



GUIA DE RETROFIT

R-470B (RS-51)

O RS-51 é uma mistura de HFCs e HFOs concebida para substituir o R-404A, o R-507A e o R-407F, apresentando o GWP mais baixo do mercado. Trata-se de um refrigerante de alta segurança do grupo A1, sendo, portanto, não inflamável e não tóxico, e com uma capacidade frigorífica e eficiência energética semelhantes às dos substitutos do R-404A.

Uma vez que o seu GWP é aproximadamente 80% inferior ao do R-404A e 45% inferior ao do R-448A e R-449A, o imposto sobre gases fluorados aplicável a este produto é o mais baixo entre os refrigerantes de alta segurança (grupo A1).

1. INSTALAÇÕES COM R-404A, R-507, R-407F, R-449A, R-448A ou R-22

- Equipamentos de refrigeração de média e baixa temperatura.

Em equipamentos de refrigeração comercial, industrial ou refrigeradores de água, consulte a tabela abaixo para determinar as alterações que a conversão para RS-51 implica para cada refrigerante:

Conversão	Configurar VEE	Alteração do orifício VET	Lubrificante	Notas
R-407F – RS-51	⚠ Necessário	☑ Não necessário	☑ Sem alteração	Com válvula de expansão termostática, apenas ajuste
R-404A – RS-51	⚠ Necessário	⚠ Pode ser necessário	☑ Sem alteração	Com válvula de expansão termostática, pode ser necessário um orifício menor
R-507 – RS-51	⚠ Necessário	⚠ Pode ser necessário	☑ Sem alteração	Com válvula de expansão termostática, pode ser necessário um orifício menor
R-449A – RS-51	⚠ Necessário	⚠ Necessário	☑ Sem alteração	Com válvula de expansão termostática, requer orifício menor
R-448A – RS-51	⚠ Necessário	⚠ Obrigatório	☑ Sem alteração	Com válvula de expansão termostática, requer orifício menor
R-22 – RS-51	⚠ Necessário	☑ Não necessário	⚠ Requer substituição	Mudança de lubrificante de mineral para POE

2. SUBSTITUIÇÃO DO GÁS

O processo de substituição com RS-51 segue basicamente o procedimento especificado pelo fabricante do equipamento. Dado que o RS-51 é uma mistura zeotrópica, é muito importante que o enchimento do sistema seja realizado na fase líquida.

- Certifique-se de que dispõe do equipamento necessário, por exemplo, manómetros, máquina de recuperação, garrafas de recuperação, recipiente para o óleo, bomba de vácuo, balança, entre outros.
- Antes de extrair o refrigerante, se possível, opere a unidade em condições padrão e monitore as pressões, temperaturas e quaisquer outros dados relevantes para estabelecer as condições de trabalho do equipamento. Se isso não for possível, as condições de trabalho adequadas costumam ser especificadas pelo fabricante.

3. Recuperar e pesar o refrigerante da unidade. O peso deve estar dentro do intervalo indicado pelo fabricante.
4. Se possível, verifique o estado do lubrificante, por exemplo (água, ácido, sólidos e incondensáveis) e, se necessário, substitua o óleo contaminado pelo mesmo tipo de lubrificante. Se a instalação funcionava com R-404A ou R-507, certamente contém óleos POE. O RS-51 é compatível com lubrificantes polioléster (POE) e, por isso, pode funcionar com o mesmo tipo de óleo.

OBSERVAÇÃO: Se o refrigerante existente era R-22 ou os seus substitutos (R-434A, R-438A, R-453A), é possível que a instalação contenha óleos minerais ou alquilbenzenos e, por isso, estes devem ser substituídos por óleos POE. Anote o nível de óleo extraído e verifique se corresponde ao recomendado pelo fabricante. Essa quantidade deve ser substituída por óleo POE. A quantidade de óleo mineral residual deve ser inferior a 5%. A Gas Servei dispõe de kits de análise de óleo para esta função.

5. Se possível, verifique o nível de óleo e adicione, se necessário, uma vez que, ao extrair o refrigerante, poderemos ter arrastado algum óleo. Caso o nível esteja baixo, não encha até ao máximo, pois o nível poderá voltar a subir (após um curto período de tempo, o nível de óleo estabilizará).
6. Verifique o estado das juntas e dos fechos da instalação e substitua os que não estiverem em boas condições.
OBSERVAÇÃO: Se o refrigerante existente era R-22 ou os seus substitutos (R-434A, R-438A, R-453A), é possível que os elementos da instalação tenham juntas de borracha. Nesse caso, recomenda-se a utilização de juntas metaloplásticas, do tipo Klingerit ou outras resinas fluoradas, como o teflon ou similares, compatíveis com o R-404A e o R-507.
7. Dependendo do tipo de expansão da instalação, será necessário configurar a válvula de uma forma ou de outra. Nos pontos 2.1 e 2.2 encontrará as informações a esse respeito.
8. Recomenda-se substituir o filtro e fazer o vácuo no sistema.
9. Teste a estanqueidade do sistema com nitrogénio seco a 25 bar e, em seguida, evacue-o com uma bomba de vácuo de duas fases equipada com vacuómetro. Se o óleo tiver sido substituído, evacue entre 50 e 10 mbar; caso contrário, será suficiente chegar aos 500 mbar.

10. Encha sempre a unidade na fase líquida com RS-51. Inicialmente, a quantidade de RS-51 deve corresponder a 90% da quantidade do refrigerante original, ou seja: $m_{RS-51} = m_{ORIGINAL} \times 0,9$.

OBSERVAÇÃO: É aconselhável dispor das tabelas de Pressão/Temperatura do RS-51.

11. Opere a unidade em condições semelhantes às originais, controlando o visor de líquido, o nível de óleo do compressor e o superaquecimento na aspiração.
12. Enquanto continua a controlar os aspetos, além dos parâmetros de funcionamento mencionados, vá adicionando os restantes 10% de RS-51 até completar a carga. Se o sistema dispuser de um visor de líquido, carregue gradualmente até verificar que apenas passa líquido refrigerante. Não sobrecarregue o sistema.

Opere o equipamento nas mesmas condições que no ponto 2 e verifique se o funcionamento é semelhante. Para obter as condições de funcionamento ideais com a temperatura média, o procedimento irá variar dependendo do tipo de expansão do equipamento:

1. válvula de expansão eletrónica (EEV).
2. válvula de expansão termostática (TXV) ou outros sistemas de expansão.

3. AJUSTE DA INSTALAÇÃO

3.1 CONFIGURAÇÃO COM EEV (VÁLVULA DE EXPANSÃO ELETRÓNICA)

Podemos encontrar duas situações:

1. O controlador da EEV tem pré-configurados diferentes refrigerantes, entre os quais se encontra o R-470B. Neste caso, devemos seleccioná-lo para que o equipamento adapte as suas condições de funcionamento para operar em condições ótimas com este refrigerante.
2. No controlador da EEV, o R-470B não se encontra na lista de seleção de refrigerantes. Neste caso, devemos configurá-lo introduzindo as constantes de Antoine do RS-51 para o ponto de orvalho e de bolha:

	Ponto de orvalho	Ponto de bolha
A (A₁)	10,70	8,99
(* B (A₂))	2.407,27	1.698,03
C (A₃)	256,64	250,97

$$T_e = \frac{A_2}{\ln(P_e) - A_1} - A_3$$

Nota: Alguns fabricantes identificam os coeficientes A, B e C como A₁, A₂ e A₃.

* Como se pode observar na fórmula anterior, a constante B (A₂) tem sinal positivo na fórmula; se for esse o caso, introduza o valor com o sinal negativo. Para verificar se o sinal já está incorporado na fórmula, consulte a documentação do controlador ou verifique o valor de B para qualquer outro gás que já esteja introduzido no sistema.

3.2 CONFIGURAÇÃO COM TXV (VÁLVULA DE EXPANSÃO TERMOSTÁTICA)

Para garantir que o equipamento funcione em boas condições com o RS-51, é necessário verificar a válvula de expansão:

Selecione a válvula e o seu orifício da mesma forma que faria para o R-407C ou o R-22. Se o equipamento já funcionava com algum destes gases, não é necessário substituí-la.

Quando o sistema estiver a funcionar, verifique as condições operacionais e compare-as com as que registou no início, ainda com o refrigerante antigo. Ajuste o superaquecimento com a válvula de expansão.

OBSERVAÇÃO: Se o fabricante do equipamento recomendar carregar o sistema original com R-404A ou R-507 através do superaquecimento do evaporador ou do sub-arrefecimento do condensador, utilize os mesmos valores com o RS-51.

Se o refrigerante original era R-22, embora a pressão de sucção do compressor seja semelhante à observada com o R-22, a pressão de descarga será superior, pelo que será necessário ajustar os pressostatos de alta. Verifique os limites operacionais do compressor.

13. Verifique se o nível de óleo do compressor está correto e adicione ou retire óleo, se necessário. É provável que observe uma melhoria no retorno de óleo em comparação com a instalação a funcionar com R-404A ou R-507.

É importante garantir que, no caso de adicionar óleo de poliéster ao sistema, o nível de óleo (imediatamente após a adição) se mantenha abaixo do ponto médio do nível de óleo do sistema (por exemplo, a meio do visor). É igualmente importante manter um registo preciso da quantidade de óleo introduzida para evitar um enchimento excessivo.

14. Desligue os recipientes de refrigerante do sistema, imediatamente após concluir o enchimento ou esvaziamento do mesmo.
15. Verifique novamente a estanqueidade da instalação, procurando possíveis fugas; qualquer detetor adequado para HFC será adequado para o RS-51. Solicite à Gas Servei o detetor de HFC.
16. Identifique a instalação com o novo refrigerante.

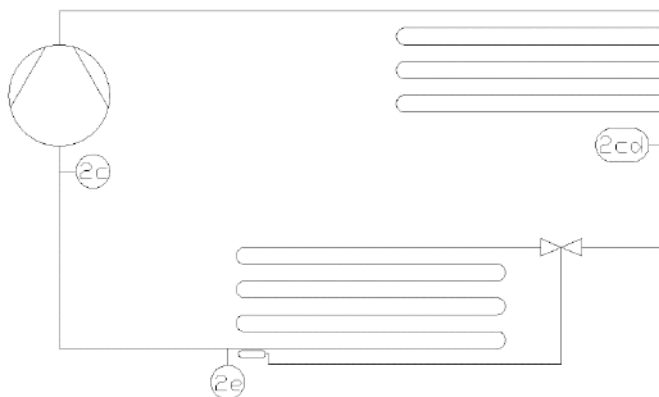
3.2.1. COMO AJUSTAR O SOBREAQUECIMENTO (SH) DA INSTALAÇÃO

Considerações prévias:

O superaquecimento (SH) total deve situar-se, idealmente, entre 7K e 12K.

$$SH_{TOTAL} = SH_{UTIL} + SH_{LINHA DE SUÇÃO}$$

- SH_{UTIL} : É o superaquecimento que ocorre no evaporador; por isso, é o que deve ser considerado para avaliar o ajuste do sistema. O valor típico recomendado situa-se entre 5K e 8K.
- $SH_{LINHA DE SUÇÃO}$: É o que ocorre entre a saída do evaporador e a entrada do compressor. O seu valor deve ser o mais baixo possível, mas garantindo que não ocorra um retorno de líquido. Os valores são aceitáveis se se situarem entre 2K e 4K.



Cálculo do reaquecimento útil real

- T2e: Meça a temperatura no ponto "2e" com um termómetro.
- T1: Observe a pressão no manómetro de sucção e verifique a que temperatura corresponde de acordo com a pressão de vapor (também conhecida como ponto de orvalho ou dew point) nas tabelas de Pressão/Temperatura da Ficha Técnica do RS-51.

$$SH_{UTIL} : T2e - (T1)$$

Sobreaquecimento total real

- T2c: Meça a temperatura no ponto «2c» com um termómetro.
- T1: Observe a pressão no manómetro de aspiração e verifique a que temperatura corresponde, de acordo com a pressão de vapor (também conhecida como ponto de orvalho ou dew point), nas tabelas de Pressão/Temperatura da Ficha Técnica do RS-51.

$$SH_{TOTAL} = T2C - (T1)$$

Superaquecimento real da linha de sucção (SH_{LINHA DE SUCCÃO})

$$SH_{LINHA DE ASPIRAÇÃO} = SH_{TOTAL} - SH_{ÚTIL}$$

3.2.2. SUBREFRIGERAÇÃO (SC) DA INSTALAÇÃO

Considerações prévias:

O sub-arrefecimento (SC) para instalações médias/grandes deve situar-se idealmente entre 8 K e 12 K.

Cálculo do sub-arrefecimento efetivo

- T_{líquidoreal}: Meça a temperatura no ponto “2cd” com um termómetro.
- T_{ponto de orvalho}: Observe a pressão no manómetro de alta pressão e verifique a que temperatura corresponde, de acordo com a pressão de vapor (também conhecida como ponto de orvalho ou dew point), nas tabelas de Pressão/Temperatura do refrigerante.

$$\text{Subenfriamiento efectivo} = (T_{\text{rocío}} - \text{glide}_{\text{efectivo}}) - T_{\text{líquido real}}$$

OBSERVAÇÃO: Normalmente, definir-se-ia como: T_{bolha} - T_{líquidoreal}

No caso do RS-51, o cálculo clássico do sub-arrefecimento como T_{bolha} - T_{líquido} pode induzir em erro devido à presença de CO₂ na mistura, que não condensa às pressões típicas do sistema. Por isso, é recomendável calcular o sub-arrefecimento efetivo aplicando um ajuste com o *glide efetivo* ou utilizar outras variáveis mais representativas.

4. COMO CALCULAR O SOBREAQUECIMENTO (SH) DA INSTALAÇÃO PARA EFEITOS DE CÁLCULOS TERMODINÂMICOS

$$T_{\text{evap}} = T_{\text{rocío}} - \frac{\text{Glide}_{\text{efectivo}}}{2}$$

glide_{efetivo} do RS-51: 4,1 K

Esclarecimentos:

Na secção 4 foi explicado como ajustar o reaquecimento real da instalação, embora, para efeitos de cálculos de rendimento (COP), análise de ciclos termodinâmicos, etc., seja mais conveniente ter em conta esta fórmula pelos seguintes motivos:

Quando se realiza o ajuste, não se tem em conta que os componentes mais voláteis da mistura começam a evaporar a uma temperatura mais baixa. Por este motivo, e para cálculos termodinâmicos (não para o ajuste), recomenda-se ter em conta o *glide*. Para tal, recomenda-se utilizar a temperatura média de evaporação, ou seja, o ponto médio entre a temperatura de evaporação do componente mais volátil e a do componente menos volátil.

Na verdade, trataria-se de considerar a temperatura da bolha (ou líquido) e a temperatura do ponto de orvalho (ou vapor) para a pressão de aspiração da instalação e calcular a média (soma dos dois valores dividida por dois), embora isto também não fosse correto para o RS-51.

Em misturas com CO₂, como o RS-51, parte do *glide teórico* corresponde ao CO₂, que não condensa nem evapora em condições normais do sistema. Por isso, o cálculo termodinâmico deve considerar apenas o *glide efetivo*, ou seja, a diferença de temperatura entre os componentes que realmente mudam de fase no circuito frigorífico.