valor, para controlar a umidade em câmaras frigoríficas ou evitar o congelamento em resfriadores de água. Elas também podem ser vantajosas quando é necessária proteção contra sobrecarga do compressor. A principal desvantagem deste tipo de válvula é sua eficiência relativamente baixa, quando comparada com os outros tipos de controle de fluxo, especialmente em condições de carga térmica variável.

Tubos Capilares:

Quando se utiliza tubo capilar em um sistema de refrigeração, devem ser tomados cuidados adicionais com a instalação. A presença de umidade, resíduos sólidos ou o estrangulamento do componente por dobramento, poderão ocasionar obstrução parcial ou total na passagem do refrigerante através do capilar, prejudicando o desempenho do equipamento. Também pode ser utilizado um filtro de tela metálica antes do capilar, o qual tem a função de reter impurezas e materiais estranhos, evitando o entupimento do mesmo.

O tubo capilar difere de outros dispositivos de expansão também pelo fato de não obstruir o fluxo de refrigerante para o evaporador quando o sistema está desligado. Quando o compressor é desligado, ocorre equalização entre as pressões dos lados alto e baixo através do tubo capilar, e o líquido residual do condensador passa para o evaporador. Estando este líquido residual à temperatura de condensação, se a sua quantidade for demasiadamente grande provocar-se-á o degelo do evaporador e/ou ciclo curto do compressor. Além disso, há ainda o risco de que, ao se ligar o compressor, algum líquido passe do evaporador para o compressor.

Por estas razões, a carga de refrigerante em um sistema que usa tubo capilar é crítica, não sendo empregado nenhum tanque coletor entre o condensador e o tubo capilar. A carga de refrigerante deve ser a mínima possível para satisfazer os requisitos do evaporador e ao mesmo tempo manter uma vedação, com refrigerante líquido, da entrada do tubo capilar no condensador.

Qualquer refrigerante em excesso somente irá estagnar-se no condensador com as seguintes consequências:

- Durante a operação, haverá uma elevação da pressão de condensação, reduzindo-se assim a eficiência do sistema.

- Haverá também uma tendência a uma maior vazão de refrigerante através do capilar, com uma conseqüente variação da capacidade frigorífica.
- Pode haver sobrecarga do motor do compressor
- Durante o tempo em que o sistema está desligado, todo o líquido excedente passará do condensador para o evaporador com as conseqüências já vistas acima.

Devido à carga crítica de refrigerante, um tubo capilar nunca deve ser empregado em conjunto com um compressor do tipo aberto. As fugas de refrigerante ao redor da vedação do eixo poderiam tornar o sistema inoperante dentro de um curto espaço de tempo. O uso de tubos capilares em sistemas divididos, onde o compressor está localizado a uma certa distância do evaporador, também deve ser evitado, pois são difíceis de se carregar com exatidão, as longas linhas de sucção e de líquido requerem uma grande carga de refrigerante, o qual se concentraria no evaporador quando o sistema estivesse desligado.

Com relação aos condensadores projetados para operar com tubos capilares, devem ser observados os seguintes requisitos:

- O líquido deve ser capaz de fluir livremente para o evaporador quando o sistema está desligado. Caso contrário, haverá vaporização do líquido no condensador e condensação no evaporador, acelerando ainda mais o degelo.
- Os tubos devem ter o menor diâmetro possível de modo a se conseguir uma pressão de condensação adequada com uma quantidade mínima de refrigerante.

Com relação ao evaporador, deve-se prever um dispositivo para acúmulo de líquido na sua descarga a fim de evitar que este passe para o compressor durante a partida. O líquido se vaporiza no acumulador e chega ao compressor somente sob a forma de vapor. A troca de calor entre o tubo capilar e a linha de sucção do compressor garante um maior Sub-resfriamento do líquido e minimiza a formação de vapor no interior do capilar. Assim, previne-se a redução da vazão de refrigerante.

Vantagem dos Tubos Capilares:

- Simplicidade (não apresentam partes móveis).
- Baixo custo.
- Permitem a equalização das pressões do sistema durante as paradas (motor de acionamento do compressor pode ser de baixo torque de partida).
- Redução da quantidade e custo do refrigerante e eliminação da necessidade de um tanque coletor.

Desvantagens dos Tubos Capilares

- Impossibilidade de regularem, para satisfazer distintas condições de carga.
- Risco de obstrução por matéria estranha.
- Exigência de uma carga de refrigerante dentro de limites estreitos.
- Redução da eficiência operacional para qualquer variação da carga térmica ou da temperatura de condensação.

Pressostatos:

Os pressostatos são interruptores elétricos comandados pela pressão. O ajuste da pressão faz-se por meio de um parafuso. Em alguns modelos o diferencial de pressão, diferença entre pressão de desarme e rearme, é regulável. O rearme pode ser automático ou manual.

Os pressostatos podem ser classificados em:

- Pressostatos de baixa pressão, que desligam, quando a pressão de sucção se torna menor do que um determinado valor;
- Pressostatos de alta pressão, que desligam, quando a pressão de descarga se torna maior do que um determinado valor;
- Pressostatos de alta e baixa, que reúnem os dois tipos anteriores num único aparelho;
- Pressostatos diferenciais, destinados ao controle da pressão do óleo de lubrificação dos compressores, que desligam quando a diferença entre a pressão da bomba e o cárter do compressor é insuficiente para uma lubrificação adequada.

Termostatos:

Indicam variações de temperatura e fecham ou abrem os contatos elétricos. Os termostatos podem ser classificados de acordo com o elemento de medição de temperatura como bimetálico, de bulbo sensor de temperatura e de resistência elétrica.

a) Bimetálico: converte variações de temperatura em deflexões de uma barra metálica, fechando abrindo os contatos. O bimetal é preparado justapondo-se dois tipos de metais diferentes, que apresentam diferentes coeficientes de dilatação térmica. Assim o conjunto se deflete quando a temperatura varia.

b) Termostato com bulbo sensor de temperatura: o bulbo contém um gás ou um líquido que quando a temperatura no bulbo aumenta, há também aumento de pressão no fluido que é transmitido ao fole do termostato. O movimento do fole proporciona o fechamento ou abertura dos contatos através do mecanismo de alavanca.

c) Termostato eletrônico: composto por um termistor que é um resistor cuja resistência varia (de forma não linear) com a temperatura. O termistor pode estar em contato com o ar ou a água. A comutação dos contatos fica sendo em função da temperatura. Um aumento de temperatura resultará na diminuição da resistência.

Filtros e Secadores:

Os filtros são empregados para eliminar partículas estranhas nas tubulações de sistemas refrigeração.

São constituídos por um invólucro metálico, no interior do qual se encontra uma tela de malha fina feito de níquel ou bronze. Os filtros podem ser montados tanto na linha de sucção como na linha de líquido. Quando colocados na linha de sucção evitam que impurezas penetrem no compressor juntamente com o vapor de refrigerante. O filtro na linha de líquido destina-se a evitar que impurezas fluam para o evaporador juntamente com o refrigerante líquido.

Os filtros secadores são dispositivos destinados a eliminar a umidade que, apesar dos cuidados tomados antes e durante a carga, sempre está presente nas instalações de refrigeração, ocasionando diversos problemas. São constituídos por um corpo com elementos filtrantes, cheio de material altamente higroscópico (sílica gel). Os filtros secadores são colocados normalmente nas linhas de líquido.

Como os filtros secadores oferecem uma perda de carga considerável, quando instalados na sucção das instalações de médio e grande porte costuma-se deixá-los no circuito por um período de

10 a 15 dias, e após retirá-lo, ou fazer um by pass de modo a isolá-lo por meio de válvulas.

Separador de Óleo:

Os separadores de óleo são utilizados quando o retorno de óleo em um sistema é inadequado, difícil de ser obtido ou ainda, quando a quantidade de óleo em circulação é excessiva, causando perda de eficiência devido ao acúmulo nas superfícies de troca de calor. Os compressores frigoríficos são lubrificados pelo óleo colocado no cárter, que circula por suas diversas partes. Em um compressor hermético, o óleo também lubrifica os rolamentos do motor. Durante a operação do compressor, uma pequena quantidade do óleo de lubrificação é arrastada pelo vapor na descarga.

Esse óleo, circulando ao longo do sistema frigorífico, não provoca danos, porém uma quantidade excessiva de óleo no condensador, dispositivos de controle do fluxo de refrigerante, evaporador e filtros interferirá no funcionamento destes componentes. Em instalações de baixa temperatura, se o óleo escoar ao longo do sistema ele se tornará espesso e dificilmente poderá ser removido do evaporador. A fim de se evitar estes problemas instala-se um separador de óleo entre a descarga do compressor e o condensador.

A utilização dos separadores de óleo é recomendada para:

- a) Sistemas que utilizam refrigerantes não miscíveis ao óleo;
- b) Sistemas de baixa temperatura;
- c) Sistemas que empregam evaporadores de retorno sem resíduos, tais como resfriadores de líquido inundados, quando as linhas de purga de óleo e outras previsões especiais devem ser tomadas para o retorno do óleo;

O separador de óleo consiste das seguintes partes:

- Tanque ou cilindro externo revestido por um isolamento térmico de maneira a impedir a condensação do vapor;
- Filtros ou chicanas que coletam o óleo;
- Válvula de agulha controlada por boia;
- Linha de retorno do óleo ao compressor.

O óleo retido pelos filtros devido à desaceleração do escoamento acumula-se no fundo do tanque. Quando o nível do óleo atinge um valor prescrito, a boia provoca a abertura da válvula de agulha. Uma vez que a pressão no separador é maior do que a pressão no cárter do compressor, o óleo acumulado escoar para o cárter do compressor.

Os separadores de óleo são muito eficientes, deixando apenas uma quantidade mínima de óleo escoar o longo do ciclo. Estes dispositivos são comumente usados em instalações de grande porte.

Válvulas Solenoide:

São válvulas comandadas eletricamente por meio de solenoides, podem ser classificadas em normalmente abertas e normalmente fechadas. O comando elétrico pode ser acionado por um termostato, pressostato, ou mesmo por um simples interruptor manual. Seu princípio de operação, é o seguinte:

- a) Quando o circuito elétrico da válvula é aberto, a bobina é desenergizada de modo que o peso da armadura e a ação da mola forcem a agulha de volta ao seu assento.
- b) Ao se energizar a bobina, a armadura se move para cima em direção ao centro da bobina, abrindo a válvula.

Basicamente são usadas válvulas de duas ou três vias, ambas controlando o fluxo de refrigerante líquido para a válvula de expansão. Algumas vezes são usadas controlando estágios de capacidade de compressores ou atuando sobre válvulas de expansão para promover o recolhimento de refrigerante. Durante a execução de vácuo

inicial ou recolhimento do refrigerante do sistema para reparos, as válvulas solenoides devem ser mantidas abertas manual ou eletricamente.

Em instalações comerciais de grande porte, é recomendável utilizar-se uma válvula solenoide operada por piloto.

Exceto quando a válvula solenoide for especialmente projetada para instalação horizontal, ela deve ser sempre montada na posição vertical com a bobina voltada para cima.

Para a especificação de válvulas solenoides devem ser considerados:

- A vazão de refrigerante através da válvula;
- A diferença máxima de pressão permitida pela válvula;
- A perda de carga causada pela válvula.

Visores de Líquido:

São peças com visores para verificar a passagem de líquido e a presença de umidade. São colocados na saída do reservatório de líquido ou na entrada do evaporador, permitindo verificar se a carga de refrigeração está completa e se existe umidade no sistema. As seguintes cores são utilizadas para indicar a quantidade de umidade no sistema:

- Verde → Ausência de umidade
- Amarelo → Presença de umidade
- Marrom → Contaminação total do sistema

Reservatórios de Líquido:

Em condensadores *Shell and tube*, o próprio condensador, isto é, o espaço entre a carcaça e os tubos, pode ser usado como reservatório para armazenamento do refrigerante condensado. Em condensadores resfriados a ar, duplo tubo e evaporativos deve-se instalar um reservatório separado, pois estes condensadores não têm volume suficiente para armazenar o fluido frigorífico.

Todo sistema de refrigeração deve ter um reservatório com volume suficiente para armazenar a carga total de refrigerante, durante paradas para manutenção ou devido a sazonalidade do processo de produção do qual faz parte o sistema frigorífico. A carga total de refrigerante não deve ocupar maior que 90% do volume do reservatório, para uma temperatura de armazenamento não superior a 40 °C; para temperaturas de armazenamento maiores que 40 °C, a carga de refrigerante não deve ser superior a 80% do volume do reservatório.

Fluídos Refrigerantes:

Devido ao efeito dos CFCs sobre a camada de ozônio estratosférico, o Protocolo de Montreal de 1986, determinou sua substituição, provocando uma verdadeira revolução na indústria frigorífica.

Testes e Manutenção em Circuitos Frigoríficos:

Teste de Fugas:

Nos testes em sistemas pressurizados somente com nitrogênio seco, só pode ser usado o método de espuma de sabão.

Nos testes em sistemas pressurizados com nitrogênio seco e refrigerantes halogenados, qualquer um dos três métodos descritos anteriormente pode ser utilizado.

Cuidados

a) No teste com espuma de sabão

- Não usar dentro de quadros elétricos;
- Não usar sobre terminais de motores já que sabão contém soda cáustica que pode danificar os terminais;
- Deve ser usado para confirmar vazamentos encontrados por outros métodos.

b) No teste com uma lamparina a álcool

- Deve se tomar cuidado para não tocar a ponta da lamparina e evitar queimaduras;
- Não usar em atmosferas explosíveis.

c) No teste com detetor eletrônico

- O uso e cuidados de manutenção devem ser feitos de acordo com as instruções de cada fabricante;
- Não se deve expor o sensor diretamente a jatos de refrigerante, pois isto diminuirá a vida útil ou danificará o sensor;
- Não soprar o sensor;
- Não permitir a entrada de impurezas no tubo do sensor;
- Não usar em atmosferas explosíveis.

Teste de humidade:

Este teste consiste na verificação de umidade no circuito frigorífico. Umidade associada a refrigerantes halogenados, a óleo e a altas temperaturas, provoca os seguintes problemas no sistema:

a) Congelamento na sede da válvula de expansão: O congelamento na válvula de expansão impede a passagem de refrigerante para o evaporador e a máquina tende a desarmar por baixa pressão. Uma vez desligada, o gelo na válvula é derretido, a temperatura e pressão próximas à válvula se elevam, o compressor volta a funcionar e o ciclo se repete. Com partidas de desligamentos frequentes o motor do compressor tem a queimar.

b) Formação de ácido clorídrico e fluorídrico: Os ácidos clorídricos e fluorídricos atacam partes metálicas do sistema, visores de vidro e verniz de isolamento, ocorrendo então deposição de cobre que provoca defeitos mecânicos e enfraquecimento da isolamento do motor que resulta na sua queima.

c) Decomposição do óleo lubrificante: O óleo decomposto forma uma lama espessa que entope os canais de lubrificação e eventualmente trava peças móveis do compressor. O resultado disto é o gripamento ou queima do motor

d) Decomposição de cobre: o cobre é removido dos tubos em pequenas partículas e posteriormente se deposita em zonas de altas temperaturas como virabrequins, válvulas de descarga, bombas de óleo. Este acréscimo de material nas partes móveis diminui as folgas provocando falhas mecânicas.

A verificação da existência de umidade pode ser feita pela verificação da cor do elemento higroscópico do visor de líquido. O elemento higroscópico do visor muda de cor à medida que absorve umidade.

Cuidados

- a) Usar visores de líquido com indicadores de umidade;
- b) Ao constatar umidade no sistema, deve-se substituir imediatamente o filtro secador de líquido;
- c) Ao soldar visores de líquido isolar o corpo do visor com um pano molhado para evitar danos ao vidro e ao elemento higroscópico;
- d) O borbulhento em visores de líquido não significa, necessariamente, falta de refrigerante no equipamento. Pode ser resultado de alguma obstrução na linha de líquido, baixo Sub-resfriamento ou válvulas de expansão demasiadamente abertas.

Evacuação do sistema

A evacuação do sistema é um dos processos mais importantes em refrigeração. Nos sistemas de refrigeração a função do vácuo é remover o ar e a umidade antes de se efetuar a carga de refrigerante. O ar é constituído basicamente 79% de nitrogênio, 20% de oxigênio e 1% de outros gases incluindo vapor d'água. Um sistema que não tenha sido corretamente evacuado apresentará problemas de altas pressões, devido aos gases não condensáveis, problemas de ataques químicos a partes metálicas do sistema ao verniz dos motores e ao óleo, provocando sua decomposição.

Observações:

- a) Quanto mais profundo o vácuo obtido melhor para o sistema de refrigeração. Normalmente fabricantes de equipamentos de ar condicionado recomendam vácuo e inferior a $6,7 \cdot 10^{-4}$ bar para processo simples de evacuação.
- b) Na realização do vácuo podem ser utilizados dois métodos: o método do vácuo profundo e o método de dupla evacuação. O método de vácuo profundo consiste em uma única evacuação profunda, sendo o mais utilizado para se obter um sistema livre de ar e umidade. É o método mais demorado, requer uma boa bomba de vácuo e um vacuômetro eletrônico para a leitura do vácuo. A evacuação termina quando o vácuo atinge valores iguais ou inferiores a $4,0 \cdot 10^{-4}$ bar. O sistema deve, então, ser desconectado da bomba de vácuo e "repousar" por, pelo menos, 10 horas para que seja verificada a variação do vácuo. O método de dupla evacuação é semelhante ao descrito anteriormente, porém o vácuo é interrompido a $1,3 \cdot 10^{-3}$ ou $2,6 \cdot 10^{-3}$ bar. Ao ser atingido este vácuo deve-se levar o sistema até a pressão atmosférica com nitrogênio seco ou com o próprio refrigerante a fim de diluir os gases remanescentes do sistema e repetir o processo de evacuação até $1,3 \cdot 10^{-3}$ ou $2,6 \cdot 10^{-3}$ bar. Na prática, o resultado final é tão eficiente quanto o método de vácuo profundo.
- c) Não é raro ouvir-se que um determinado sistema foi evacuado por tantas horas ou até mesmo em dias. Associar tempo de evacuação ao valor do vácuo não tem sentido algum. O tempo de evacuação de um equipamento depende de fatores como:
 - Tamanho do equipamento: quanto maior o equipamento maior o tempo de evacuação para uma mesma bomba de vácuo;
 - Capacidade da bomba de vácuo: quanto maior a capacidade da bomba de vácuo, menor o tempo de evacuação para o mesmo sistema;
 - Vazamento nas conexões da bomba ao sistema: se as conexões da bomba ao sistema tiverem vazamentos, o tempo de evacuação será maior, pois a bomba estará succionando não apenas do sistema mas também ar do ambiente;

- Dimensões das linhas que ligam a bomba ao sistema: as linhas devem ser mais curtas e de maior diâmetro possível;
- Temperatura: quanto maior a temperatura do sistema mais rápida a obtenção do vácuo. A aplicação de calor através de lâmpadas, resistências, etc., é um método útil para apressar a obtenção do vácuo;
- Quantidade de água em estado líquido no sistema: quanto maior a quantidade de água maior o tempo de evacuação. A água em estado líquido apresenta ainda o inconveniente de contaminar o óleo da bomba diminuindo consideravelmente sua capacidade pois, esta água se transforma em vapor que faz parte dos gases comprimidos pela bomba. Neste caso a bomba não estará bombeando apenas os gases do sistema.

d) Quando se faz vácuo em um sistema que contém água em estado líquido, pode-se usar um sifão frio. O sifão frio é montado entre o sistema e a bomba de vácuo. Consiste em dois recipientes onde se coloca mistura de gelo seco ou gelo comum e sal no menor recipiente. No espaço entre o maior e o menor recipiente circulam os gases do sistema. O vapor d'água se condensa ao entrar em contato com as paredes frias do recipiente menor e portanto o óleo da bomba não é contaminado. É de fácil confecção e pode ser fabricado no campo usando-se materiais comuns.

Cuidados

- a) Não se devem usar manômetros de baixa comuns para medir vácuo;
- b) Não se deve medir vácuo por horas de funcionamento da bomba;
- c) Não se deve medir isolamento dos motores do sistema sob vácuo pois isto pode provocar quebra do isolamento do motor;
- d) Não se deve fazer vácuo em recipientes de grande volume, pois se estes não forem de mencionados para suportar alto vácuo pode ocorrer uma implosão;
- e) Sempre que se fizer vácuo, deve-se fazer o teste de estanqueidade;
- f) Usar e cuidar dos vacuômetro de acordo com as instruções dos respectivos fabricantes.

Carga de óleo

O processo de carga de óleo consiste em suprir o compressor do sistema frigorífico com o óleo de lubrificação indicado pelo fabricante.

Em sistemas que trabalham com pressão positiva, carregados com refrigerante, o óleo pode ser carregado de dois modos, no primeiro modo, o refrigerante é recolhido da unidade, a válvula de serviço de descarga do compressor é fechada, o compressor é evacuado, deve-se então imergir uma extremidade da mangueira no recipiente de óleo e enche-la com o óleo, deve se conectar a outra extremidade da mangueira a válvula de carga do compressor, abrir a válvula de carga do óleo do compressor e carregar a quantidade de óleo recomendado, deve-se observar o visor de óleo.

Normalmente, com o compressor parado, o nível de óleo deve estar no centro do visor.

No segundo modo, usa-se uma bomba de óleo. Deve-se emergir a mangueira de sucção da bomba de êmbolo no recipiente de óleo, conecta-se a mangueira de descarga da bomba a válvula de carga de óleo, deve-se deixar a porca frouxa e bombear o óleo até que todo o ar da mangueira saia pela porca frouxa, aperta-se então a porca, abre-se a válvula e bombeia-se a quantidade necessária de óleo. Deve-se observar o visor de óleo até que seja atingido o nível adequado.

Em sistemas sem refrigerante o compressor deve ser isolado do sistema e evacuado.

Verificações e cuidados

- a) Deve-se verificar a marca e viscosidade do óleo antes de colocá-lo no compressor;
- b) Deve-se verificar vazamentos por bujões, conexões e juntas do cárter do compressor;
- c) Deve-se verificar se a extremidade da mangueira imersa toca o fundo do recipiente de óleo;
- d) Não se deve misturar o óleo de diferentes tipos ou fabricantes uma vez que cada fabricante usa um tipo de aditivo e aditivos diferentes podem não ser compatíveis;
- e) O óleo deve ser adquirido em recipientes pequenos e devem ser abertos no momento da carga para evitar que absorvam umidade;
- f) Não se deve carregar mais óleo que o recomendado pelo fabricante;
- g) Ao manusear o óleo não se deve tocar em componentes do conjunto oxiacetileno pois o óleo em contato com oxigênio puro pode provocar combustão espontânea;
- h) Deve-se aguardar o aquecimento do óleo (se houver resistência elétrica no cárter) antes de acionar o compressor;
- i) Deve se abrir a válvula de serviço de descarga antes de acionar o compressor, pois os cabeçotes do compressor podem explodir caso seja acionado com a válvula de serviço de descarga fechada.

Carga de refrigerante

O sistema frigorífico deve ser abastecido com o tipo e quantidade correta de refrigerante. O primeiro ponto a ser verificado é a placa de identificação do equipamento onde o fabricante indica o tipo e quantidade de refrigerante.

A carga em forma de vapor se aplica a sistemas pequenos, a sistemas que não tenham um registro de líquido e, finalmente, no ajuste final da carga quando devem ser introduzidas pequenas quantidades de refrigerante. O cilindro refrigerante deve estar de pé. Quando a carga de refrigerante está correta e o sistema funciona em condições normais, o visor da linha de líquido apresenta fluxo suave de líquido sem bolhas. A presença de bolhas no visor pode indicar:

- Falta de refrigerante no sistema;
- Filtro secador da linha de líquido entupido;
- Válvula de expansão demasiadamente aberta ou superdimensionada;
- Válvula solenoide da linha de líquido entupida ou subdimensionada.

Visor borbulhante, não significa necessariamente, falta de refrigerante no sistema. O sistema que tenha falta de refrigerante apresentará o superaquecimento excessivamente alto e baixa pressão de sucção.

Cuidados

- a) Não carregar refrigerante em excesso no sistema;
- b) Antes de adicionar refrigerante ao sistema verificar todos os sintomas de falta de refrigerante;
- c) Não usar outro refrigerante no sistema que não o indicado pelo fabricante;
- d) Não carregar refrigerante no sistema sem que tenha sido efetuado um perfeito vácuo e teste de estanqueidade;

- e) Não aplicar a chama de maçarico sobre linhas que contenham refrigerantes halogenados. Sob a ação de calor, esses refrigerantes se decompõem e formam vapores ácidos altamente tóxicos;
- f) Não aquecer cilindros com chama direta. Além do risco de decomposição do refrigerante existe o risco de explosão do cilindro;
- g) Não rolar os cilindros no chão;
- h) Não transferir refrigerante de um cilindro para outro recipiente que não seja adequado para tal uso;
- i) Não carregar, em hipótese alguma, refrigerante em estado líquido pela válvula de sucção do compressor;
- j) Não misturar refrigerantes de tipos diferentes.

Medição das pressões de sucção e descarga

Estas medições têm por finalidade a análise do funcionamento ou balanceamento do sistema.

Cuidados

- a) Usar mangueiras certificadas contra rompimento;
- b) Verificar o estado das borrachas de vedação das mangueiras;
- c) Não desconectar mangueiras com as válvulas de serviço abertas pois podem chicotear e provocar acidentes;
- d) Aferir periodicamente os manômetros do "manifold";
- e) Não usar manômetros de baixa para medir pressão de condensação.

Válvulas de expansão

Verificações:

- a) Carga do bulbo: se o bulbo da válvula perder sua carga a válvula se moverá para a posição fechada. A verificação da carga do bulbo pode ser feita através dos seguintes passos:
 - Instalar um manômetro de baixa no registro de serviço de sucção;
 - Desligar o compressor;
 - Remover o bulbo remoto de sucção;
 - Colocar o bulbo dentro de um recipiente contendo água gelada;
 - Partir do compressor;
 - Remover o bulbo da água gelada e aquecer o com a mão;
 - Observar variação da pressão de sucção.

- b) Ajuste do superaquecimento: o ajuste do superaquecimento pode ser realizado através dos seguintes passos:
 - Instalar um manômetro de baixa no registro de serviço de sucção;
 - Lixar o tubo de sucção próximo ao bulbo;
 - Instalar o elemento sensor de um termômetro eletrônico ou bulbo de um termômetro de mercúrio neste ponto e isolá-lo termicamente;
 - Verificar a pressão de sucção;
 - Entrar na tabela de vapor saturado do refrigerante e determinar a temperatura de saturação t_1 correspondente à pressão de sucção;

- Leia a temperatura t_2 no termômetro;
- Calcular o superaquecimento subtraindo;
- Os valores obtidos do superaquecimento deverão ser ajustados de acordo com a indicação de cada fabricante. Caso não se tenha estes dados pode-se, com os devidos cuidados, utilizar a faixa de 7 °C a 12 °C.

Cuidados

- a) Separar as espiras do capilar da válvula para evitar que se friccionem umas contra as outras devido a vibrações;
- b) Após a atuação no parafuso que regula a válvula, aguardar pelo menos um minuto, para determinar o superaquecimento;
- c) Desmontar a válvula para efetuar soldagem;
- d) Verificar o posicionamento dos pinos da válvula e remontá-la.

Superaquecimento

É um dos ajustes mais importantes em refrigeração. É o responsável pela proteção do compressor contra golpes de líquido, pelo resfriamento adequado do motor e pela eficiência do sistema. Consiste em um aquecimento adicional do vapor que se formou no evaporador para assegurar a inexistência de líquido no refrigerante succionado pelo compressor. O valor do superaquecimento em um ciclo é regulado pela válvula de expansão.

Verificações

- a) Girar a haste da válvula de serviço de sucção totalmente para trás, fechando deste modo a conexão do manômetro.
- b) Instalar um manômetro de baixa na conexão de manômetro da válvula de serviço;
- c) Girar a haste da válvula uma volta para a frente, abrindo assim, a conexão do manômetro;
- d) Lixar o tubo de sucção o mais próximo possível do bulbo;
- e) Instalar neste ponto o sensor do termômetro eletrônico ou bulbo de um termômetro de mercúrio de precisão e isolá-lo termicamente;
- f) Após 2 minutos verificar a pressão de baixa e temperatura de sucção t_2 ;
- g) Entrar na tabela de refrigerante saturado com a pressão de sucção e tirar a temperatura de saturação t_1 ;
- h) De terminar o superaquecimento subtraído sem a temperatura de saturação da temperatura de sucção medida com o termômetro ($t_2 - t_1$).

Caso seja necessário, regular a válvula de expansão atuando no parafuso de regulagem até que o superaquecimento esteja na faixa recomendada pelo fabricante. As leituras devem ser efetuadas, pelo menos um minuto, após cada atuação no parafuso de regulagem. Isto permite que o sistema se estabilize.

Sub-resfriamento

O Sub-resfriamento vem a ser um resfriamento adicional que se dá ao refrigerante liquefeito no condensador. Teoricamente, quanto maior o Sub-resfriamento, para uma determinada pressão de condensação, maior é a capacidade do sistema. O Sub-resfriamento, entretanto, normalmente é obtido através de um circuito independente contido no próprio condensador, o que implica em aumentos de custos e dimensões

do condensador. Geralmente os fabricantes de equipamentos indicam um mínimo de 4°C de Sub-resfriamento.

Verificações. O Sub-resfriamento é determinado da seguinte forma:

- a) Girar a válvula do condensador ou do tanque de líquido ou, em caso de inexistência, da válvula de serviço de descarga totalmente para trás, fechando deste modo a conexão do manômetro;
- b) Instalar um manômetro de alta na conexão de manômetro da válvula;
- c) Girar a haste da válvula uma volta para a frente, abrindo assim, a conexão do manômetro;
- d) Lixar o tubo de líquido imediatamente antes da válvula de expansão;
- e) Instalar neste ponto o sensor do termômetro eletrônico ou o bulbo de um termômetro de mercúrio de precisão, e isolá-lo termicamente;
- f) Após 2 minutos verificar a pressão de alta e a temperatura de líquido;
- g) Entrar na tabela de refrigerante saturado com a pressão de alta e tirar temperatura de saturação do refrigerante;
- h) Determinar o Sub-resfriamento subtraindo-se a temperatura de líquido, medida com o termômetro, da temperatura de saturação do refrigerante.

Filtro secador

Os filtros secadores podem ser ligados ao sistema através de solda ou rosca. Devem ser, obrigatoriamente, instalados nas linhas de líquido, imediatamente após o registro do condensador e, eventualmente nas linhas de sucção, imediatamente antes do registro de sucção do compressor.

Filtros secadores entupidos podem apresentar os seguintes sintomas:

- a) Elevada perda de carga;
- b) Temperatura de líquido mais baixa na saída do filtro;
- c) Visor de líquido borbulhando;
- d) Válvulas de expansão "chiando";
- e) Superaquecimento elevado.

O melhor método de se verificar um filtro secador é através do uso de manômetros na entrada e saída do filtro. A diferença de temperatura só é notada quando a perda de carga através do filtro é muito elevada.

Cuidados:

- a) A embalagem ou vedação deste tipo de filtro só deve ser aberta no momento da substituição;
- b) Os núcleos devem ser substituídos por originais e em hipótese alguma se deve compor no campo, núcleos com materiais avulsos encontrados no comércio como sílica gel, alumina ativada, carvão ativo, etc.
- c) Alguns fabricantes usam filtros cujo elemento é de tela metálica. Este tipo de filtro retém partículas sólidas do sistema mas não remove umidade, cera ou ácidos. Apresenta, ainda, o perigo de se romper e suas partículas metálicas danificarem outros componentes do sistema, inclusive o compressor. Estes tipos de filtros devem ser substituídos por filtros secadores.

Recolhimento do refrigerante ("Pump down")

O recolhimento de refrigerante consiste em confinar a quase totalidade do refrigerante do sistema entre a válvula de descarga do compressor e o registro de líquido do condensador ou do tanque de líquido, quando existente, ou ainda da válvula solenoide da linha de líquido.

O recolhimento de refrigerante se faz com duas finalidades, uma durante operação normal e outra para serviços.

Durante a operação normal, a finalidade do recolhimento é permitir que o compressor parta com pouca carga e sem risco de admitir líquido oriundo do evaporador no momento da partida. Neste caso o recolhimento é automático. O termostato quando satisfeito, desliga a válvula solenoide que fecha. O compressor continua funcionando mas o líquido é bloqueado pela solenoide e com isto a pressão de sucção vai caindo até que o ponto de corte do pressostato de baixa seja atingido. O pressostato de baixa abre desligando assim o compressor.

Para serviços como substituição de óleo, substituição de filtros, intervenções no compressor,

etc... o recolhimento é feito de modo diferente do descrito anteriormente. Neste caso, com o compressor desligado, fecha-se manualmente o registro de líquido do condensador ou do tanque de líquido, se existir. Instala-se um manômetro de baixa na válvula de sucção e "jumpeia se" o pressostato de baixa, pois a pressão de sucção durante o recolhimento será muito menor que a pressão de desarme do pressostato de baixa. Aciona-se o compressor e quando a pressão de baixa desejada for atingida, desliga-se o compressor retirando-se o "jump" do pressostato de baixo. Um minuto após o primeiro recolhimento, repete-se a operação e após o desligamento do compressor, fecha-se a válvula de serviço de descarga do compressor. Esta repetição se torna necessária devido à grande quantidade de refrigerante contida no óleo (para um circuito com R22, por exemplo). Qualquer parte do sistema não pressurizada pode então sofrer intervenções. Para retornar a operação deve se fazer vácuo nas partes do circuito não pressurizadas, abrir os registros de líquido e a válvula de serviço de descarga do compressor.

Cuidados

- a) Não usar manômetros de alta no lugar dos de baixa;
- b) Abriga a válvula de serviço de descarga antes de religar o compressor.

Nível de óleo

Consiste na observação do nível, aparência e existência de espuma no óleo. Nem sempre o nível de óleo deve ficar no centro da visor. A compressores que tem controle de capacidade cujos mecanismos descarregadores dos cilindros são hidráulicos, portanto em determinadas condições de carga, armazenam grandes quantidades de óleo, o que altera o nível no visor do cárter. Deve-se verificar o nível de óleo de acordo com as indicações do fabricante do compressor. A existência de muita espuma no óleo indica mistura com refrigerante. Neste caso o superaquecimento deve, necessariamente, ser verificado. Óleo muito escurecido pode ser indicação de oxidação. Neste caso deve-se remover uma amostra e analisá-la. Caso não seja possível tal análise, é conveniente efetuar sua substituição. Ao substituir o óleo, sempre limpar ou substituir o filtro.

Cuidados:

- a) Usar apenas os óleos do tipo e viscosidade recomendados pelo fabricante do compressor;
- b) Não misturar óleos de marcas ou viscosidades diferentes;
- c) Abrir o reservatório de óleo apenas no momento da carga;
- d) Adquirir óleo em recipientes pequenos. A economia devido à aquisição de óleo em grandes recipientes não compensa o risco do óleo absorver umidade. Óleos de refrigeração têm grande afinidade por umidade.

Substituição de óleo

Consiste na substituição do óleo por tempo de uso ou pela constatação de degradação das suas propriedades devido a fatores incomuns. Na impossibilidade de executar testes específicos, deve-se verificar o óleo por sua coloração e odor. Normalmente uma coloração escura e odores ácidos indicam que o óleo deve ser substituído. Compressores semi-herméticos dispõem de válvula de carga no cárter por onde o óleo pode ser drenado e carregado. É imprescindível que no processo de carga ou descarga do óleo a resistência de cárter esteja desligada, pois o risco de queima da resistência ligada sem óleo é muito grande.

A remoção do óleo em um compressor que disponha de válvula do serviço e esteja pressurizado deve ser efetuada do seguinte modo:

- Desligada resistência do cárter;
- Conectar uma mangueira à válvula do cárter;
- Abrir a válvula de carga e drenar o óleo para um recipiente.

A remoção do óleo em compressores herméticos que não dispõem de válvulas de serviço deve ser efetuada da seguinte maneira:

- Fechar as válvulas de serviço de descarga e sucção;
- Aliviar lentamente a pressão de refrigerante do compressor;
- Soltar as válvulas de serviço de descarga e sucção e retirar o compressor;
- Inclinando o compressor e drenar todo o óleo pela conexão da válvula de sucção.

A carga de óleo deve ser feita do seguinte modo:

- Fechar os registros de serviço de sucção e descarga do compressor;
- Fazer vácuo no compressor;
- Conectar uma mangueira a válvula de carga e enchê-la com óleo;
- Imergir a outra extremidade da mangueira no recipiente de óleo;
- Abrir a válvula de carga e carregar a quantidade de óleo indicada pelo fabricante do compressor;
- Religar a resistência, verificar seu funcionamento através da corrente consumida, medida com alicate amperímetro.

Em compressores herméticos o óleo deve ser carregado pelo registro de sucção com o compressor parado. Outro modo de carregar o óleo em um sistema pressurizado é através de uma bomba manual de óleo. Neste sistema, mangueira de sucção vai conectada ao recipiente de óleo e a da descarga da bomba é conectada à válvula de carga

Cuidados:

- a) Usar apenas o óleo recomendado pelo fabricante do compressor;
- b) Abrir o recipiente de óleo somente no momento da carga;
- c) Adquirir o óleo em recipientes pequenos;
- d) Não armazenar óleo em recipientes que tenham sido abertos;
- e) Substituir e/ou limpar os filtros de óleo sempre que substituir o óleo;
- f) Durante o processo de carga de óleo expô-lo o mínimo ao ar para evitar absorção de umidade.