

1 - INTRODUÇÃO

A utilização de refrigerantes inflamáveis em sistemas herméticos de refrigeração doméstica foi descontinuada após o aparecimento e produção em larga escala dos refrigerantes CFCs, em função destes últimos apresentarem baixo custo, serem atóxicos e por não apresentarem características de inflamabilidade.

Recentemente, devido ao ataque da camada de ozônio pelos CFCs, sua utilização vem sendo gradativamente descontinuada, conforme os prazos definidos pelo Protocolo de Montreal.

Diversos refrigerantes alternativos ao CFC12 foram estudados e alguns vem sendo normalmente utilizados pela indústria de refrigeração mundial. Entre eles, estão alguns refrigerantes inflamáveis.

Isto se deve ao fato de certos refrigerantes inflamáveis, entre eles o isobutano (R 600a), apresentarem excelentes características ambientais, ou seja, não afetarem a camada de ozônio e exercerem efeito direto desprezível sobre o aquecimento da Terra (efeito estufa).

O objetivo deste informativo técnico é apresentar, em detalhes, as principais características técnicas e os impactos, tanto no compressor quanto no projeto do sistema de refrigeração, quando utilizado o refrigerante alternativo isobutano em sistemas herméticos de refrigeração.

2 - O REFRIGERANTE ISOBUTANO

O refrigerante isobutano, a exemplo de outros refrigerantes alternativos, apresenta algumas características termodinâmicas distintas do R 12, conforme mostra a figura 1.

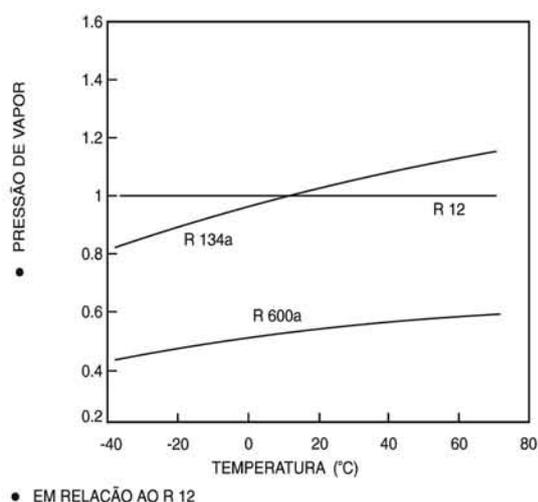


Fig. 1 - Comportamento da pressão de vapor do R 600a e R 134a em relação ao R 12, em função da temperatura.

Como pode-se observar, o isobutano (R 600a) apresenta menores pressões de vapor que o R 12 ou R 134a, em toda a faixa de temperatura.

Com o objetivo de observar o impacto da substituição do R 12 pelo R 600a, são apresentadas na tabela 1 as características de funcionamento, em calorímetro, do compressor modelo EM 20NP220-240V/50Hz operando com R 12 e do seu modelo equivalente com R 600a.

REFRIGERANTE		R 12	R 600a
COMPRESSOR		EM 20NP	EMI 20CEP
A - Volume deslocado			
	cm ³	2,27	3,77
B - Pressão Evaporação (-25 °C)			
	bar	1,237	0,579
Pressão Condensação (55 °C)			
	bar	13,66	7,72
Entalpia (-25 °C/32 °C)			
	kJ/kg	375	501,5
Entalpia (55 °C)			
	kJ/kg	254	224,9
Diferença de Entalpia			
	kJ/kg	121	276,6
C - Capacidade de Refrigeração			
	W	35	34
Fluxo de Massa			
	kg/h	1,046	0,443
Temperatura Gás Saída Cilindro			
	°C	99	87
D - Temp. Entrada Disp. Expansão			
	°C	55	55
Volume Específico			
	dm ³ /kg	0,841	1,96
Vazão Volumétrica			
	dm ³ /h	0,879	0,867

Tabela 1. Comparativo entre R 12 e R 600a

Na seção A da tabela 1, observa-se que o R 600a necessita de um aumento no volume deslocado do compressor da ordem de 65 a 70% para uma mesma capacidade de refrigeração.

Como pode ser observado na seção B, a diferença de entalpia do isobutano é significativamente maior que a do R 12. Assim, um menor fluxo de massa é necessário para se obter uma mesma capacidade de refrigeração.

Na seção C da tabela 1, observa-se a menor temperatura monitorada na descarga do compressor operando com R 600a do que com R 12.

As condições do refrigerante na entrada do dispositivo de expansão estão representadas na seção D da tabela 1. Como pode-se observar, a vazão volumétrica com isobutano é cerca de apenas 1,3% inferior à de R 12, ou seja, a princípio nenhuma alteração é necessária no tubo capilar de sistemas de refrigeração, quando isobutano é utilizado como substituto do R 12.

3 - SELEÇÃO DE COMPRESSORES PARA R 600a

Como comentado anteriormente, o isobutano requer um aumento no volume deslocado do compressor da ordem de 65 a 70% em relação ao R 12, para uma determinada capacidade de refrigeração.

Assim sendo, os compressores EMBRACO para R 600a tiveram seus volumes deslocados ajustados, objetivando-se ter as mesmas capacidades de refrigeração dos modelos equivalentes para R 12 ou R 134a, sem qualquer alteração dimensional externa dos compressores.

Deve-se enfatizar que, somente compressores desenvolvidos para R 600a devem ser utilizados com este refrigerante. A utilização de compressores R 12 ou R 134a é totalmente desaconselhada nas aplicações com R 600a.

Para maiores informações dos modelos de compressores já disponíveis para R 600a, contate nossa equipe de vendas através dos endereços que constam no final deste informativo.

4 - ÓLEO LUBRIFICANTE

Os óleos minerais e sintéticos, atualmente utilizados em sistemas de refrigeração com R 12, são plenamente compatíveis com o R 600a e são os recomendados para esta aplicação.

Os óleos éster também são compatíveis com o R 600a. Entretanto, este tipo de óleo apresenta custo mais elevado, não é compatível com determinados compostos químicos atualmente utilizados nos processos de fabricação de compressores e componentes para sistemas de refrigeração com R 12, além de exigir cuidados especiais no seu manuseio, devido à sua alta capacidade de absorção de umidade.

5 - SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO PARA R 600a

A utilização do isobutano em sistemas de refrigeração, apresenta algumas diferenças fundamentais, listadas abaixo, em relação a um sistema para R 12, principalmente nos aspectos de segurança, conforme descrito no item 6.

5.1 - TUBULAÇÕES

O refrigerante isobutano é compatível com os principais materiais metálicos utilizados nos sistemas de refrigeração como aço, cobre, latão e alumínio.

Elastômeros como Viton, Neoprene, Nylon, Teflon e alguns tipos de borracha nitrílica são adequados para o uso com R 600a. Entretanto, borracha natural e silicone não são recomendados.

5.2 - TROCADORES DE CALOR

Os trocadores de calor (condensadores e evaporadores) que operam com R 12 sem problemas de funcionamento, podem também ser utilizados em sistemas para R 600a.

5.3 - TUBO CAPILAR

Como demonstrado na seção D da tabela 1 e verificado experimentalmente, a princípio nenhuma alteração é necessária no tubo capilar dos sistemas de refrigeração originalmente projetados e otimizados para R 12, quando R 600a é utilizado como refrigerante.

5.4 - FILTRO SECADOR

Os dessecantes comumente utilizados em filtros secadores de sistemas para R 12 (XH-5 e XH-6) e R 134a (XH-7 e XH-9) são plenamente compatíveis com R 600a e recomendados.

Convém ressaltar que deve-se utilizar sempre um filtro secador em sistemas de refrigeração, seja para R 600a, R 134a ou R 12.

5.5 - CARGA DE REFRIGERANTE

Em sistemas de refrigeração que funcionam sem problemas de operação com R 12, a carga de R 600a será aproximadamente 40% da carga de R 12.

Entretanto esta não é uma regra geral, mas serve como estimativa preliminar da carga de R 600a.

Um ponto importante a ser observado é a metodologia utilizada na determinação da carga de refrigerante com R 600a.

Cuidados especiais devem ser tomados com o objetivo de se evitar infiltrações de ar no sistema quando pequenas quantidades de refrigerante são adicionadas através de um cilindro de gás até obter-se a carga adequada. Isto se deve ao fato dos sistemas com R 600a trabalharem com pressões de sucção abaixo da atmosférica.

A mangueira que conecta o cilindro de gás à tubulação de processo do sistema de refrigeração, tem que ser evacuada toda vez que nova quantidade de R 600a for adicionada.

Quando da determinação da carga de refrigerante, o sistema deverá ser evacuado e a carga total de refrigerante deverá ser introduzida no sistema de uma única vez, estando este desta forma apto para a realização de testes.

6 - SEGURANÇA NOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO PARA R 600a

A utilização do R 600a em sistemas originalmente projetados para R 12 ou R 134a, não se restringe pura e simplesmente à troca do refrigerante, como comentado no item 5.

Em função do R 600a ser um refrigerante inflamável, aspectos relativos à segurança dos sistemas devem ser observados objetivando assegurar um funcionamento seguro sem oferecer perigos de explosão ou fogo.

As recomendações descritas a seguir visam disponibilizar informações orientativas relativas à segurança dos sistemas para R 600a.

Entretanto, deve-se enfatizar que cada fabricante de sistema deve realizar avaliações de risco específicas em cada configuração de produto a ser utilizado com R 600a, objetivando garantir a segurança de seus produtos.

6.1 - VAZAMENTO NO COMPARTIMENTO INTERNO DO SISTEMA

O risco de explosão no compartimento interno do sistema existe se houverem vazamentos de R 600a do evaporador, que em contato com o ar poderá formar uma mistura inflamável. Qualquer fonte de ignição (ex. termostato, botões de liga/desliga, resistência elétrica, etc) que possa estar em contato com esta mistura, poderá inflamá-la.

Tal possibilidade pode ser evitada ou minimizada através de algumas medidas, como descrito abaixo:

- a) Sistemas com evaporador fora do compartimento interno.
 - a utilização de evaporadores envolvidos em espuma isolante, tipo "cold-wall", largamente utilizados no mercado europeu, reduz significativamente a probabilidade de um vazamento atingir o compartimento interno. Neste caso, nenhuma alteração é necessária nos dispositivos elétricos.
- b) Sistemas com evaporadores dentro do compartimento interno.
 - a utilização de evaporadores com duas espessuras (introdução de uma sobre-espessura metálica de segurança), também é recomendada, pois reduz a possibilidade de vazamentos atingirem os componentes elétricos situados dentro do compartimento interno.
 - no caso de se utilizar evaporadores convencionais (sem sobre-espessura metálica de segurança), todos os dispositivos elétricos devem ser:

- removidos do compartimento interno e colocados no lado externo do sistema longe do evaporador ou;
- devem ser encapsulados ou;
- devem ser à prova de fogo e explosão.

6.2 - VAZAMENTO NO LADO EXTERNO DO SISTEMA

A possibilidade de que um vazamento de R 600a no lado externo do sistema seja suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar, é muito pequena.

Entretanto, sistemas que são montados de forma embutida, os chamados "built-in", são mais susceptíveis a esta possibilidade.

A ignição da mistura existente poderá ocorrer, principalmente na parte posterior do sistema, através dos dispositivos elétricos existentes naquela região, como por exemplo os utilizados no compressor, se não adequados ao uso do isobutano.

A EMBRACO tendo ciência deste tipo de problema, desenvolveu alternativas e produz compressores para R 600a com dispositivos elétricos que evitam o risco de ignição.

6.3 - VAZAMENTO NA LINHA DE SUÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Os sistemas de refrigeração que operam com R 600a funcionam, como comentado anteriormente, com pressões de sucção abaixo da atmosférica.

Isto faz com que durante o funcionamento do compressor, sempre que ocorram vazamentos na linha de sucção, entre ar no interior da tubulação do sistema de refrigeração e também que R 600a vaze durante os períodos de parada do compressor (equalização com a pressão atmosférica).

Para se obter uma mistura inflamável com R 600a, é necessário em torno de 92-98% de ar em volume dentro da tubulação do sistema. Quando isto ocorrer, a quantidade de isobutano presente no sistema, que já é pequena devido à sua reduzida carga de gás passa ser insignificante, não oferecendo perigo a qualquer componente do sistema.

Convém ressaltar que já existem normas internacionais disponíveis sobre segurança de sistemas domésticos de refrigeração para operação com refrigerantes inflamáveis.

7 - MONTAGEM DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO PARA R 600a

A seguir estão relacionadas algumas recomendações que devem ser rigorosamente observadas, relativas à montagem de sistemas de refrigeração para R 600a:

- a) Atendendo os requisitos de segurança necessários ao uso de refrigerantes inflamáveis como R 600a, já estão disponíveis no mercado e são recomendados, equipamentos automáticos de carga, teste de vazamento e evacuação.
- b) Deve-se garantir adequada ventilação na área de carga de R 600a ao sistema, através de ventilação mecânica, se necessária. Também devem ser utilizados nesta área, detetores de vazamentos / sensores de gás adequados ao isobutano, instalados próximo ao chão pois o R 600a é mais pesado que o ar.
- c) O risco de cargas potenciais eletrostáticas (podem gerar faiscamento) acumuladas nos sistemas de refrigeração tem que ser totalmente evitado durante o processo de carga de refrigerante, através de um correto aterramento do sistema.
- d) Testes de vazamento no sistema de refrigeração devem ser realizados utilizando-se Nitrogênio, ou preferencialmente Hélio. A utilização de ar é totalmente desaconselhada e perigosa.
- e) Após o sistema ter sido carregado com R 600a, não se deve utilizar chama para brazar ou soldar junções / conexões do sistema. Soldagem ultrasônica ou de junção de tubos pelo sistema LOKRING são os recomendados.
- f) O percentual de gases não condensáveis deve ser limitado a 1%.

Caso haja necessidade de informações adicionais, contate nossa equipe de vendas através do telefone e telefax de nossa empresa, conforme abaixo:

embraco

Rua Rui Barbosa, 1020 - Cx. Postal 91
89219-901 - Joinville - SC - Brasil
Fone: + 55 47 441-2430
Fax: +55 47 441-2870

Embraco Europe S.r.l.

Via Buttigliera 6
10020 - Riva Presso Chieri (Torino) - Itália
P.O. Box 151 - 10023 - Chieri (TO)
Fone: +390 11 943-7111
Fax: +390 11 946-8377
+390 11 946-9950

Embraco North America, Inc.

2232 Northmont Parkway
Duluth, Georgia - EUA 30096
Fone: + 1 770 814 8004
+ 1 800 548 9498
Fax: +1 770 622 4620
+1 800 462 1038

Beijing Embraco Snowflake Compressor Company Ltd.

Nº 15, Jia Jia Huayuan, Fengtai District
Post Code 100075 - Beijing - China
Fone: +86 10 6722 7710
Fax: +86 10 6725 6825