

## **RENABRAVA 5, Guia para Uso e Aplicação dos Fluídos Frigoríficos.**

### **Apresentação.**

Este documento foi elaborado pelo Departamento de Nacional de Meio Ambiente da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e de Aquecimento - ABRAVA.

#### **1. Escopo.**

Orientar os profissionais que atuam nas áreas de projeto, comissionamento, operação e manutenção de sistemas de refrigeração e de ar condicionado quanto à alteração do fluído frigorífico em equipamentos de refrigeração e de condicionamento de ar, quanto aos aspectos de responsabilidade devido a toxicidade, inflamabilidade e pressões de trabalho.

Os itens a serem analisados quanto a substituição do fluído frigorífico:

- a) Aprovação da alteração do fluído frigorífico pelo fabricante do equipamento;
- b) Reconhecimento como fluído frigorífico quanto a sua designação e as suas propriedades - listado na ASHRAE 34 e na AHRI 700;
- c) Fabricante reconhecido com produto certificado e documentação técnica completa
- d) Classificação dos fluídos frigoríficos quanto a sua toxidade e flamabilidade;
- e) Limitações de aplicação em função do ambiente atendido, limites de toxidade e de inflamabilidade;
- f) Cuidado com análises de desempenho incompletas onde somente as pressões de alta e de baixa e as leituras de consumo elétrico são usadas para comparar desempenho.

**Importante:** Esta RENABRAVA 5 Guia para uso e aplicação dos fluídos frigoríficos não substitui de forma alguma as normas e documentos legais listados em 2 Referências Normativas e Documentos Legais pois destaca os pontos importantes, mas não apresenta todas as informações necessárias, ou cálculos para uma instalação correta e segura.

#### **2. Referências Normativas e Documentos Legais.**

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

##### **2.1 - Documentos Legais.**

**Portaria 3.523** de 28 de agosto de 1998 – Ministério da Saúde - Plano de Manutenção, Operação e Controle - PMOC

**Resolução 09** de 16 de janeiro de 2003 – ANVISA - Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo

## **2.2 - Normas ABNT.**

**ABNT NBR 15976:2011** Redução das emissões de fluidos frigoríficos halogenados em equipamentos e instalações estacionárias de refrigeração e ar condicionado — Requisitos gerais e procedimentos;

**ABNT NBR 15960:2011** Fluidos frigoríficos — Recolhimento, reciclagem e regeneração (3R) — Procedimento;

**ABNT NBR 15833:2010** Manufatura reversa – Aparelhos de refrigeração;

**ABNT NBR ISO 11650:2008** Desempenho de equipamento de recolhimento e/ou reciclagem de fluidos refrigerantes;

**ABNT NBR 13598:2011** Vasos de pressão para refrigeração;

**ABNT NBR 16069:2010** Segurança em sistemas frigoríficos;

## **2.3 Normas Internacionais.**

**ASHRAE - Standard 15-2013** -- Safety Standard for Refrigeration Systems and Designation and Classification of Refrigerants (ANSI Approved) - descreve os procedimentos de para a operação de equipamentos e sistemas de refrigeração e de ar condicionado usando os fluídos frigoríficos;

**ASHRAE - Standard 34-2013** - Designation and Classification of Refrigerants (ANSI Approved) descreve o procedimento de nomear os fluídos frigoríficos e a sua classificação de segurança, baseado nos dados da sua toxicidade e inflamabilidade;

**AHRI - 700-2015** with Addendum 1, Specifications for Refrigerants - estabelece as especificações de composição e de pureza (contaminação) para verificar a composição, bem como os procedimentos de análise de aceitação dos fluídos frigoríficos;

**EN-378:2008** The European Standard for the design and construction of refrigeration systems. Esta norma Europeia apresenta os requerimentos de segurança e de meio ambiente necessários para o projeto fabricação, construção, instalação, operação, manutenção, reparos e reciclagem dos equipamentos e sistemas de refrigeração e de condicionamento de ar em

respeito ao meio ambiente local e global, mas não até o ponto da destruição dos refrigerantes:

**Part 1:** Basic requirements, definitions, classification and selection criteria;

**Part 2:** Design, construction, testing, marking and documentation;

**Part 3:** Installation site and personal protection;

**Part 4:** Operation, maintenance, repair and recovery;

**ISO 5149-1:2014** - Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements - a proposta desta norma internacional é o de promover o projeto, construção, instalação, operação, manutenção e a rejeição dos materiais de forma segura dos equipamentos e sistemas de refrigeração:

**Part 1:** Definitions, classification and selection criteria;

**Part 2:** Design, construction, testing, marking and documentation

**Part 3:** Installation site

**Part 4:** Operation, maintenance, repair and recovery

## **2.4 Documentos ABRAVA.**

### **2.4.1 Renabrava 5 - Inspeção de sistemas de ar condicionado.**

## **3. Termos e Definições.**

### **3.1 Definições ASHRAE 34.**

#### **3.1.1 fluido frigorífico (fluido refrigerante)**

fluido usado para transferência de calor em sistema de refrigeração; o fluido frigorífico (fluido fluido frigoríficos) absorve o calor e o transfere para uma maior temperatura e pressão, usualmente com mudança de fase. Substâncias acrescentadas para permitir outras funções, tais como: lubrificação, detecção de vazamento, absorção, ou desidratação não são fluidos frigoríficos (fluidos fluido frigoríficos)

#### **3.1.2 compostos.**

substâncias formadas pela combinação química de dois ou mais elementos em proporções definidas em massa;

#### **3.1.3 hidrocarboneto**

um composto que contém apenas os elementos hidrogênio e carbono;

#### **3.1.4 halocarbono**

como usados nesta Norma, um derivado de hidrocarbonetos contendo um ou mais dos halógenos bromo, cloro, ou flúor; hidrogênio também pode ou não estar presente;

### **3.1.5 misturas de fluídos frigoríficos (fluidos refrigerantes)**

constituídos por dois ou mais diferentes compostos químicos, muitas vezes utilizado como individualmente como fluídos frigoríficos;

### **3.1.6 toxicidade**

capacidade de um fluido frigorífico de ser prejudicial ou letal devido à exposição aguda ou crônica por contato, inalação ou ingestão. Os efeitos preocupantes incluem, mas não estão limitados a, efeitos carcinogênicos, envenenamento, toxinas reprodutivas, irritações, corrosões, sensibilizações, hepatotoxinas, nefrotoxinas, neurotoxinas, agentes que atuam sobre os sistemas hematopoiéticos e agentes que danificam pulmão, pele, olhos ou membranas mucosas. Para esta norma, exclui-se desconforto temporário em nível não prejudicial

### **3.1.7 toxicidade crônica**

efeitos adversos sobre a saúde resultantes de exposições repetidas a longo prazo. Esta informação é utilizada, em parte, para estabelecer TLV-TWA, PEL ou outros índices consistentes;

### **3.1.8 limite ocupacional de exposição (OEL- Occupation exposure limit)**

concentração média ponderada pelo tempo (TWA) para um dia normal de oito horas e semana de trabalho de 40 horas na qual praticamente todos os trabalhadores podem ser expostos de forma repetitiva sem efeitos adversos, baseado na OSH PEL, ACGIH TLV-TWA, AIHA WEEL ou valor consistente

### **3.1.9 nível sem efeito observado (NOEL- No-observed-effect level)**

a concentração mais elevada de um material, um fluido frigorífico nesta norma, na qual não foram observados quaisquer efeitos em mesmo um animal de ensaio

### **3.1.10 calor de combustão (HOC- Heat of combustion)**

calor liberado quando uma substância é queimada, determinada como a diferença de entalpia entre os reagentes (fluido frigorífico e ar) e seus produtos após a combustão, tal como definido na Seção 6.1.3.5. O calor ou entalpia de combustão é expresso frequentemente como energia por unidade de massa (por exemplo, kJ /kg ou Btu/ lb);

### **3.1.11 limite de concentração inflamável (FCL- Flammable concentration limit)**

o limite de concentração de fluido frigorífico no ar, determinado de acordo com esta norma e destinado a reduzir o risco de incêndio ou explosão em espaços fechados, normalmente ocupados

### **3.1.12 limite inferior de inflamabilidade (LFL - Lower flammability limit)**

a concentração mínima de uma substância, um fluido frigorífico nesta norma, que é capaz de propagar uma chama por meio de uma mistura homogênea desta substância e do ar, sob condições de ensaios especificados

### **3.1.13 limite de concentração de fluido frigorífico (RCL- Refrigerant concentration limit)**

concentração máxima de fluido frigorífico, no ar, determinado em conformidade com esta norma e com o objetivo de reduzir os riscos de toxicidade aguda, asfixia e os perigos de inflamabilidade em espaços fechados normalmente ocupados;

### **3.1.14 pior caso de formulação para inflamabilidade (WCF - Worst case of formulation for flammability)**

formulação nominal, incluindo as tolerâncias de composição, que resulta na concentração mais inflamável de componentes;

### **3.1.15 pior caso de fracionamento para inflamabilidade (WCFF- Worst case of fractionation for flammability)**

composição produzida durante o fracionamento do pior caso de formulação para inflamabilidade, que resulta na mais elevada concentração dos componentes inflamáveis, conforme identificado nesta norma em fase de vapor ou líquido

## **3.2 Definições ABNT NBR 16069.**

### **3.2.1 equipamento frigorífico**

equipamento que compõe o sistema frigorífico, incluindo, mas não limitado a qualquer ou todos os seguintes componentes: compressor, condensador, tanque de líquido, evaporador e tubulação;

### **3.2.2 fluido secundário**

qualquer fluido intermediário usado para transferência de calor entre o sistema de refrigeração e um outro meio (por exemplo, ar ambiente, fluido de processo) com ou sem mudança de estado físico, tendo apenas um elemento pressurizador (por exemplo, bomba) para promover a circulação entre o circuito de refrigeração, a tubulação pela qual o fluido secundário circula e o elemento final de transferência de calor com o outro meio (por exemplo, água, salmoura, soluções, CO<sub>2</sub>, gelo binário.);

### **3.2.3 profissional habilitado**

considera-se profissional legalmente habilitado o trabalhador previamente qualificado e com registro no competente conselho de classe;

### **3.2.4 pressão de projeto**

pressão definida para determinar as características construtivas dos componentes do sistema frigorífico e que não deve ser menor que a pressão máxima de trabalho;

### **3.2.5 pressão máxima de trabalho admissível (PMTA)**

maior valor de pressão compatível com o código de projeto, a resistência dos materiais utilizados, as dimensões do equipamento e seus parâmetros operacionais;

### **3.2.6 pressão de saturação**

pressão na qual o vapor e o líquido coexistem em equilíbrio a uma dada temperatura;

### **3.2.7 sala de máquinas**

espaço projetado para abrigar toda a instalação frigorífica ou parte desta, de forma segura;

### **3.2.8 Ambientes de ocupação humana.**

#### **3.2.8.1 Ocupação institucional**

é a área da qual seus ocupantes não podem ser rapidamente evacuados sem a assistência de outros, em virtude destes ocupantes serem deficientes, debilitados fisicamente ou confinados. A ocupação institucional inclui, entre outros, hospitais, clínicas, asilos e locais com celas de reclusão;

#### **3.2.8.2 Local de reunião pública**

é a área onde um número elevado de pessoas se reúne e da qual os ocupantes não podem deixar rapidamente o local por este ser de difícil evacuação. Tais como: auditórios, salas de jogos, salas de aulas, salas ou plataformas de embarque, salões de festas, restaurantes, teatros;

#### **3.2.8.3 Ocupação residencial**

é a área que acomoda os ocupantes com as facilidades de vida independente, incluindo provisões permanentes para viver, dormir, comer, cozinhar e higienização pessoal. A ocupação residencial inclui, entre outros, dormitórios, hotéis, residências particulares;

#### **3.2.8.4 Ocupação comercial**

é a área onde pessoas realizam negócios, pessoas são atendidas, compram alimentos e outras mercadorias. A ocupação comercial inclui edifícios de escritórios ou comerciais, pequenos restaurantes, mercados (mas não ocupações mercantis de grande porte) e áreas de trabalho e estocagem que não estão classificadas como ocupações industriais;

#### **3.2.8.5 Ocupação mercantil de grande porte**

é a área onde mais de 100 pessoas se reúnem em níveis acima ou abaixo do nível da rua;

### **3.2.8.6 Ocupação industrial**

é a área que não está aberta ao público, onde o acesso de pessoas é controlado. Esta área é utilizada para fabricar, processar ou armazenar produtos, tais como: químicos, alimentícios, gelo, etc;

### **3.2.8.7 Ocupação mista.**

é a área onde dois ou mais tipos de ocupações estão localizadas no mesmo edifício. Quando um local está isolado do resto do edifício por paredes estanques, pisos e forros e por portas que se fecham automaticamente, as exigências para cada ocupação devem ser as que se aplicam à sua classificação em particular;

## **3.3 Definições ABRAVA.**

### **3.3.1 condicionador de ar (air conditioner)**

conjunto de equipamentos para o controle da temperatura, umidade, qualidade e movimentação do ar de um ambiente, são divididos em unidades de expansão direta, também chamados de unitários e de expansão indireta também chamados de aplicados;

### **3.3.2 sistema direto (system, (direct)**

sistema de aquecimento de condicionamento de ar ou de refrigeração no quais elementos de aquecimento ou produtos de combustão, ou o fluido frigorífico, trocam calor diretamente com o material ou espaço aquecido ou resfriado, ou com o ar em uma passagem que comunica com tal espaço

#### **3.3.2.1 condicionador de ar portátil**

equipamento com todo o circuito de refrigeração contido em um corpo único destinado a ser utilizado no interior do ambiente a ser condicionado, individual e único (zona simples de controle térmico), e realiza a rejeição de calor através de dutos flexíveis conectados a aberturas externas na parede ou janelas. Estes equipamentos não são fixos a parede ou piso e podem ser movimentados para qualquer ponto da residência onde seja prevista um par de aberturas para conexão de sua tomada e descarga de ar quente;

#### **3.3.2.2 condicionador de ar compacto de janela**

equipamento com todo o circuito de refrigeração contido em um corpo único destinado a ser utilizado no interior do ambiente a ser condicionado, individual e único (zona simples de controle térmico). No entanto sua instalação requer que sejam embutidos em janelas ou parede de modo a que sua parte frontal fique no interior do ambiente condicionado e circule o ar destinado ao resfriamento/aquecimento, e sua parte traseira fique externa, permitindo a circulação de ar para rejeição/absorção de calor;

### **3.3.2.3 condicionador de ar dividido (mini split)**

equipamento dividido, onde o circuito de refrigeração é separado em duas unidades; uma interna do tipo parede, piso teto, cassete ou embutida com pequena rede de dutos, com pressão máxima de 10 mmca, sempre com motores elétricos monofásicos e externa que são interligadas por tubulação de fluido frigorífico e cabeamento elétrico formando um equipamento autossuficiente. Com capacidade máxima de 18 kW (60.000 BTU/h)

### **3.3.2.4 condicionador de ar dividido (multi split)**

equipamento dividido, onde o circuito de refrigeração é separado em duas ou mais unidades internas; do tipo parede, piso teto, cassete ou embutida com pequena rede de dutos, com pressão máxima de 10 mmca, sempre com motores elétricos monofásicos e uma única unidade externa com compressor de rotação variável que são interligadas por tubulação de fluido frigorífico e cabeamento elétrico formando um equipamento autossuficiente. Com capacidade máxima de 18 kW (60.000 BTU/h)

### **3.3.2.5 condicionador de ar compacto (self contained)**

condicionador de ar do tipo expansão direta autossuficiente instalado no interior da edificação em salas de máquinas ou diretamente no ambiente condicionado. A circulação de ar para a refrigeração do ambiente condicionado é promovida através de rede de dutos, grelhas, difusores ou caixa pleno. Pode ser configurado quanto a troca de calor com o meio externo da seguinte forma: Ar: acoplado, condensador remoto e dividido e Água: acoplado e dividido.

### **3.3.2.6 condicionador de ar dividido**

equipamento montado em fábrica, de expansão direta, composto de uma unidade interna, interligada a uma unidade externa que inclui um compressor;

### **3.3.2.7 condicionador de ar com condensador remoto**

equipamento montado em fábrica, de expansão direta, composto de uma unidade interna, que inclui um compressor e cujo condensador é instalado do lado externo;

### **3.3.2.8 condicionador de ar tipo roof top**

condicionador de ar do tipo expansão direta, com todo o circuito de refrigeração contido em corpo único, instalado ao tempo, sobre laje ou telhado da edificação. A circulação de ar para a refrigeração do ambiente condicionado é promovida através de rede de dutos, grelhas e difusores complementares definidos e executados conforme projeto específico;

### **3.3.2.9 condicionador de ar de múltiplas unidades internas interligadas a uma ou mais unidades externas (multi split)**

equipamento montado em fábrica, de expansão direta, normalmente com fluxo de fluido frigorífico variável (VRF), constituído por duas ou mais unidades internas de pequena capacidade, instaladas dentro do ambiente, geralmente

projetada para insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete, sem dutos, interligada a uma ou mais unidades externas;

### **3.3.3 sistema indireto (system, indirect)**

sistema de aquecimento, condicionamento de ar ou de refrigeração no qual o fluido, tal como ar, água ou salmoura, aquecido ou resfriado por elementos elétricos de aquecimento ou produtos de combustão ou por um refrigerante, e circulado no material ou espaço a ser aquecido ou resfriado, ou é usado para aquecer ou resfriar o ar que assim circula;

#### **3.3.3.1 refrigerador de água (chiller)**

equipamento de refrigeração usado para transferir calor entre fluídos. Sistema de refrigeração indireta constituído por compressor, condensador, evaporador e dispositivo de expansão com todos os controles de operação e de segurança;

#### **3.3.3.2 condicionador de ar (fan & coil)**

equipamento feito e montado em fábrica composto de filtro, serpentina(s) e ventilador para tratamento do ar montado em um único gabinete;

#### **3.3.3.3 unidade central de tratamento de ar (central-station air-handling unit)**

equipamento feito e montado em fábrica, consistindo de ventilador(es) e outros equipamentos necessários, projetados para desempenhar uma ou mais funções de circulação, limpeza, aquecimento, umidificação, refrigeração, desumidificação e mistura do ar externo com o ar de retorno, mas que não inclui a fonte de aquecimento ou de refrigeração.

#### **3.3.3.4 torre de resfriamento (cooling tower)**

dispositivo de rejeição de calor, normalmente em forma de torre, no qual o ar atmosférico reduz a temperatura da água de condensação, geralmente por contato direto através da evaporação;

### **3.3.4 condicionador de ar residencial**

equipamento completo e autossuficiente para resfriar/aquecer um ambiente residencial a ser condicionado para conforto humano. Podendo incluir componentes para a qualidade (filtragem e renovação) e distribuição do ar interior

## **4. Responsabilidade - Fabricante do Equipamento/Sistema de Refrigeração.**

Ao fabricante caberá o dimensionamento dos vasos de pressão e dos componentes do circuito de refrigeração, bem como toda a orientação de instalação com relação aos riscos de toxicidade e de inflamabilidade.

Qualquer alteração deverá ser aprovada pelo fabricante, para evitar que uma decisão venha a colocar o equipamento em risco.

#### **4.1 Dimensionamento quanto às Condições de Operação.**

Conforme descrito nas normas ABNT NBR 16069 e ABNT NBR 13598 os sistemas de refrigeração e de condicionamento de ar devem ser projetados para a pressão máxima de trabalho admissível (PMTA), quanto ao dimensionamento dos vasos de pressão, compressores e demais componentes do equipamento, em função do fluido refrigerante escolhido, pontos operacionais, condição de transporte e de instalação (ao tempo ou abrigado).

Conforme item 5.3 da NBR 13598 as pressões de projeto deverão ser de no mínimo:

A pressão de projeto dos vasos de pressão não pode ser inferior a 100 kPa manométrica e, exceto como mencionado em 5.6 a 5.9, não pode ser inferior à pressão manométrica de saturação correspondente às seguintes temperaturas:

a) lado de baixa pressão

a1) equipamento ou componente instalado em local coberto: temperatura de saturação de 35 °C;

a2) equipamento ou componente exposto ao sol: temperatura de saturação de 45 °C;

b) lado de alta pressão

b1) para todos os sistemas resfriados a água ou condensadores evaporativos: temperatura de saturação de 47 °C;

b2) para os sistemas resfriados a ar com temperatura máxima de bulbo seco no local até 38 °C: temperatura de saturação de 59 °C;

b3) para os sistemas resfriados a ar com temperatura máxima de bulbo seco no local até 43 °C: temperatura de saturação de 63 °C;

b4) para os sistemas resfriados a ar com temperatura máxima de bulbo seco no local até 55 °C: temperatura de saturação de 67 °C.

Caso a mistura de fluido refrigerante não tenha as suas composições e percentagem em massa de cada componente corretamente estabelecidas não é possível estabelecer a pressão PMTA, não permitindo determinar se o vaso de pressão é compatível ou não com o fluido oferecido.

Conforme apresentado na tabela 1 da ABNT NBR 13598

Tabela 1- Pressão equivalente no ponto de ebulição

 Fluido frigorifico - Pressão equivalente (kPa - abs) no ponto de ebulição  
 (Bubble Point)

Fluido Frigorífico	Lado de baixa pressão		Lado de alta pressão			
	Instalação	Coberto	Ao sol	Condensação a água	Condensação a ar	
TBS max do ar				38 °C	43 °C	55 °C
Temperatura de saturação	35 °C	43 °C	47 °C	59 °C	63 °C	67 °C
R-717 (amônia)	1.350	1.689	1.879	2.551	2.811	3.089
R-290 (propano)	1.214	1.464	1.602	2.074	2.253	2.443
R-600 (n-butano)	327	407	453	616	679	746
R-1270 (propileno)	1.473	1.764	1.929	2.478	2.685	2.906
R-134a	887	1.094	1.221	1.642	1.804	1.978
R-152a	796	988	1.096	1.474	1.619	1.775
R-404A	1.621	1.965	2.156	2.816	3.066	3.333
R-407C	1.524	1.855	2.039	2.670	2.908	3.162
R-408A	1.502	1.825	2.005	2.625	2.860	3.111
R-410A	2.131	2.588	2.842	3.721	4.056	4.413
R-417A	1.120	1.504	1.529	2.179	2.378	2.591
R-507	1.665	2.020	2.217	2.923	3.194	3.486
R-22	1.355	1.649	1.812	2.374	2.588	2.816
R-123	131	171	194	279	313	350
R-12	848	1.034	1.137	1.493	1.628	1.772
R-502	1.490	1.797	1.967	2.548	2.769	3.004

A tabela 2 fornece as pressões absolutas mínimas requeridas para alguns fluidos frigoríficos com ponto crítico.

Tabela 2 Pressão absoluta de projeto - Fluidos frigoríficos com ponto crítico baixo.

Fluido frigorífico	Temperatura crítica °C	Pressão crítica kPa abs	Pressão de Projeto kPa abs		
			Lado de	baixa pressão	alta pressão
R-744 (CO <sub>2</sub> ) Ciclo subcrítico	31,1	7.383	2.500	4.000 (cascata)	5.200 (gás quente)
R-744 (CO <sub>2</sub> ) Ciclo transcrito	31,1	7.383	6.000	12.000 (resfriador de gás e água)	13.000 (resfriador de gás e de ar)
R-170 (etano)	32,7	5.010	2.500	4.000 (cascata)	-
R-23	25,9	4.830	2.500	4.000 (cascata)	-

NOTA Em sistema utilizando R-744 no ciclo subcrítico e que não possua sistema auxiliar para evitar que a pressão ultrapasse o valor da pressão de projeto quando o sistema estiver parado, deve ser considerado um fator de segurança de 1,25 a ser multiplicado sobre os valores da Tabela 2 para a definição da pressão mínima de projeto.

## **4.2 Orientação da Instalação.**

O fabricante do equipamento deverá apresentar em seus manuais de instalação as recomendações quanto a casa de máquinas, se existir, quanto a circulação do fluido frigorífico, se um vazamento poderá ou não atingir a área ocupada.

### **4.2.1 Sistema direto e indireto.**

Os sistemas frigoríficos são definidos de acordo com o método empregado na rejeição ou na absorção de calor,.

a) Sistema direto é aquele em que o evaporador ou condensador do sistema frigorífico está em contato com o ar ou outra substância a ser resfriada ou aquecida, neste caso um vazamento poderá atingir o ambiente ocupado. Também chamado de sistema com alta probabilidade de vazamento na área condicionado.;

b) Sistema indireto é aquele em que um fluido secundário é resfriado ou aquecido pelo sistema frigorífico e utilizado no resfriamento ou aquecimento de ar ou outras substâncias. Sistemas indiretos se distinguem pelo fato de qualquer vazamento não atingir o ambiente condicionado.

Nota: ver NBR 16069 item 5.1 Sistemas Frigoríficos.

### **4.2.2 Sala de Máquinas de Refrigeração.**

Os pontos principais para o projeto de uma sala de máquinas de refrigeração são conforme o item 8.11 Requisitos gerais para sala de máquinas de refrigeração da ABNT NBR 16069:

a) Toda sala de máquinas deve ter portas estanques ou portas que abram para fora com fechamento automático (caso elas se abram da sala de máquinas para o interior do edifício) e em quantidade adequada para assegurar o acesso livre à saída de pessoas em caso de emergência;

b) Toda sala de máquinas de refrigeração deve ter um ou mais detectores, localizados nas áreas onde o fluido frigorífico proveniente de um vazamento possa se concentrar, de forma a acionar um alarme e a ventilação mecânica de emergência de acordo com 8.11.4, no caso de se atingir um nível de concentração maior que o valor correspondente ao TLV-TWA Toxicidade Crônica ou outra medida de toxicidade compatível. O alarme deve acionar sinais visuais e sonoros dentro da sala de máquinas de refrigeração, e do lado de fora de cada entrada da sala de máquina de refrigeração e na sala de controle (BMS). O alarme exigido nesta seção deve ser do tipo rearme manual com rearme localizado dentro da sala de máquinas de refrigeração;

c) As salas de máquinas devem ser ventiladas para o exterior, utilizando ventilação mecânica de emergência. Em condições normais, o sistema de ventilação da sala de máquinas de refrigeração deve ainda:

c1) ser acionado, quando a sala estiver ocupada, de forma a fornecer pelo menos 2,6 L/s.m<sup>2</sup> (litros por segundo por metro quadrado) de área da sala de máquinas ou 9,5 L/s por pessoa; e

c2) ser acionado a uma taxa de recirculação exigida para não exceder aumento de temperatura de 10 °C acima da temperatura de entrada de ar ou a máxima temperatura de 50 °C.

d) Nenhuma chama ou queima que utilize ar de combustão proveniente da sala de máquinas deve ser permitida onde é utilizado qualquer fluido frigorífico. Os equipamentos de combustão não devem ser instalados na mesma sala de máquinas com equipamentos contendo fluido frigorífico

e) Risco de explosão com fluidos frigoríficos inflamáveis, quando são utilizados fluidos frigoríficos dos grupos A2, A3, B2 e B3, a sala de máquinas deve estar de acordo com a classificação de área conforme Zona 2, Grupo IIA, da ABNT NBR IEC 60079-10. Quando são utilizados fluidos frigoríficos dos grupos A1 e B1, não é exigida tal classificação de área.

## **5. Fluido Frigorífico.**

Para a sua comercialização o fluido frigorífico deverá ser reconhecido como tal pelos organismos de normalização e de certificação. A ABRAVA recomenda que no mínimo o fluido frigorífico deverá estar listado na ASHRAE 34, AHRI 700, classificado quanto a toxicidade e inflamabilidade e possuir uma FISPQ - Ficha de informações de segurança de produtos químicos completa.

### **5.1 ASHRAE 34 Designation and Classification of Refrigerants (ANSI Approved).**

A norma ASHRAE 34 apresenta o procedimento para a designação (nome), a composição química e classificação quanto a toxicidade e inflamabilidade reconhecendo assim o fluido frigorífico e detalhando as suas principais características para a sua aplicação.

#### **5.1.1 Designação.**

A ASHRAE 34 apresenta a seguinte forma de designar um fluido frigorífico que deve ser obedecida nos itens 5.2.1 e 5.2.2:

a) Prefixos técnicos

O número de identificação, conforme determinado pela Seção 4, deve ser precedido pela letra R ou pela palavra Fluido frigorífico (Fluidos frigoríficos se

houver mais de um) ou pela marca registrada ou pelo nome comercial do fabricante. Exemplos incluem:

R 12, R-12, Fluido frigorífico 12, <Nome Comercial> 12, <Nome Comercial> R 12,  
R-500, R-22/152a/114 (36.0/24.0/40.0) e  
R-717.

**Marcas e nomes comerciais não devem ser utilizados para identificar fluidos frigoríficos** em placas de identificação de equipamentos ou em especificações.

#### b) Prefixos de Designação de Composições

O número de identificação, como determinado pela Seção 4, deve ser precedido pela letra C para o carbono e precedido por B, C ou F – ou uma combinação dessas letras nessa seqüência – para indicar a presença de bromo, cloro ou flúor, respectivamente. Os compostos que também contêm hidrogênio devem ser precedidos, ainda pela letra H para indicar o aumento do potencial de deterioração antes de chegar à estratosfera.<sup>5</sup> Os prefixos que designam composições para éteres devem conter um E no lugar do C, de modo que HFE, HCFE e CFE referem-se a hidrofluoroéteres, hidroclorofluoroéteres e clorofluoroéteres, respectivamente.

Por exemplo:

CFC - 11, CFC - 12, Cloro - Fluor - Carbono  
HCFC - 22, HCFC - 123, Hidrogênio - Cloro - Fluor - Carbono  
HFC - 32, HFC 134a, Hidrogênio, Fluor Carbono  
HFO - 1234yf, Hidrogênio - Fluor - Oxigênio - (Carbono)  
HC - 290, HC - 600, Hidrogênio, Carbono

### 5.1.2 Classificação dos fluidos frigoríficos quanto a sua toxicidade e flamabilidade.

A norma ASHRAE 34 utiliza dois caracteres alfanuméricos para a classificação quanto a toxicidade ou a inflamabilidade.

#### 5.1.2.1 Classificação de toxicidade

Deve-se atribuir aos fluidos frigoríficos uma de duas classes – A ou B – com base em exposição permissível:

a) **Classe A:** Os fluidos frigoríficos têm menor grau de toxicidade, indicado por um **PEL atribuído de 400 ppm ou maior**. Caso contrário, recomenda-se um **OEL de 400 ppm ou superior**.

b) **Classe B:** Os fluidos frigoríficos têm maior grau de toxicidade, indicado por um **PEL atribuído, inferior a 400 ppm**. Caso contrário, é recomendado um **OEL inferior a 400 ppm**.

### 5.1.2.2 Classificação de inflamabilidade

Deve-se atribuir aos fluidos frigoríficos uma de três classes (1, 2 ou 3) e uma subclasse opcional (2L) com base em ensaios de limite inferior de inflamabilidade, calor da combustão e na medida opcional da velocidade de queima.

#### a) Classe 1

a1) um fluido frigorífico **de único composto**, deve ser classificado como de Classe 1 se o fluido frigorífico **não demonstrar propagação de chama** quando ensaiado em ar a 60 °C e a 101,3 kPa;

a2) o **WCF** de uma **mistura fluido frigorífico** deve ser classificado como de Classe 1 se o WCF da mistura **não demonstrar propagação de chama** quando ensaiado em ar a 60°C e a 101,3 kPa;

a3) o **WCFF** de uma **mistura fluido frigorífico** deve ser classificado como de Classe 1 se o WCFF da mistura, determinada a partir de uma análise de fracionamento especificada pela Seção B2 do Anexo Normativo B, **não demonstrar propagação de chama** quando ensaiado a 60,0 °C e 101,3 kPa.

#### b) Classe 2

b1) Um fluido frigorífico **de único composto** deve ser classificado como de **Classe 2 se o fluido frigorífico atender às três seguintes condições:**

b2) O **WCF** de uma **mistura** de fluido frigorífico deve ser classificado como de **Classe 2 se atender às três seguintes condições:**

b3) O **WCFF** de uma **mistura** de fluido frigorífico deve ser classificado como de **Classe 2 se atender às três seguintes condições:**

Exibir **propagação de chama** quando ensaiado a 60 °C e 101,3 kPa;

Ter **LFL > 0,10 kg/m<sup>3</sup>**

Ter **calor de combustão <19.000 kJ/ kg.**

#### c) Classe 3

c1) Um fluido frigorífico de **único composto** deve ser classificado como de **Classe 3 se o fluido frigorífico atender às seguintes condições:**

c2) o **WCF** de uma **mistura** de fluido frigorífico deve ser classificado como de **Classe 3 se atender às seguintes condições**

c3) o **WCFF** de uma **mistura** de fluido frigorífico deve ser classificado como de **Classe 3 se atender às seguintes condições:**

Exibir propagação de chama quando ensaiado a 60 °C e 101,3 kPa;

Ter **LFL ≤ 0,10 kg/m<sup>3</sup> ou ter calor de combustão ≥19.000 kJ/ kg**

Tabela 1 - Classificação dos grupos de segurança dos fluidos frigoríficos.

Maior inflamabilidade	A3	B3
Menor inflamabilidade	A2	B2
	A2L	B2L
Sem propagação de chama	A1	B1
	Menor toxicidade	Maior toxicidade
Nota A2L e B2L são fluidos frigoríficos de menor inflamabilidade com velocidade de queima $\leq 10$ cm/s		

A informação do grupo de segurança do fluido frigorífico deve ser escrita na embalagem do produto (cilindro) de forma bem clara.

No anexo A da norma ASHRAE 34 são apresentados os dados e a classificação dos fluidos frigoríficos reconhecidos.

Anexo A

Tabela 1 - Dados e classificações de segurança de fluidos frigoríficos

Número do fluido frigorífico	Nome químico	Fórmula química	OEL ppm v/v	Grupo de segurança	RCL		Altamente tóxico ou tóxico
					ppm v/v	g/m <sup>3</sup>	
R-12	diclorofluorometano	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	1000	A1	18.000	90	Nenhum
R-22	clorodifluorometano	$\text{CHClF}_2$	1000	A1	59.000	210	Nenhum
R-32	difluorometano (fluoreto de metileno)	$\text{CH}_2\text{F}_2$	1000	A2	36000	77	Nenhum
R-115							
R-123	2,2-dicloro-1,1,1-trifluoretano	$\text{CHCl}_2\text{CF}_3$	50	B1	9100	57	Nenhum
R-125	pentafluoretano	$\text{CHF}_2\text{CF}_3$	1000	A1	75000	370	Nenhum
R-134a	1,1,1,2-tetrafluoretano	$\text{CH}_2\text{FCF}_3$	1000	A1	50000	210	Nenhum
R-143a	1,1,1-trifluoretano	$\text{CH}_3\text{CF}_3$	1000	A2	21000	70	Nenhum
R-152a	1,1-difluoretano	$\text{CH}_3\text{CHF}_2$	1000	A2	12000	32	Nenhum
R-290	Propano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	1000	A3	5300	9,5	Nenhum
R-600	Butano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	1000	A3			Nenhum
R-717	Amônia	$\text{NH}_3$	25	B2L	320	0,22	Nenhum
R-1234yf	2, 3, 3, 3-tetrafluor - 1 propeno	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHF}$	400	A2L	16000	75	Nenhum
R-1270	Propeno (propileno)	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	500	A3	1000	1,7	Nenhum

Tabela 2 - Dados e classificações de segurança de misturas de fluido frigorífico

Número do fluido frigorífico	Composição	Tolerâncias de composição	OEL ppm v/v	Grupo de segurança	RCL		Altamente tóxico ou tóxico
					ppm v/v	g/m3	
R-404A	R-125/143a/134a (44.0/52.0/4.0)	Mistura (±2,0/±1,0/±2,0)	1000	A1	130000	500	Nenhum
R-407C	R-32/125/134a (23.0/25.0/52.0)	Mistura (±2,0/±2,0/±2,0)	1000	A1	76000	270	Nenhum
R-408A	R-125/143a/22 (7.0/46.0/47.0)	Mistura (±2,0/±1,0/±2,0)	1000	A1	95000	340	Nenhum
R-410A	R-32/125 (50.0/50.0)	Mistura (+ 0,5, - 1,5/ +1,5, - 0,5)	1000	A1	130000	390	Nenhum
R-417A	R-125/134a/600 (46.6/50.0/3.4)	Mistura (±1,1/±1,0/+0,1, - 0,4)	1000	A1	13000	56	Nenhum
R-502	R-22/115 (48.8/51.2)	Mistura	1000	A1	73000	330	Nenhum
R-507A	R-125/143a (50.0/50.0)	Mistura	1000	A1	130000	520	Nenhum

### 5.2 Norma AHRI 700 Especificação para Fluidos Frigoríficos.

A norma AHRI apresenta todo o procedimento para a análise de um fluido frigorífico:

- a) Caracterização dos fluidos frigoríficos, sua composição e contaminantes;
- b) Coleta e cuidados com a amostra;
- c) Identificação da amostra;
- d) Métodos de ensaio e elaboração dos relatórios;

Tabela 1A - Fluido frigorífico fluorcarbono de um único componente e seus níveis permitidos de contaminantes.

Características	Unidades	Seção de referência	R-12	R-22	R-32
Ponto de ebulição pressão de 101,3 kPa	°C	N/A	-29,8	-40,8	-51,7
Ponto de ebulição faixa	K	N/A	±0,3	±0,3	±0,3
Temperatura crítica	°C	N/A	112	96,2	78,1
Conteúdo isômero	% em peso	N/A	N/A	N/A	N/A
Contaminantes na fase vapor					
Ar e outros não condensáveis a 25°C	% em volume	5.10	1,5	1,5	1,5
Contaminantes na fase líquida					
Água quantidade máxima	ppm em peso	5.4	10	10	10
Todas as outras impurezas voláteis, máx.	% em peso	5.11	0,5	0,5	0,5
Resíduo de ebulição elevada, máxima	% em volume ou em peso	5.8	0,01	0,01	0,01
Halogenados insaturados, impurezas voláteis máximo	ppm em peso	5.11.2.1	40	40	40
Partículas sólidas	Aprovado ou reprovado	5.9	Visualmente limpo	Visualmente limpo	Visualmente limpo
Acidez máximo	Ppm em peso (como HCl)	5.7	1	1	1
Cloreto	Aprovado ou reprovado	5.6	Sem turbidez	Sem turbidez	Sem turbidez

Tabela 1A - Fluido frigorífico fluorcarbono de um único componente e seus níveis permitidos de contaminantes. Continuação

Características	Unidades	Seção de referência	R-123	R-125	R-134a
Ponto de ebulição pressão de 101,3 kPa	°C	N/A	+27,8	-48,1	-26,1
Ponto de ebulição faixa	K	N/A	±0,3	±0,3	±0,3
Temperatura crítica	°C	N/A	+183,7	66	101,1
Conteúdo isômero	% em peso	N/A	0-8 R-123a+ R-123b	N/A	0-0,5 R-134
Contaminantes na fase vapor					
Ar e outros não condensáveis a 25°C	% em volume	5.10	N/A	1,5	1,5
Contaminantes na fase líquida					
Água quantidade máxima	ppm em peso	5.4	20	10	10
Todas as outras impurezas voláteis, máx.	% em peso	5.11	0,5	0,5	0,5
Resíduo de ebulição elevada, máxima	% em volume ou em peso	5.8	0,01	0,01	0,01
Halogenados insaturados, impurezas voláteis máx	ppm em peso	5.11.2.1	40	40	Ver nota <sup>4</sup>
Partículas sólidas	Aprovado ou reprovado	5.9	Visualmente limpo	Visualmente limpo	Visualmente limpo
Acidez máximo	Ppm em peso (como HCl)	5.7	1	1	1
Cloreto	Aprovado ou reprovado	5.6	Sem turbidez	Sem turbidez	Sem turbidez

NOTA 1 Pontos de ebulição, faixa de ponto de ebulição e temperaturas críticas, embora não seja obrigatório, são fornecidas para fins de informação. Dados compilados a partir de fluido frigorífico REFPROP 9.1.

NOTA 2 Uma vez que o R-11, R-113, R-123, R-141b, o R-245fa, e R-1233zd (E) têm ponto de ebulição normal próximos ou acima da temperatura ambiente, determinações não-condensáveis não são necessários para estes fluido frigoríficos.

NOTA 3 Nível de cloretos reconhecido para aprovação / reprovação é de cerca de 3 ppm.

NOTA 4 Até 5000 ppm R-1234yf é aceitável como uma impureza halogenado volátil insaturado em R-134 a.

NOTA 5 N / A Não Aplicável

Tabela 1B - Fluido frigorífico hidrocarboneto de um único componente e seus níveis permitidos de contaminantes.

Características	Unidades	R-E-170	R-290	R-600a	R-1270
Ponto de ebulição pressão de 101,3 kPa	°C	-24,8	-42,1	-11,8	-47,6
Ponto de ebulição faixa	K	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
Composição nominal	Peso em %	≥99,5	≥99,5	≥99,5	≥99,5
Outras impurezas admissíveis	% em peso	N/A	22	22	0-1 R-290
Contaminantes na fase vapor					
Ar e outros não condensáveis a 25°C	% em volume	≤1,5	≤1,5	≤1,5	≤1,5
Contaminantes na fase líquida					
Odor de enxofre	Aprovado ou reprovado	Nenhum odor de enxofre			
Resíduo de ebulição elevada, máxima	% em volume ou em peso	≤0,01	≤0,01	≤0,01	≤0,01
Partículas sólidas	Aprovado ou reprovado	Visualmente limpo	Visualmente limpo	Visualmente limpo	Visualmente limpo
Acidez máximo	Ppm em peso (como HCl)	≤1,0	≤1,0	≤1,0	≤1,0
Água quantidade máxima	mg/kg	≤10	≤10	≤10	≤10
Todas as outras impurezas voláteis, máx.	% em peso	5.11	0,5	0,5	0,5
Todas as outras impurezas voláteis máx	% em peso	0,5	0,5	0,5	0,5
Total C3, C4 e C5 Poliolefinas	% em peso	≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,05

NOTA 1 Pontos de ebulição, faixa de ponto de ebulição, embora não seja obrigatório, são fornecidas para fins de informação.

NOTA 2 2 % de outros hidrocarbonetos C3 e C4 saturados são permitidos.

NOTA 3 Obtido a partir da fase de vapor.

NOTA 4 Evaporado a partir da fase líquida.

Tabela 2A - Misturas zeotrópicas (série 400) fluidos frigoríficos e os seus níveis permitidos de contaminantes.

Características	Unidades	Secção de referência	R-404A	R-407C	R-410A
Componentes do fluido frigorífico	N/A	N/A	R-125 R-143a R-134a	R-32/125/134a	R-32/125
Composição nominal	% em peso	N/A	44/52/4	23/25/52	50/50
Varição permitida da composição	% em peso	N/A	42-46 /51-53 /2-6	21-25 /23-27 /50-54	48,5-50,5 /49,5-51,5
Ponto de bolha a 101,3 kPa <sup>1</sup>	°C	N/A	-46,2	-43,6	-51,4
Ponto de orvalho a 101,3 kPa <sup>1</sup>	°C	N/A	-45,5	-36,6	-51,4
Temperatura crítica <sup>1</sup>	°C	N/A	+72,1	86	71,4
Contaminantes na fase vapor					
Ar e outros nãocondensáveis a 25 °C, máximo	% em volume	5.10	1,5	1,5	1,5
Contaminantes na fase líquida					
Água máximo	ppm em peso	5.4	10	10	10
Todas as outras impurezas voláteis, máximo	% em peso	5.11	0,5	0,5	0,5
Resíduo de ebulição elevada, máximo	% em volume ou em peso	5.8	0,01	0,01	0,01
Partículas/sólidos	Aprovação ou reprovação	5.9	Visualmente limpo	Visualmente limpo	Visualmente limpo
Acidez, máximo	ppm em peso (como HCl)	5.7	1	1	1
Cloreto <sup>2</sup>	Aprovação ou reprovação	5.6	Sem turbidez visível	Sem turbidez visível	Sem turbidez visível

NOTA 1 Pontos de bolha, pontos de orvalho e temperaturas críticas, embora não seja obrigatório, são fornecidas para fins de informação. Dados compilados a partir de fluido frigorífico REFPROP 9.1.

NOTA 2 Nível de cloretos reconhecido para aprovação / reprovação é de cerca de 3 ppm.

NOTA 3 N/A Não aplicável

Tabela 3 - Misturas azeotrópicas (500 Série Fluido frigorífico) e seus níveis permitidos de contaminantes -

Consultar AHRI 700 para informações mais completas das tabelas apresentadas

## **6. Limitações de aplicação em função do ambiente atendido, limites de toxicidade e de inflamabilidade;**

A ABNT NBR 16069 é baseada na norma ASHRAE 15, mais simples e mais restritiva que a norma EN 378 quanto ao uso de fluidos frigoríficos inflamáveis. Atualmente a norma ABNT NBR 16069 está em revisão no Comitê Brasileiro 55 da ABNT.

### **6.1 ABNT NBR 16069 (baseada na ASHRAE 15).**

A análise será dividida em 2 partes, a saber:

- a) toxicidade definida pelas letras A (não tóxico PEL inferior ou igual a 400 ppm) e B (tóxico PEL superior a 400 PPM) ver 5.1.2.1;
- b) inflamabilidade: 1 (não propagador de chama), 2 (propagador de chama) e 3 (propagador de chama) ver 5.1.2.2;

#### **6.1.1 Toxicidade ABNT NBR 16069.**

A tabela do anexo A da ABNT NBR 16069 apresenta o valor do Limite Ocupacional de Exposição OEL em ppm v/v usado para a classificação A ou B, basta consultar a tabela onde são apresentados os dois valores OEL e a classificação A ou B.

#### **6.1.2 Inflamabilidade ABNT NBR 16069**

A norma ABNT NBR 16069 faz referência a ASHRAE 34 para estabelecer os riscos de toxicidade aguda, asfixia e os perigos de inflamabilidade de um fluido frigorífico nos espaços fechados normalmente ocupados.

O valor a ser considerado é o RCL Limite de concentração do fluido frigorífico expresso em ppm v/v ou em g/m<sup>3</sup>.

#### **6.1.3 Limite de concentração do Fluido frigorífico.**

O cálculo de verá ser feito considerando o vazamento instantâneo de toda a carga do fluido frigorífico no volume do espaço confinado, o valor obtido deverá ser menor que o RCL da tabela do anexo A da ASHRAE 34.

##### **6.1.3.1 Aplicações para conforto humano.**

Os fluidos frigoríficos dos Grupos A2, A3, B1, B2 e B3 não devem ser utilizados em sistemas de alta probabilidade para conforto humano.

Exceções:

- a) As concentrações indicadas nas Tabelas 1 e 2 do ANSI/ASHRAE Standard 34 devem ser reduzidas em 50 %

- b) Esta restrição não se aplica a sistemas de absorção selados (herméticos) e unidades de refrigeração compactas contendo quantidade de fluido frigorífico menor ou igual àquela indicada na Tabela 1.
- c) Esta restrição não se aplica às ocupações industriais
- d) O equipamento cuja especificação do fabricante indique uma carga igual ou inferior que 3 kg de fluido frigorífico, independentemente da classificação quanto à segurança do fluido frigorífico, estará isento de atender o valor de RLC, contanto que o equipamento seja instalado de acordo com a especificação e as instruções de instalação do fabricante.

Tabela 1 - Quantidades limite para sistema de absorção amônia/água e sistemas do tipo compacto (self-contained) com fluidos frigoríficos inflamáveis.

Tipo de sistema frigorífico	Quantidade máxima em quilogramas para as diversas ocupações de fluidos frigoríficos inflamáveis A2, B2, A3 e B3.			
	Institucional	Local público / Mercantil grande porte	Residencial	Comercial
Sistema de absorção amônia/água selados				
Em saguões ou ante-salas públicas	0	0	1,5	1,5
Em localizações exteriores adjacentes	0	0	10	10
Em outras localizações que não saguões ou ante-salas públicas	0	3	3	10
Sistemas unitários				
Em outras localizações que não saguões ou ante-salas públicas	0	0	3	10

## 6.2 EN 378 EN-378:2008 The European Standard for the design and construction of refrigeration systems

A norma EN-378 Sistemas de refrigeração e bombas de calor – Requisitos de segurança e ambientais Parte 1: Requisitos básicos, definições, classificação e critérios de seleção.

### 6.2.1 Ocupações.

As ocupações humanas são classificadas de forma similar e são chamadas de classe.

#### 6.2.1.1 Ocupação geral – Classe A

Um local onde as pessoas podem dormir ou quando o número de pessoas presentes não é controlado ou ao qual qualquer pessoa tem acesso sem conhecer pessoalmente as precauções de segurança pessoal.

Exemplos Hospitais, prisões, casas de saúde, teatros, supermercados, terminais de transporte, hotéis, anfiteatros, residências, restaurantes, pistas de gelo

#### **6.2.1.2 Ocupação supervisionada – Classe B.**

Quartos, partes de edifícios ou edifícios, onde apenas um número limitado de pessoas pode ser reunido, estando algumas delas necessariamente familiarizadas com as precauções gerais de segurança.

Exemplos Laboratórios, locais para produção em geral, edifícios de escritórios

#### **6.2.1.3 Ocupação com acesso autorizado somente – Classe C**

Uma ocupação que não está aberto ao público e onde apenas pessoas autorizadas têm acesso concedido. As pessoas autorizadas devem estar familiarizadas com as precauções gerais de segurança do estabelecimento (por exemplo instalações de produção industrial).

Exemplos Entrepósitos frigoríficos, refinarias, matadouros, zonas não acessíveis ao público nos supermercados, instalações de produção por exemplo, de produtos químicos, alimentos, gelo e sorvetes

### **6.2.2 Sistemas diretos e indiretos.**

Mantém definições semelhantes a ABNT NBR 16069.

#### **a) Sistema de direto**

O evaporador ou o condensador do sistema de refrigeração está em contato direto com o ar ou a substância a ser refrigerada ou aquecida. Sistemas em que o refrigerante secundário está em contato direto com o ar ou com o produto a ser resfriado ou aquecido (sistema por spray ou por dutos) deve ser tratado como sistema direto.

#### **b) Sistema indireto**

O evaporador (refrigeração) ou o condensador (aquecimento) trocam calor com um meio intermediário, que passa através de um circuito fechado contendo trocadores de calor, estes trocadores de calor é que irão estar em contato com a substância a ser tratada.

### **6.2.3 Classificação do Fluido Frigorífico Quanto a Segurança.**

Segue a mesma classificação da ABNT NBR 16069 fazendo referência a ASHRAE 34 com A1, B1, A2, B2, A3 e B3.

### **6.2.4 Anexo C Limitações de Carga de Fluido Frigorífico.**

#### **6.2.4.1 Tipos de Localização de Sistemas.**

Existem três tipos de localização do sistemas de refrigeração. A localização apropriada deve ser selecionada em acordo com esta Norma Europeia tendo em conta os possíveis riscos.

Os três tipos de localização são:

- a) um sistema de refrigeração, localizada num espaço ocupado;
- b) um sistema de refrigeração com os compressores, receptores líquidos e condensadores situados em um sala de máquinas desocupado ou ao ar livre;
- c) um sistema de refrigeração com refrigerante contendo todas as partes situadas numa sala de máquinas de refrigeração desocupada ou ao ar livre.

#### **6.2.4.2 Tabela C1.**

A tabela C.1 determina as limitações da carga de fluído frigorífico de um dado sistema, que deverá ser classificada de acordo com 4 categorias:

- a) Grupo de segurança do fluído frigorífico ou ASHRAE 34;
- b) Ocupação;
- c) categoria do sistema (direto ou indireto);
- d) localização do sistema de refrigeração;

Tabela C.1 - Grupos de segurança dos fluidos frigoríficos

<b>Grupo de segurança do fluido frigorífico A1</b>		
<b>Localização do sistema de refrigeração</b>	<b>Ocupação Geral Classe A</b>	
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	1 - Máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup>	2 - considerar como sistema direto ver célula 1
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	3 - Máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup>	4 - Não há restrição
Todas as partes que contém o fluido frigorífico estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	5 - Não há restrição	6 - Não há restrição
<b>Ocupação com supervisão Classe B</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	7 - Restrição para instalações no térreo ou no piso mais alto sem saídas de emergência adequadas Outros casos não há restrição	8 - Considerar sistema direto, ver célula 7
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	9 - Não há restrição	10 - Não há restrição
Todas as partes que contém o fluido frigorífico estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	11 - Não há restrição	12 - Não há restrição
<b>Ocupação somente com pessoal treinado e autorizado</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	13 - Restrição para instalações no térreo ou no piso mais alto sem saídas de emergência adequadas Outros casos não há restrição	14 - Considerar sistema direto, ver célula 13
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	15 - Não há restrição	16 - Não há restrição
Todas as partes que contém o fluido frigorífico estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	17 - Não há restrição	18 - Não há restrição

Tabela C.1 - continuação

<b>Grupo de segurança do fluido refrigerante A2</b>		
<b>Localização do sistema de refrigeração</b>	<b>Ocupação Geral Classe A</b>	
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	1 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3 Todos os demais sistemas de refrigeração máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo em kg 38 * LFL	2 - considerar como sistema direto ver célula 1
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	3 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Todos os demais sistemas de refrigeração máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo em kg 38 * LFL	4 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3 Carga máxima em kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup>
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	5 - Sistemas de ar condicionado para conforto ver C.3. Todos os demais sistemas de refrigeração máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo em kg 132 * LFL	6 - Não há restrição se a saída for para o ambiente externo e que não tenha comunicação com ambientes de categorias a e B
<b>Ocupação com supervisão Classe B</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	7 - Sistemas de ar condicionado para conforto ver C.3. Os demais sistemas de refrigeração carga máxima de 10 kg	8 - Considerar sistema direto, ver célula 7
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	9 - Sistemas de ar condicionado para conforto ver C.3. Os demais sistemas de refrigeração carga máxima de 25 kg	10 - Não há restrição se a sala de máquinas não tem comunicação com o espaço ocupado
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	11 - Sistemas de ar condicionado para conforto ver C.3. Não há restrição para os demais sistemas de refrigeração se a sala de máquinas não tem comunicação com o ambiente ocupado	12 - Não há restrição se a sala de máquinas não tem comunicação com o espaço ocupado
<b>Ocupação somente com pessoal treinado e autorizado</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	13 - Sistemas de ar condicionado para conforto ver C.3. Todos os outros sistemas de refrigeração: máxima carga de 10 kg ou de 50 kg, se a densidade do pessoal for inferior a 1/10 m <sup>2</sup> e existirem saídas de emergência	14 - Considerar sistema direto, ver célula 13
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	15 - Sistemas de ar condicionado para conforto ver C.3. Todos os outros sistemas de refrigeração: máxima carga de 25 kg, ou não há restrição se a densidade do pessoal for inferior a 1/10 m <sup>2</sup>	16 - Não há restrição
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	17 - Sistemas de ar condicionado para conforto ver C.3, Outros sistemas não há restrição	18 - Não há restrição

Tabela C.1 - continuação

<b>Grupo de segurança do fluido refrigerante B1</b>		
<b>Localização do sistema de refrigeração</b>	<b>Ocupação Geral Classe A</b>	
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	1 - máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> ,	2 - considerar como sistema direto ver célula 1
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	3 - máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup>	4 - Máxima carga de 2,5 kg para sistema de absorção selado Todos os outros sistemas carga em kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup>
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	5 - Máxima carga de 2,5 kg	6 - Não há restrição se a saída for para o ambiente externo e que não tenha comunicação com ambientes de categorias a e B
<b>Ocupação com supervisão Classe B</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	7 - carga máxima de 10 kg	8 - Considerar sistema direto, ver célula 7
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	9 - carga máxima de 25 kg	10 - Não há restrição se a sala de máquinas não tem comunicação com o espaço ocupado
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	11 - Não há restrição para os demais sistemas de refrigeração se a sala de máquinas não tem comunicação com o ambiente ocupado	12 - Não há restrição se a sala de máquinas não tem comunicação com o espaço ocupado
<b>Ocupação somente com pessoal treinado e autorizado</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	13 - máxima carga de 10 kg ou de 50 kg, se a densidade do pessoal for inferior a 1/10 m <sup>2</sup> e existirem saídas de emergência	14 - Considerar sistema direto, ver célula 13
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	15 - máxima carga de 25 kg, ou não há restrição se a densidade do pessoal for inferior a 1/10 m <sup>2</sup>	16 - Não há restrição
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	17 - não há restrição	18 - Não há restrição

Tabela C.1 - continuação

<b>Grupo de segurança do fluido refrigerante B2</b>		
<b>Localização do sistema de refrigeração</b>	<b>Ocupação Geral Classe A</b>	
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	1 - máxima carga = 2,5 kg para sistemas selados de absorção Outros sistemas máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> ,	2 - considerar como sistema direto ver célula 1
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	3 - máxima carga = 2,5 kg para sistemas selados de absorção Outros sistemas máxima carga kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> ,	4 - Máxima carga de 2,5 kg para sistema de absorção selado Todos os outros sistemas carga em kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup>
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	5 - Máxima carga de 2,5 kg	6 - Não há restrição se a saída for para o ambiente externo e que não tenha comunicação com ambientes de categorias a e B
<b>Ocupação com supervisão Classe B</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	7 - carga máxima de 10 kg	8 - Considerar sistema direto, ver célula 7
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	9 - carga máxima de 25 kg	10 - Não há restrição se a sala de máquinas não tem comunicação com o espaço ocupado
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	11 - Não há restrição para os demais sistemas de refrigeração se a sala de máquinas não tem comunicação com o ambiente ocupado	12 - Não há restrição se a sala de máquinas não tem comunicação com o espaço ocupado
<b>Ocupação somente com pessoal treinado e autorizado</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	13 - máxima carga de 10 kg ou de 50 kg, se a densidade do pessoal for inferior a 1/10 m <sup>2</sup> e existirem saídas de emergência	14 - Considerar sistema direto, ver célula 13
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	15 - máxima carga de 25 kg, ou não há restrição se a densidade do pessoal for inferior a 1/10 m <sup>2</sup>	16 - Não há restrição
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	17 - não há restrição	18 - Não há restrição

Tabela C.1 continuação

<b>Grupo de segurança do fluido frigorífico A3</b>		
<b>Localização do sistema de refrigeração</b>	<b>Ocupação Geral Classe A</b>	
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	1 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas somente selados com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,5 kg	2 - considerar como sistema direto ver célula 1
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	3 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas somente selados com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,5 kg	4 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Todos os outros sistemas carga em kg = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> não excedendo 1,5 kg
Todas as partes que contém o fluido frigorífico estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	5 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas somente selados com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,0 kg no nível abaixo ou 5 kg no nível acima do solo	6 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas somente selados com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,0 kg abaixo ou 5 kg no nível acima do solo
<b>Ocupação com supervisão Classe B</b>		
	Sistema direto	Sistema indireto
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	7 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,0 kg abaixo ou 2,5 kg no nível acima do solo	8 - Considerar sistema direto, ver célula 7
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	9 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,0 kg abaixo ou 2,5 kg no nível acima do solo	10 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,0 kg abaixo ou 2,5 kg no nível acima do solo
Todas as partes que contém o fluido frigorífico estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	11 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,0 kg abaixo ou 10,0 kg no nível acima do solo	12 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas com máxima carga = limite prático kg/m <sup>3</sup> * volume do ambiente m <sup>3</sup> , não excedendo 1,0 kg abaixo ou 10,0 kg no nível acima do solo

Tabela C.1 Continuação.

<b>Grupo de segurança do fluido refrigerante A3</b>		
<b>Localização do sistema de refrigeração</b>	<b>Ocupação somente com pessoal treinado e autorizado Classe C</b>	
	<b>Sistema direto</b>	<b>Sistema indireto</b>
Espaço ocupado por pessoas e que não é uma sala de máquinas	13 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas com máxima carga, não excedendo 1,0 kg abaixo ou 10,0 kg no nível acima do solo	14 - Considerar sistema direto, ver célula 13
Compressor e tanque de líquido em uma sala de máquinas não ocupada ou ao ar livre	15 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Outros sistemas com máxima carga, não excedendo 1,0 kg abaixo ou 25,0 kg no nível acima do solo	16 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. máxima carga, não excedendo 1,0 kg abaixo ou 25,0 kg no nível acima do solo
Todas as partes que contém o fluido refrigerante estão em salas de máquinas não ocupadas ou ao ar livre	17 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Máxima carga excedendo 1,0 kg no nível abaixo do solo, não há restrição acima do solo	18 - Sistemas de ar condicionado para conforto humano ver C.3. Máxima carga excedendo 1,0 kg no nível abaixo do solo, não há restrição acima do solo
<p><sup>a</sup> a numeração nas células da tabela C.1 é somente por conveniência, para facilitar a consulta somente. Os números não fazem referência a outras partes desta norma</p> <p>b o volume total de todos os ambientes refrigerados ou aquecidos pelo ar de um sistema é usado para o cálculo, tão somente se o ar insuflado em cada ambiente não pode ser reduzido abaixo de 25% da vazão total</p> <p>c O espaço que possuir ventilação mecânica, o qual é operado durante a ocupação humana do ambiente, o efeito das trocas de ar poderá ser considerado no cálculo do volume</p> <p>d Outros métodos são permitidos para assegurar a segurança, no caso de um vazamento súbito. Estes métodos devem assegurar que a concentração não irá aumentar acima do limite prático fornecido pelo anexo E informativo ou dar um aviso aos ocupantes do ambiente deste aumento da concentração, para que eles possam reduzir o tempo de exposição. O método alternativo deve demonstrar o nível de segurança no mínimo equivalente ao método descrito na célula 1</p> <p>Nota: as unidades usadas na tabela C.1 são:                      Carga de fluido refrigerante em kg                      Limite prático em kg/m<sup>3</sup>                      Volume em m<sup>3</sup>                      Ou outra unidade se informado.</p>		

### **C.3 Limitação de carga do fluido refrigerante devido a inflamabilidade para sistemas de ar condicionado e bomba de calor para conforto humano.**

Sistema de refrigeração selado montado em fábrica com uma carga de fluido refrigerante inferior a 150 gramas de um refrigerante A2 ou A3 poderá ser instalado em um ambiente ocupado sem restrição, mesmo que não seja uma sala de máquinas especial.

A norma EN 378 apresenta um procedimento de cálculo para fluidos inflamáveis nos itens:

C.3.1 Partes que contém fluido frigorífico no espaço ocupado;

C.3.2 Requerimentos especiais para um sistema não selado, montado em fábrica ou bomba de calor com carga limitada;

C.3.3 Requerimentos especiais para gabinetes com ventilação mecânica em espaços ocupados.

### 6.3 Análise de desempenho.

A análise do desempenho deverá ser feito de forma completa avaliando a capacidade de refrigeração, o consumo elétrico, as pressões de trabalho. Consumo elétrico reduzido não significa melhor coeficiente de desempenho, mas sim pode significar menor capacidade de refrigeração e mesmo coeficiente de desempenho.

#### 6.3.1 Refrigerante Propriedades.

O manual da ASHRAE Fundamentals 2013 capítulo 29 página 8 apresenta a tabela 8 Comparative Refrigerant Performance per kW of Refrigeration (Desempenho Comparativo do Fluido Frigorífico por kW de Capacidade de Refrigeração), que apresentada a seguir dividida em três diferentes condições de operação:

- Baixa temperatura (congelados): Evaporador  $-31.7^{\circ}\text{C}$ /Condensador  $30^{\circ}\text{C}$ ;
- Média temperatura (resfriados): Evaporador  $-6.7^{\circ}\text{C}$ /Condensador  $30^{\circ}\text{C}$ ;
- Alta temperatura (ar-condicionado): Evaporador  $7.2^{\circ}\text{C}$ /Condensador  $30^{\circ}\text{C}$ .
- Os valores apresentados de vazão em massa em g/s e de deslocamento do compressor em L/s são para capacidade de refrigeração de 1 kW.

Tabela 6.3.1 Desempenho Comparativo de Fluido Frigorífico por kW refrigeração - Temperatura Baixa								
Refrigerante	Pressão	Pressão	Efeito de	Vazão	Volume	Deslocam	Potência	Coeficiente
Nome químico ou	baixa	alta	Refriger	massa	especif	Compressor	Elétrica	desempenho
Composição % em massa	MPa	MPa	kJ/kg	g/s	m <sup>3</sup> /kg	L/s	kW	adimension
<b>Evaporator <math>-31.7^{\circ}\text{C}</math>/Condenser <math>30^{\circ}\text{C}</math></b>								
744 Carbon dioxide	1,349	7,213	132,1	7,57	0,0285	0,2157	0,5892	1,697
170 Ethane	1,012	4,655	153,6	6,51	0,0548	0,3567	0,5947	1,682
1270 Propylene	0,199	1,305	269,1	3,72	0,2266	0,8430	0,3471	2,881
507A R-125/143a (50/50)	0,199	1,460	101,1	9,89	0,0949	0,9386	0,3887	2,573
404A R-125/143a/134a (44/52/4)	0,190	1,421	104,9	9,54	0,1005	0,9588	0,3853	2,595
502 R-22/115 (48.8/51.2)	0,183	1,304	97,8	10,22	0,0924	0,9443	0,3651	2,739
22 Chlorodifluoromethane	0,152	1,192	155,3	6,44	0,1448	0,9325	0,3369	2,968
717 Ammonia	0,110	1,167	1079,1	0,93	1,0425	0,9695	0,3327	3,006

\* É necessário o superaquecimento

Tabela 6.3.1 Desempenho Comparativo de Fluido Frigorífico por kW refrigeração - Temperatura Média								
Refrigerante	Pressão	Pressão	Efeito de	Vazão	Volume	Deslocam	Potência	Coeficiente
Nome químico ou	baixa	alta	Refriger	massa	especif	Compressor	Elétrica	desempenho
Composição % em massa	MPa	MPa	kJ/kg	g/s	m3/kg	L/s	kW	adimension
<b>Evaporator -6.7°C/Condenser 30°C</b>								
744 Carbon dioxide	2,909	7,213	129,5	7,72	0,0127	0,0980	0,2845	3,515
170 Ethane	1,024	4,655	163,1	6,13	0,0263	0,1612	0,2786	3,589
32 Difluoromethane	0,653	1,928	258,6	3,87	0,0563	0,2179	0,1690	5,917
410A R-32/125 (50/50)	0,643	1,886	170,9	5,85	0,0406	0,2375	0,1728	5,787
507A R-125/143a (50/50)	0,503	1,460	114,9	8,70	0,0385	0,3350	0,1796	5,568
404A R-125/143a/134a (44/52/4)	0,486	1,421	118,8	8,42	0,0405	0,3410	0,1785	5,602
1270 Propylene	0,476	1,305	294,4	3,40	0,0986	0,3352	0,1675	5,970
502 R-22/115 (48.8/51.2)	0,457	1,304	109,5	9,13	0,0386	0,3524	0,1724	5,800
22 Chlorodifluoromethane	0,399	1,192	165,9	6,03	0,0584	0,3522	0,1637	6,109
407C R-32/125/134a (23/25/52)	0,396	1,267	167,1	5,98	0,0588	0,3516	0,1686	5,931
290 Propane	0,385	1,079	288,6	3,47	0,1180	0,4095	0,1669	5,992
717 Ammonia	0,332	1,167	1113,0	0,90	0,3689	0,3320	0,1599	6,254
1234yf 2,3,3,3- Tetrafluoropropene*	0,250	0,783	120,5	8,30	0,0718	0,5959	0,1715	5,831
134a Tetrafluoroethane	0,228	0,770	153,0	6,54	0,0880	0,5755	0,1650	6,061
1234ze(E) trans-1,3,3,3- Tetrafluoropropene*	0,168	0,578	139,6	7,16	0,1086	0,7776	0,1658	6,031
600a Isobutane*	0,123	0,405	278,0	3,60	0,2984	1,0742	0,1620	6,173
* É necessário o superaquecimento								

Tabela 6.3.1 Desempenho Comparativo de Fluido Frigorífico por kW refrigeração - Temperatura Alta								
Refrigerante	Pressão	Pressão	Efeito de	Vazão	Volume	Deslocamen	Potência	Coeficiente
Nome químico ou	baixa	alta	Refriger	massa	específ	Compressor	Elétrica	desempenho
Composição % em massa	MPa	MPa	kJ/kg	g/s	m3/kg	L/s	kW	adimension
<b>Evaporator 7.2°C/Condenser 30°C</b>								
32 Difluoromethane	1,018	1,928	261,1	3,83	0,0360	0,1379	0,0944	10,593
410A R-32/125 (50/50)	1,000	1,886	175,0	5,71	0,0260	0,1485	0,0965	10,363
502 R-22/115 (48.8/51.2)	0,703	1,304	115,3	8,67	0,0252	0,2185	0,0956	10,460
407C R-32/125/134a (23/25/52)	0,640	1,267	173,7	5,76	0,0367	0,2114	0,0939	10,650
22 Chlorodifluoromethane	0,626	1,192	171,0	5,85	0,0377	0,2205	0,0918	10,893
290 Propane	0,588	1,079	303,9	3,29	0,0787	0,2589	0,0931	10,741
717 Ammonia	0,558	1,167	1127,8	0,89	0,2254	0,2006	0,0893	11,198
500 R-12/152a (73.8/26.2)	0,458	0,880	150,4	6,65	0,0453	0,3012	0,0916	10,917
1234yf 2,3,3,3- Tetrafluoropropene*	0,401	0,783	129,0	7,75	0,0453	0,3511	0,0941	10,627
12 Dichlorodifluoromethane	0,388	0,744	126,9	7,88	1,0449	8,2338	0,0910	10,989
134a Tetrafluoroethane	0,377	0,770	161,0	6,21	0,0542	0,3366	0,0918	10,893
1234ze(E) trans-1,3,3,3- Tetrafluoropropene*	0,280	0,578	149,1	6,71	0,0668	0,4482	0,0918	10,893
600a Isobutane*	0,201	0,405	296,3	3,37	0,1879	0,6332	0,0901	11,099
600 Butane*	0,134	0,283	326,9	3,06	0,2853	0,8730	0,0891	11,223
123 Dichlorotrifluoroethane	0,045	0,110	155,5	6,43	0,3309	2,1277	0,0878	11,390
113 Trichlorotrifluoroethane*	0,021	0,054	137,6	7,27	0,5874	4,2704	0,0876	11,416

\* É necessário o superaquecimento

### 6.3.2 Troca de fluido Frigorífico (Drop in)

Na troca do fluido refrigerante (drop in) em um sistema existente a nova capacidade dependerá da vazão em volume do compressor, ou seja do produto da vazão em massa pelo volume específico na sucção do compressor.

Como as tabelas apresentadas em 6.3.1 são para capacidade de refrigeração de 1 kW o novo valor da capacidade de refrigeração é o resultado do:

- volume deslocado do novo refrigerante subtraído pelo volume deslocado fluido refrigerante atual, e o resultado dividido pelo volume deslocado fluido refrigerante atual
- Propano =  $0,258 / 0,2205 = 117\%$
- Isobutano =  $0,6332 / 0,2205 = 187\%$  (é necessário aumentar o volume deslocado 2,87 vezes)

### 6.3.3 Conclusão

Se for 100% propano a capacidade de refrigeração será de 17% inferior a do R-22, como consequência a corrente elétrica também.

Se for 100% isobutano a capacidade de refrigeração será de 65% (2/3) inferior a do R-22, como consequência a corrente elétrica também.

Para manter a capacidade o compressor deveria ser trocado por um maior.

Cuidado com análises de desempenho incompletas onde somente as pressões de alta e de baixa e as leituras de consumo elétrico são usadas para comparar desempenho

Caso tenha alguma dúvida consulte a ABRAVA Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento.

Avenida Rio Branco, 1492, Campos Elíseos, São Paulo, SP

CEP - 01206-001

Telefone: 11 - 3361 7266

Fax: 11 - 3361 7160

e-mail: [abrava@abrava.com.br](mailto:abrava@abrava.com.br)