

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRANÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINA (APMA)

RAFAEL FARINASSO LOURENÇO

BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS DOS FLUIDOS REFRIGERANTES
PARA REFRIGERAÇÃO EM NAVIOS

RIO DE JANEIRO

2015

RAFAEL FARINASSO LOURENÇO

**BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS DOS FLUIDOS REFRIGERANTES
PARA REFRIGERAÇÃO EM NAVIOS**

Monografia apresentado como exigência para obtenção do curso de Aperfeiçoamento para oficial de Máquina ministrado pelo centro de instrução almirante graça aranha.

Orientador : MSc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

RIO DE JANEIRO

2015

RAFAEL FARINASSO LOURENÇO

**BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS DOS FLUIDOS REFRIGERANTES
PARA REFRIGERAÇÃO EM NAVIOS**

Monografia apresentado como exigência para obtenção do curso de Aperfeiçoamento para oficial de Máquina ministrado pelo centro de instrução almirante graça aranha.

Orientador: MSc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

Data da aprovação: ___ / ___ / ___

Orientador: MSc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

Assinatura do orientador

Nota Final: _____

RIO DE JANEIRO

2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram e se dedicaram para me proporcionar educação e meus estudos, senão nada disso seria possível. E principalmente minha esposa que sempre me incentivo e nunca deixou de acreditar que conseguiria alcançar este patamar.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar saúde a minha e toda minha família, aos meus professores que muito contribuíram para minha formação e o sucesso deste estudo, aos meus amigos de turma. E ao Mestre que me orientou neste trabalho.

EPÍGRAFE

“Se quisermos que a glória e o sucesso acompanhem nossas armas, jamais devemos perder de vista os seguintes fatores: a doutrina, o tempo, o espaço, o comando, a disciplina.”

Sun Tzu

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar sobre os fluidos refrigerantes que são usados em navios, mostrando os danos que alguns desses trazem ao meio ambiente, tal como o aquecimento global, efeito estufa e destruição da camada de ozônio e conseqüentemente a saúde humana (câncer de pele, perda da visão, problema respiratório). Observando que alguns desses fluidos que são compostos de CFC e HCFC (com "Cl" cloro) estão sendo proibidos de acordo com o protocolo de Montreal, de Kyoto, convenção de Viena os principais tratados em vigências que o Brasil é signatário e algumas Normas brasileiras e internacionais. Em conseqüência disso já existem refrigerantes substitutos, que são mostrados nesse estudo a seus fluidos correspondentes e como fazer as necessárias modificações para seu uso.

Palavras Chave: Fluido Refrigerante, Efeito Estufa, Aquecimento Global.

ABSTRACT

This work aims to analyze on refrigerants that are used in ships, showing the damage that some of those bring to the environment, such as global warming, greenhouse effect and depletion of the ozone layer and human health (skin cancer, loss of vision, breathing problem). Noting that some of these fluids are comprised of CFC and HCFC (with "Cl" chlorine) being banned under the Montreal Protocol, Kyoto, Vienna Convention of the main treaties coverage periods in which Brazil is a signatory and some Brazilian Standards and international. As a result there are already substitutes soft drinks, which in this study shows their corresponding and how to make these changes.

Keywords: Refrigerant, Greenhouse, Global Warming.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1.FLUIDOS REFRIGERANTES	16
1.1 Características dos Fluidos Refrigerantes.....	16
1.2 Classificações dos Fluidos Refrigerantes	17
1.3 Tipos de Fluidos Refrigerantes.....	19
1.3.1 R-11 (Tricloromonofluormetano CFC-11).....	19
1.3.2 R-123 (2,2-dicloro-1,1trifluormetano HFC-123)	20
1.3.3 R-12 (diclorodifluormetano).....	20
1.3.4 R-134 (1,1,1,2-diclorodifluormetano)	20
1.3.5 R-13 (clorotrifluormetano)	21
1.3.6 R-22 (monoclorodifluormetano).....	22
1.3.7 R-113 (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluormetano).....	22
1.3.8 R-114 (1,2-tricloro-1,1,2,2-tetrafluormetano)	22
1.3.9 R-500 (R-12/R152A).....	22
1.3.10 R-502 (R-22/R115).....	23
1.3.11 R-503 (R23/R-13).....	23
1.3.12 R-717 (Amônia).....	23
1.3.13 R-718 (Água).....	24
1.3.14 R-744 (Dióxido Carbônico).....	24
1.3.15 R-40 (Cloreto de Metilo)	25
1.3.16 Compostos Hidrocarbonatos.....	25
1.3.17 Refrigerantes Secundários	25
1.4 Desempenho dos Fluidos Refrigerantes	26
2. PROTOCOLOS, CONVENCÕES E NORMAS.	28
2.1 Convenções de Viena	28
2.2 Protocolos de Montreal.....	28
2.3 Protocolos de Kyoto	30
2.4 Normas Brasileiras e Internacionais	31
2.4.1 Normas Brasileiras	32
2.4.2 Normas Internacionais.....	32
3. OS MALEFICIOS DOS FLUIDOS REFRIGERANTES.....	33
3.1 Efeito Estufa	33

3.2 Aquecimento Global.....	34
3.3 Camada de Ozônio	35
3.4 Malefícios a Saúde	38
4. SUBSTITUIÇÃO DOS FLUIDOS REFRIGERANTES.....	40
4.1 Procedimentos para Substituição de Fluidos Refrigerantes	40
4.1.1 Retrofit.....	40
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	45

LISTA DE TABELA

TABELA 1.1 Desempenho de alguns Fluidos Refrigerantes	26
TABELA 2.1 Tempo de Resistência na Atmosfera para alguns Refrigerantes	31
TABELA 4.1 Fluxograma que Demonstra o processo de Retrofit passo a passo	41
TABELA 4.2 Fluidos Refrigerantes Alternativos	42

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 Cronograma de Eliminação do HCFC 22	14
FIGURA 3.1 Explicação do Efeito Estufa.....	33
FIGURA 3.2 Esquema do Aquecimento Global	35
FIGURA 3.3 Ilustração da Camada de Ozônio	37
FIGURA 3.4 Destruição da Camada de Ozônio Quimicamente	38

INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo analisar, os fluidos refrigerantes que são usados nos navios, assim mostrando como eles são nomeados, quais são os fluidos mais usados, suas características, explicar os protocolos, convenções e normas, e seus refrigerantes correspondentes para sua possível substituição. Também vai mostra os danos que causam ao meio ambiente e a saúde humana.

A história de um dos maiores problemas do meio ambiente da nossa atualidade em escala global, vem sendo a destruição da camada de ozônio (região situada entre 15 km e 50 km de altitude), que teve início em 1930, quando o Químico Thomas Midgley Jr. dos Laboratórios de Pesquisa da General Motors nos Estados Unidos, foi solicitado a desenvolver um novo composto de refrigeração que não fosse tóxico, nem inflamável e apresentasse estabilidade química (TANIMOTO; SOARES, 1999).

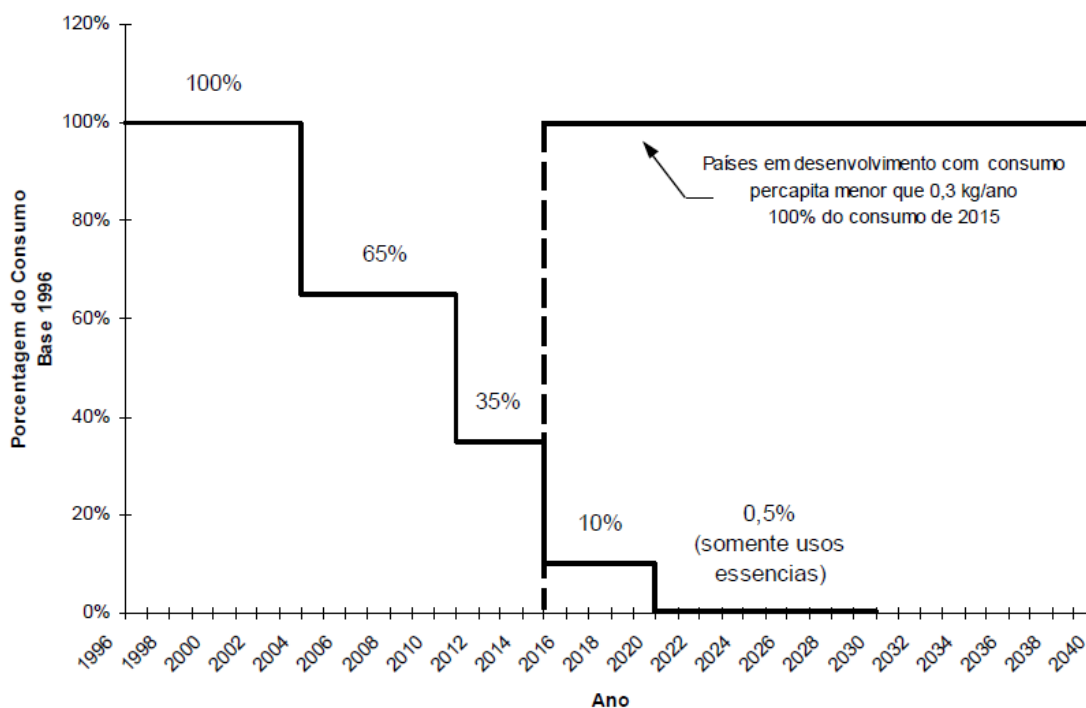
Antigamente, os gases utilizados nas geladeiras eram a amônia (NH₃) o dióxido de carbono (CO₂). O levantamento do estudo levou à produção, já a partir de 1931, dos hidrocarbonetos halogendos, conhecido como CFC-12 ou R-12 (diclorodifluormetano) e a partir de 1934 teve início a produção de CFC-11 ou R-11 (triclorofluormetano). Posteriormente foi constatado que os mesmos atacam a Camada de Ozônio da atmosfera Terrestre. A Camada de Ozônio evita uma maior incidência de radiação ultravioleta na superfície terrestre protegendo os seres vivos dos efeitos nocivos deste tipo de radiação proveniente do sol. (ROWLAND; MOLINA 1974).

Para tentar diminuir esses efeitos e evitar outros piores, algumas medidas já foram tomadas no intuito de reverter ou mesmo diminuir a agressão à Camada de Ozônio da atmosfera terrestre. Entre elas, as mais importantes foram a Convenção de Viena e o Protocolo de Montreal (TANIMOTO; SOARES, 1999).

O Brasil aderiu à Convenção de Viena e ao Protocolo de Montreal em 19 de março de 1990. Uma resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu como data limite, o ano de 2007, para banir as importações de CFCs, produto este que não é mais produzido no país desde 1999.

Hidroclorofluorcarbonos da forma do R-22 prejudicam menos à camada de ozônio. Entretanto, estes ainda contêm cloro em sua molécula que ao ser liberada na estratosfera interfere nas ligações químicas do ozônio. O HCFC 22 é um dos compostos halogenados a ser eliminado, utilizados principalmente em sistemas de ar condicionado e bombas de calor, principalmente em navios antigos para qual foi estabelecido um cronograma de eliminação mostrado na Fig. 1.1, que prevê uma redução progressiva e eliminação completa até 2020 em países desenvolvidos. Os países em desenvolvimentos (entre os quais o Brasil se inclui) tem um prazo de carência de dez anos para cumprir esse prazo. (FIORELLI, 2000).

Figura 1.1: Cronograma de Eliminação do HCFC 22



Fonte: Protocolo de Montreal – Revisão de Viena, 1995.

Em setembro de 2007, quando se comemorava os 20 anos de sucessos do Protocolo de Montreal, uma nova decisão histórica foi tomada pelo conjunto dos países signatários. Com o fim dos CFC's, previsto para 2010, decidiu-se pelo início do processo de substituição dos HCFC's já em 2013, antecipando em dez anos o prazo previsto pelo Protocolo de Montreal para o abandono destes gases. Além dos benefícios para a recomposição da Camada de Ozônio, objetivo do Protocolo, a medida traz também um enorme benefício para o regime climático, dado o acentuado Potencial de Aquecimento Global (GWP) dos HCFC's (SILVA; ALMEIDA, 2010).

Os sistemas de refrigeração mais utilizados nas instalações comerciais e Industriais e navios operam segundo ciclos de refrigeração por compressão à vapor e utilizam refrigerantes do tipo “Cloro-Fluor-Carbono - CFC” (R-11, R-12), “Hidro-Cloro-Fluor-Carbono - HCFC” (R-22, R-123), “Hidro-Fluorcarbono - HFC” (R-134a, R-23) e amônia (R-717). Os CFCs contribuem para a destruição da camada de ozônio e sua oferta foi praticamente banida do mercado. Estes refrigerantes apresentam os maiores índices de destruição da camada de ozônio “ODP” (*Ozone Depleting Potential*) e também possuem os maiores potenciais para causar aquecimento global da atmosfera “GWP” (*Global Warming Potential*). Os refrigerantes “HCFCs” (R-22) e o “HFC” (R-134a) são livres de cloro e isto lhes confere baixos índices “ODP”, entretanto, esses refrigerantes apresentam índices elevados de “GWP” (NETO et al., 2006).

Neste Trabalho também vai ser citado o quanto esses fluidos com CFC e HCFC, prejudicam a saúde humana, causando danos a pele humana e ao ecossistema da biosfera, devido a destruição da camada de ozônio os raios ultravioletas ficam cada vez mais danosos aos seres humanos nos casos mais extremos podendo até chegar a um câncer de pele. Também pode causar danos aos olhos caso haja contato, problemas respiratórios se for inalado, entre outros que vão ser comentados.

A estrutura deste estudo esta assentada em quatro capítulos distintos. O primeiro capítulo aborda sobre os fluidos refrigerantes, sua classificação, cita os mais usados e mostra as características. O capítulo 2 mostra o Protocolo de Montreal, de Kyoto, Convenção de Viena e algumas normas nacionais e internacionais. O terceiro capítulo fala sobre os danos causados pelos fluidos compostos por CFC e HCFC, tanto ao meio ambiente, como para a saúde humana. Quanto ao quarto e último capítulo indicam os refrigerantes correspondentes para uma possível substituição e sugerindo os menos danosos.

1. FLUIDO REFRIGERANTE

Fluido refrigerante, conhecido popularmente como “gás refrigerante”, é um produto químico responsável pelas trocas de calor nos sistemas de refrigeração e climatização. Esse composto, pela propriedade que possui de passar de líquido a gás, e vice-versa, é capaz de absorver calor, resfriando um ambiente de maneira controlada. O motivo de ser comumente chamado de gás refrigerante é que, para absorver o calor do ambiente e resfriá-lo, ele passa da fase líquida para a gasosa, uma vez que evapora ao absorver calor e liquefaz ao perder calor. Assim, na maioria dos casos, não é possível ver o produto na fase líquida em temperatura ambiente. A sua composição molecular varia de acordo com a aplicação, e por isso existem diversos tipos de fluidos refrigerantes. Há os fluidos refrigerantes halogenados, amônia, dióxido de enxofre, dióxido de carbono e hidrocarbonetos não halogenados, tais como o metano (inflamável)..

1.1 Características do Fluido Refrigerante

Segundo KOTCH e NETO (2009), algumas características desejáveis para um refrigerante estão listadas abaixo:

- ✓ O refrigerante deve ser não inflamável, não explosivo, não tóxico em seu estado puro ou quando misturado com o ar e também, não deve contaminar alimentos ou outros produtos armazenados no espaço refrigerado se ocorrer um vazamento no sistema;
- ✓ As pressões correspondentes às temperaturas disponíveis com os meios de condensação normais não devem ser excessivas, para assim eliminar a necessidade de construção extremamente pesada;
- ✓ As pressões correspondentes às temperaturas necessárias para maior parte dos processos de condicionamento de ar e refrigeração devem ser acima da pressão atmosférica para assim evitar penetração de ar e vapor d' água;

- ✓ Um calor de vaporização relativamente grande é desejável para que as capacidades necessárias possam ser obtidas com o menor peso do fluxo de refrigerante;
- ✓ É desejável que o refrigerante tenha um baixo calor específico no estado líquido para que menos calor seja necessário para esfriar o líquido partindo da temperatura de condensação até a temperatura a qual o resfriamento deve ser realizado. O calor necessário para este resfriamento resulta em "Flash Gás", e diminui o efeito de refrigeração ou capacidade de resfriamento do refrigerante circulado;
- ✓ O refrigerante deve ser facilmente detectado por indicadores adequados para localizar vazamentos no sistema e compatível com os óleos lubrificantes usuais, e não devem alterar sua efetividade com lubrificantes;
- ✓ O fluido não deve ser corrosivo para os metais usualmente empregados em um sistema de refrigeração e devem ser quimicamente estáveis;
- ✓ O refrigerante deve ser facilmente disponível, de custo baixo, ambientalmente seguro, não contribuir para a destruição da camada de ozônio ou para aumentar o efeito estufa e ser de fácil manuseio.

É impossível que um único fluido se enquadre em todas as características mencionada acima, então, diferentes fluidos são considerados.

1.2- Classificações dos fluidos refrigerantes

Os refrigerantes podem ser divididos em três classes, conforme sua maneira de absorção ou extração do calor das substâncias a serem refrigeradas. São elas:

Classe 1 - essa classe inclui os refrigerantes que resfriam materiais por absorção do calor latente.

Classe 2 - os refrigerantes dessa classe resfriam substâncias pela absorção de seus calores sensíveis.

Classe 3 - esse grupo consiste de soluções que contêm vapores absorvidos de agentes liquidificáveis ou meios refrigerantes. Um exemplo desse grupo é a água amônia ou amoníaco.

Em relação à identificação dos hidrocarbonetos halogêneos, estes são univocamente designados por uma sigla, conforme a denominação ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*). Esta organização, bem como a AHRI (*Air Conditioning and Refrigeration Institute*) na definição das especificações de comercialização dos fluidos refrigerantes, não é um ente normativo, mas constitui a referência universalmente reconhecida e aceita por parte das empresas para a identificação dos fluidos refrigerantes.

Geralmente, um fluido refrigerante é designado pela letra R seguida por três números.

Hidrocarbonetos Halogenados são hidrocarbonetos que contêm, na sua composição, um ou mais dos seguintes halogênios: Cl, F, Br. O hidrogênio pode ou não aparecer. As designações numéricas destes hidrocarbonetos são:

1º algarismo, número de átomos de Carbono menos 1 (se for nulo, omite-se)

2º algarismo, número de átomos de Hidrogênio mais 1

3º algarismo número de átomos de Flúor

Como por exemplo:

- ✓ CCl_3F - Tricloromonofluormetano, R-11 (CFC-11);
- ✓ CHClF_2 - Monoclorodifluormetano, R-22 (HCFC-22);
- ✓ CHF_2CHF_2 - Tetrafluoretano, R-134 (HFC-134);
- ✓ $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$ - Tetrafluoretano, R-134a (HFC-134a) ;
- ✓ CBrF_3 - Bromotrifluormetano, R-13B1 (B1 indica o n.º de átomos de Br).

Os isômeros são distinguidos por um critério de simetria, baseado nas massas atômicas dos átomos ligados a cada átomo de carbono.

Compostos Inorgânicos: Estes compostos são designados com, 700 seguido de seu peso molecular, como por exemplo:

- ✓ NH_3 - Amônia, R-717;
- ✓ CO_2 - Dióxido de carbono, R-744;
- ✓ SO_2 - Dióxido de enxofre, R-764;

1.3 Tipos de fluidos refrigerantes

Há mais de 100 compostos que têm propriedades refrigerantes que os fazem candidatos para uso em sistemas de refrigeração. Destes, alguns são freqüentemente usados na maioria das aplicações. A seguir descrevem-se as propriedades e características de alguns refrigerantes usados em sistemas de refrigeração.

1.3.1 R-11 (Tricloromonofluormetano CFC-11)

É um CFC da série do metano. As baixas pressões operacionais do R-11 e seu significativo volume específico requerem um deslocamento do compressor maior por tonelada de efeito de refrigeração ($1,0 \text{ m}^3/\text{min}$). O R-11 é principalmente usado em sistemas de ar condicionado grandes, na gama de 150 a 2000 TR tonelada de refrigeração (527 a 7034 kW) de capacidade e em resfriamento de água e salmoura de processamento industrial. Também como refrigerante secundário ou fluido transferidor de calor, quando são importantes o baixo ponto de congelamento e propriedades não corrosivas. O R-11 têm um dos mais altos potenciais de destruição da camada de ozônio dos CFC's. Está sendo substituído pelo R-123 que é um refrigerante melhor para o meio ambiente.

1.3.2 R-123 (2,2-dicloro-1,1, trifluormetano HCF -123)

É um HCFC da série do metano usado como um substituto do R-11. Para o retrofit de equipamentos que operam com R-11 para uso com R-123 podem envolver a substituição de alguns componentes do sistema.

1.3.3 R-12 (diclorodifluormetano)

Foi um dos refrigerantes mais amplamente utilizados no ciclo de compressão a vapor. Amplo campo de aplicação, desde grandes sistemas de refrigeração e ar condicionado até refrigeradores caseiros, inclusive gabinetes para alimentos congelados e sorvetes; estabelecimentos de depósito de gêneros alimentícios; refrigeradores de água; condicionadores de ar de ambientes ou de janelas e outros. Infelizmente, como o R-11, o R-12 tem um alto potencial de destruição da camada de ozônio. Por conseguinte, deve ser substituído por outros refrigerantes como determinou o Protocolo de Montreal, que ainda iremos citar neste trabalho.

1.3.4 R-134 (1,1,1,2 - diclorodifluormetano)

É um dos principais candidatos para substituir o refrigerante R-12 em muitas de suas aplicações. O R-134a é não inflamável e não explosivo, HFC que tem potencial zero de destruição da camada de ozônio e um baixo efeito estufa. Quanto à toxicidade e aspectos ambientais nos testes realizados, não foram perceptíveis indicações sobre teratrogenidade, mutagenidade e cancerogenicidade.

Devido à ausência de átomos de cloro na molécula do R-134a, este alternativo oferece excelente estabilidade química e térmica, sendo até melhor que o R-12. Isto foi comprovado em diversos testes.

O R 134a e os óleos minerais ou alquilbenzenos utilizados com os atuais refrigerantes R-12 e R-22 não são miscíveis.

Os lubrificantes que apresentaram melhor miscibilidade foram compostos sintéticos com maior polaridade. Inicialmente os Poli Alquileno Glicóis (PAG's), que com

viscosidades menores que 30 cSt à 40 °C, são quase totalmente miscíveis entre - 40 a 80 °C. Porém o uso acabou sendo limitado devido ser altamente higroscópico e apresentar alguns problemas de compatibilidade, por exemplo, com resíduos de cloro. Não são adequados para utilização em compressores herméticos.

Na conversão de equipamentos com CFC's, a umidade deve ser cuidadosamente limpa para minimizar resíduos de refrigerante clorado (CFC), e óleo mineral que sempre contem uma parcela do refrigerante clorado dissolvido, também não devem ser utilizados solventes clorados utilizados para limpeza.

Apesar das excelentes propriedades ecológicas dos refrigerantes isentos de cloro e contendo hidrogênio, estes não podem ser considerados totalmente inofensivos, por apresentarem um potencial de efeito estufa, mesmo que muito baixo, portanto não deve ser liberado para a atmosfera, levando-se em consideração que também existe uma grande quantidade de refrigerante totalmente halogenado, nos equipamentos de refrigeração, a reciclagem é o melhor caminho para se minimizar o efeito estufa.

1.3.5 R-13 (clorotrifluormetano)

Foi desenvolvido para aplicações em baixas temperaturas, cerca de - 90 °C é usualmente encontrado no estágio de baixa temperatura de um sistema em cascata de dois e três estágios. O refrigerante, R-13 é outro CFC que está sujeito à substituição.

1.3.6 R-22 (monoclorodifluormetano)

Foi desenvolvido inicialmente para aplicações em compressores alternativos de simples estágio abaixo de -30 °C.

Empregado principalmente em condicionamento de ar residencial e comercial e em navios tanques, mas é também amplamente usado em fábricas de produtos alimentícios congelados, armazenagem de gêneros alimentícios congelados, balcões frigoríficos com vitrinas e em outras aplicações de média e baixas temperaturas.

A principal vantagem do R-22 sobre o R-12 é o deslocamento menor requerido pelo compressor, sendo aproximadamente 60% daquele requerido pelo R-12. Por isso,

para um deslocamento de compressor dado, a capacidade de refrigeração é aproximadamente 60% superior à do refrigerante R-22 em relação o refrigerante R-12. Também as dimensões da tubulação de refrigerante geralmente são menores para o R-22 do que para o R-12. O refrigerante R-22 é um HCFC que também deve ser substituído.

Alguns dos refrigerantes que são usados como substituto para R-22 são o R-502, R-134a e R-507a O R-507a é uma mistura azeotrópica que consiste de R-125 (50%) e R-134a (50% por massa).

1.3.7 R-113 (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluorometano):

É usado principalmente em aplicações de sistemas de ar condicionado de tamanhos pequeno a médio e resfriamento industrial. O R-113 é um CFC e está prevista a sua substituição.

1.3.8 R-114 (1,2-dicloro-1,1,2,2-tetrafluoretano)

Seu principal uso é em grandes sistemas de resfriamento e refrigeração, para processamento industrial. Também é usado em refrigeradores domésticos com compressores rotativos. O refrigerante R-114 é um CFC e deve ser substituído por um novo refrigerante.

1.3.9 R-500 (R-12/R-152A)

É uma mistura azeotrópica de R-12 (73,8% por massa) e R-152a (25,2%). A principal vantagem do refrigerante R-500 reside no fato de que sua substituição pelo R-12 resulta em uma elevação da capacidade do compressor de aproximadamente 18%. Usado, até certo ponto, em pequenos equipamentos de ar condicionado comercial e residencial e em refrigeração doméstica; especialmente em áreas onde é comum haver corrente de 50 ciclos. Considerando que o refrigerante R-500 é uma mistura de um refrigerante CFC e de um refrigerante HCFC, o R-500 também deverá estar fora de uso dentro da primeira metade deste século.

1.3.10 R-502 (R-22/R-115)

É uma mistura azeotrópica de R-22 (48,8% por massa) e R-115 (51,2%). Ele foi desenvolvido inicialmente para uso em aplicações de refrigerantes em estágio único e baixas temperaturas no processo de congelamento e armazenagem de alimentos congelados. Ele tem a vantagem de maiores capacidades do que o R-22, enquanto que as temperaturas de descarga do compressor são consideravelmente mais baixas do que aquelas do R-22. Em compressores herméticos refrigerados pelo refrigerante, o resfriamento do motor é melhor do que o obtido com R-22. O R-502 é usado em balcões frigoríficos e depósitos de alimentos congelados e sorvetes, fábricas de produtos alimentícios congelados e como excelente refrigerante não-específico. Também usado em balcões frigoríficos de temperatura média, caminhões frigoríficos e bombas térmicas.

Em equipamentos novos os prováveis substitutos para o R-502 são o R-22 e R-125 e para equipamentos existentes, freqüentemente são usados os refrigerantes R402-a e R402-b como substitutos.

1.3.11 R-503 (R-23/R-13)

É uma mistura azeotrópica de R-23 (40,1% por massa) e R-13 (59,9%). O R-503 é usado em compressores alternados no estágio de baixa em sistemas em cascata, com R-12, R-22 ou R-502 sendo empregados no estágio de alta. Com um ponto de ebulição mais baixo e capacidade maior que o R-13, é comparável ao etileno, com a vantagem de não ser inflamável. Como o R-503 é composto por um CFC e um HCFC, deve também ser substituído por outro refrigerante.

1.3.12 R-717 (Amônia):

É um dos primeiros refrigerantes. É usado no campo industrial, em cervejarias, plantas de empacotamento e aplicações similares por causa da alta eficiência do ciclo. Ele tem um baixo volume específico, um calor latente de vaporização relativamente alto e baixo custo, apesar destas propriedades desejáveis é limitada a aplicações industriais e excluída do condicionamento de ar para conforto por ser altamente tóxica e inflamável,

necessitando manejo especial e possui um odor forte e penetrante, que paralisa o sistema nervoso central, matando os humanos e seu vazamento e combatido com água, porém cabe ressaltarmos que com o questionamento dos CFC's decorrentes do efeito sobre a camada de ozônio, reacende a polêmica sobre a viabilidade de utilização da amônia em aplicações frigoríficas e o potencial da amônia reside em aplicações de refrigeração indireta, onde o circuito frigorífico fica confinado em casa de máquinas, cuja ventilação deve ser cuidadosamente planejada. A utilização de trocadores de calor compactos pode reduzir significativamente o inventário de refrigerante no circuito frigorífico, favorecendo também a aplicação da amônia como refrigerante.

1.3.13 R-718 (Água)

A água tem diversas propriedades desejáveis de um refrigerante. Tem baixo custo e está prontamente disponível, é totalmente segura, sendo não tóxica e não inflamável e tem também um grande calor latente de vaporização. Embora a água seja usada como refrigerante em “jato de vapor” e em máquinas de refrigeração por absorção, ela não é um refrigerante prático para um ciclo de refrigeração mecânico.

A água também é limitada pela temperatura a um mínimo de 0°C , pois abaixo disto ela congela. Para obter água suficientemente fria, como por exemplo, para a maioria das aplicações de condicionamento do ar iria requerer operação a pressões extremamente baixo ou alto vácuo, que é difícil de obter com equipamento alternativo. Além disso, o volume específico do vapor é grande para as baixas pressões requeridas, e estes volumes são impraticáveis com equipamentos alternativos e bombas centrífugas, que são incapazes de manter o vácuo necessário. Portanto, é desejável utilizar outros fluidos cujas características e propriedades gerais os fazem mais práticos para este propósito particular.

1.3.14 R-744 (Dióxido carbônico)

É um gás inerte, incolor e inodoro. Não é tóxico nem inflamável, mas a principal objeção para seu uso é o pesado equipamento requerido por suas altas pressões de operação e sua necessidade de potências relativamente altas. Estes fatores limitam seu uso como refrigerante.

1.3.15 R-40 (Cloro de metilo)

É um refrigerante incolor, com odor não irritante e levemente doce. Foi usado nos modelos de refrigeradores domésticos mais antigos e substitui Amônia e o Anidrido Carbônico em muitas novas instalações.

Foi usado largamente durante a Segunda Guerra Mundial como um substituto do Freon, o qual era então disponível somente através de prioridades governamentais, mas no presente, é raramente usado.

1.3.16 Compostos hidrocarbonatos

São um grupo de fluidos compostos em várias proporções dos dois elementos hidrogênio e carbono: R-50 (metano), R-170 (etano), R-600 (butano), R-600a (isobutano), R-1270 (propano). Todos são extremamente combustíveis e explosivos.

Embora alguns compostos de hidrocarbonatos (butano, propano e isobutano) tenham sido usados em pequenas quantidades para refrigeração doméstica, seu uso geralmente é limitado a aplicações especiais onde um operador experiente está em serviço. O etano, metano geladeiras chinesas no Brasil e etileno são empregados em alguma extensão para aplicações de baixa temperatura, geralmente no estágio mais baixo de sistemas em cascata de dois ou três estágios.

1.3.17 Refrigerantes secundários

São fluidos que transferem energia da substância que está sendo resfriada para o evaporador de um sistema de refrigeração. O refrigerante secundário sofre uma variação na temperatura quando absorve calor e o libera no evaporador, não apresentando nenhuma mudança de fase neste processo. Em termos técnicos, a água poderia ser um refrigerante secundário, mas as substâncias a serem aqui exploradas são as salmouras e anti congelantes mais largamente usados são soluções de água e etileno glicol, propileno

glicol, ou cloreto de cálcio. O propileno glicol tem a característica singular de ser inócuo em contato com alimentos.

1.4 Desempenho dos Fluidos Refrigerantes

Na tabela abaixo mostra o desempenho dos fluidos refrigerantes mais usados no mercado;

Tabela 1.1. Desempenho de alguns fluidos refrigerantes

Refrig.	t_v	p_e	p_c	v	ER	m	R	t_d	Wcp	COP
R-11	23,8	20,2	126,0	0,760	156,3	1,400	6,24	43,3	700,5	5,02
R-123	27,8	15,8	109,6	0,880	142,4	1,500	6,94	34,4	726,6	4,84
R-12	-29,8	182,7	744,6	0,094	117,0	1,800	4,07	37,8	740,0	4,75
R-134a	-26,1	164,1	769,5	0,195	150,7	1,400	4,69	42,2	798,2	4,41
R-13	-81,4	153,7	732,7	0,100	107,4	2,000	4,77	40,6	900,0	4,10
R-22	-40,8	296,2	1192,1	0,077	162,6	1,300	4,02	53,3	753,5	4,67
R-113	47,6	6,9	54,4	1,640	121,8	1,700	7,83	30,0	828,1	4,27
R-114	3,8	46,9	251,7	0,270	100,0	2,100	5,41	30,0	760,9	4,65
R-500	-33,5	214,4	879,1		141,4	1,500	4,10	43,3	752,2	4,67
R-502	-45,4	348,9	1319,0	0,050	104,4	2,000	3,78	36,7	798,2	4,40
R-503	-45,4	1829	1319,0	0,010	53,4	3,900	2,38	36,7	1360,0	2,60
R-717	-33,28	237,0	1167,0	0,510	1102	0,191	4,94	98,9	737,8	4,77
R-718	-20,8	0,165	4,2462	720,6	2347	0,191	25,73			

Onde, na tabela 1.1

t_v	temperatura de vaporização ao nível do mar, °C
p_e	pressão saturada de evaporação para -15°C , kPa
p_c	pressão saturada de condensação para 30°C , kPa
v	volume específico do vapor na sucção, m^3/kg
ER	efeito de refrigeração, kJ/kg
m	vazão mássica de refrigerante, kg/min
R	taxa de compressão, p_c/p_e
t_d	temperatura na descarga do compressor, °C
W_{cp}	potência consumida, kW
COP	coeficiente de performance

2 CONVENÇÕES, PROTOCOLOS E NORMAS

2.1 Convenções de Viena

Em 1985, um conjunto de nações reuniu-se na Áustria formalizando a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio. Na ocasião, uma série de princípios foram enunciados com o objetivo de incentivar a comunidade internacional a promover mecanismos de proteção à camada de ozônio, incluindo obrigações genéricas que instavam os governos a adotarem medidas apropriadas.

A Convenção de Viena contribuiu para o surgimento, em 1987, do Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, que é um tratado internacional que entrou em vigor em 1989. O documento impôs obrigações específicas, em especial a progressiva redução da produção e consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (SDOs) até sua total eliminação.

2.2 Protocolos de Montreal

O Protocolo de Montreal foi um tratado feito internacionalmente, com o objetivo de fazer os países se comprometerem a acabar e substituir o uso do CFCs e de outras substâncias que contribuem para a destruição da camada de ozônio.

O Protocolo de Montreal é composto por cinco acordos firmados em Montreal, Canadá, em 16 de setembro de 1987. Durante dois anos o protocolo esteve aberto às assinaturas pelos países, recebendo a adesão de 46 governos que se comprometeram em reduzir em 50% a produção e consumo de CFCs até o ano 2000 e o abandono total da produção e do consumo comercial de halons até 1992.

Até 1999 o Protocolo de Montreal havia passado por cinco revisões onde recebeu algumas emendas: em 1990 na reunião em Londres, Inglaterra, foi aceita a emenda (Emenda de Londres) pela qual as partes concordaram em abandonar totalmente a produção e consumo de CFCs até 2000 (até então o acordo era de reduzir em 50%). Nesta reunião também foi criado um fundo para ajudar financeiramente a implementação do Protocolo pelas partes (Fundo Multilateral para a Implementação do

Protocolo de Montreal); em 1992 na reunião em Copenhague, Dinamarca, ficou acordado o banimento total da produção e utilização dos HCFCs até 2030, que estavam sendo utilizados como substitutos dos CFCs, a meta do banimento dos CFCs foi antecipada para 1996 e, também, houve o congelamento da produção e consumo dos brometos de metila até 1995; em 1997 em Montreal, ficou acordado através de uma nova emenda o banimento do brometo de metila pelos países industrializados até 2005 e o mesmo para os países em desenvolvimento até 2015. Como ainda era, utilizados os CFC, instituiu-se uma licença para fins de exportação e importação da substância; em 1999 em Beijing, na China, foi feito o reabastecimento do Fundo Multilateral.

Foi fruto das reuniões sobre o Protocolo, também, a criação do Dia Internacional de Proteção a Camada de Ozônio em 16 de setembro, aprovado por resolução da Assembleia Geral das Nações Unidas em 1995.

No Brasil, a primeira ação para combater as Substâncias Destruidoras da Camada de ozônio (SDOs), antes mesmo da ratificação do Protocolo, foi a publicação da Portaria 01 de 10/08/88 pela então Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, mais tarde substituída pela Anvisa. Esta portaria regulamentou as embalagens de aerossóis livres de CFC. No mesmo ano o Ministério da Saúde proibiu o uso de CFCs em produtos cosméticos, de higiene e perfumes.

Em 1991, após a ratificação do Protocolo foi criado o GTO, Grupo de Trabalho do Ozônio, que estabeleceu diretrizes para eliminação dos CFC e criou o Programa Brasileiro para eliminação da Produção e Consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, PBCO, em 1994.

Em 1995 foi aprovada a Resolução CONAMA n.º 13 que deu prioridade para a conversão tecnológica industrial na eliminação dos CFCs. Mais tarde a resolução foi revogada e uma outra resolução, a n.º 267/00 proibiu definitivamente o uso de CFCs em novos produtos. Ainda em 1995, foi criado o PROZON – Comitê-Executivo Interministerial para a Proteção da Camada de Ozônio.

Para banir de vez o uso de CFCs no Brasil, foi criado o Plano Nacional para Eliminação de CFCs em 2002. Desde então, o uso de CFCs no Brasil caiu de 10 mil

toneladas em 1995, para 480 toneladas em 2006, representando cerca de 90% de redução.

2.3 Protocolos de Kyoto

Esse Protocolo tem como objetivo firmar acordos e discussões internacionais para conjuntamente estabelecer metas de redução na emissão de gases-estufa na atmosfera, principalmente por parte dos países industrializados, além de criar formas de desenvolvimento de maneira menos impactante àqueles países em pleno desenvolvimento.

Diante da efetivação do Protocolo de Kyoto, metas de redução de gases foram implantadas, algo em torno de 5,2% entre os anos de 2008 e 2012. O Protocolo de Kyoto foi implantado de forma efetiva em 1997, na cidade japonesa de Kyoto, nome que deu origem ao protocolo. Na reunião, oitenta e quatro países se dispuseram a aderir ao protocolo e o assinaram, dessa forma, comprometeram-se a implantar medidas com intuito de diminuir a emissão de gases.

As metas de redução de gases não são homogêneas a todos os países, colocando níveis diferenciados de redução para os 38 países que mais emitem gases, o protocolo prevê ainda a diminuição da emissão de gases dos países que compõe a União Européia em 8%, já os Estados Unidos em 7% e Japão em 6%. Países em franco desenvolvimento como Brasil, México, Argentina, Índia e, principalmente, China, não receberam metas de redução, pelo menos momentaneamente.

O Protocolo de Kyoto não apenas discute e implanta medidas de redução de gases, mas também incentiva e estabelece medidas com intuito de substituir produtos oriundos do petróleo por outros que provocam menos impacto. Diante das metas estabelecidas, o maior emissor de gases do mundo, Estados Unidos, desligou-se em 2001 do protocolo, alegando que a redução iria comprometer o desenvolvimento econômico do país.

Tabela 2.1: Tempo de residência na atmosfera para alguns refrigerantes ODP (*Ozone Depleting Potential*) e GWP (*Global Warming Potential*).

Refrigerante	Tempo de vida (anos)	ODP	GWP
CFC-11	60	1,00	1,00
CFC-12	120	1,00	3,00
CFC-113	90	0,80	1,40
CFC-114	200	0,70	3,90
CFC-115	400	0,40	7,50
HCFC-22	15	0,05	0,34
HCFC-123	2	0,02	0,02
HCFC-124	7	0,02	0,10
HCFC-141b	8	0,10	0,09
HCFC-142b	19	0,06	0,36
HFC-125	28	0,00	0,58
HFC-134a	16	0,00	0,26
HFC-143a	41	0,00	0,74
HFC-152a	2	0,00	0,03

Fonte: (TANIMOTO; SOARES, 1999).

2.4 Normas brasileiras e internacionais

Segue abaixo algumas normas de segurança que poderão ser utilizadas no projeto, operação e manutenção dos equipamentos de refrigeração com fluidos naturais.

2.4.1 Normas Brasileiras

NBR 16069 - Segurança em Sistemas de Refrigeração. Baseada no ANSI/ASHRAE Standard 15-2007

NR-13 – 2014 – Caldeiras e Vasos de Pressão – Normas Regulamentadoras da Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho – Ministério do Trabalho – Lei nr. 6514 – 22/12/1977;

P4.261 – Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos – CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – 13/08/2003;

NBR 13598 – Vasos de Pressão para Refrigeração – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – 04/1996.

2.4.2 Normas internacionais

ANSI/ASHRAE *Standard 15-2007 – Safety Code for Mechanical Refrigeration*
American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers;

ANSI/IIAR 2-2008 – *Equipment, Design & Installation of Ammonia Mechanical Refrigerating Systems – International Institute of Ammonia Refrigeration;*

EN 378 Part 1-4 – 2008: Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements – European Committee for Standardisation.

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 5149:1993 – Mechanical Refrigerating Systems used for Cooling and Heating – Safety Requirements – International Organization for Standardization;

ANSI/ASME B31.5 – 2006 – Refrigeration Piping and Heat Transfer Components – American Society of Mechanical Engineers;

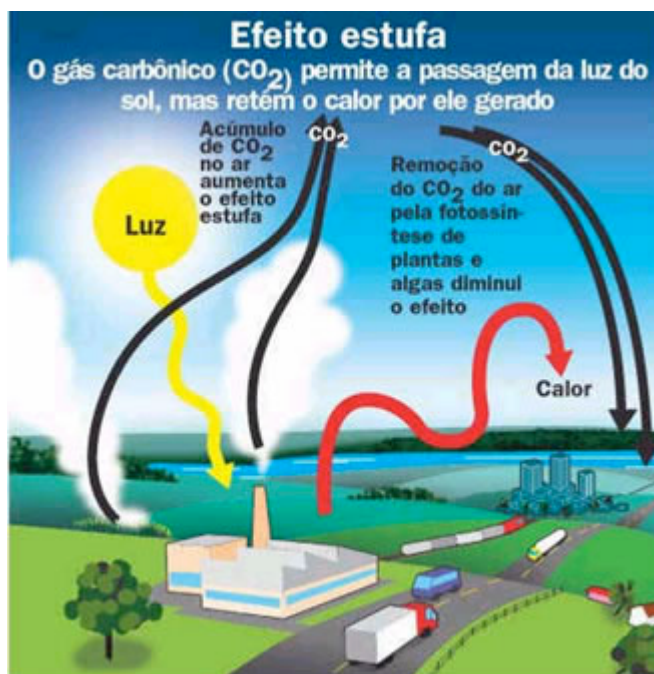
ANSI/IIAR Standard 3-2005: Ammonia Refrigeration Valves.

3 OS MALEFÍCIOS DOS FLUÍDOS REFRIGERANTES

3.1 Efeito Estufa

O Efeito Estufa é a forma que a Terra tem para manter sua temperatura constante. A atmosfera é altamente transparente à luz solar, porém cerca de 35% da radiação que recebemos vai ser refletida de novo para o espaço, ficando os outros 65% retidos na Terra. Isto deve-se principalmente ao efeito sobre os raios infravermelhos de gases como o Dióxido de Carbono, Metano, Óxidos de Azoto e Ozônio presentes na atmosfera (totalizando menos de 1% desta), que vão reter esta radiação na Terra, permitindo-nos assistir ao efeito calorífico dos mesmos. Nos últimos anos, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado cerca de 0,4% anualmente; este aumento se deve à utilização de petróleo, gás e carvão e à destruição das florestas tropicais. A concentração de outros gases que contribuem para o Efeito de Estufa, tais como o metano e os clorofluorcarbonetos também aumentaram rapidamente.

Figura 3.1: explicação do Efeito Estufa



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br>

O efeito dos gases poluentes podem vir a causar um aumento da temperatura global (Aquecimento Global) estimado entre 2 e 6 °C nos próximos 100 anos. Um

aquecimento desta ordem de grandeza não só irá alterar os climas em nível mundial como também irá aumentar o nível médio das águas do mar em, pelo menos, 30 cm, o que poderá interferir na vida de milhões de pessoas habitando as áreas costeiras mais baixas. Se a terra não fosse coberta por um manto de ar, a atmosfera, seria demasiado fria para a vida. As condições seriam hostis à vida, a qual de tão frágil que é, bastaria uma pequena diferença nas condições iniciais da sua formação, para que nós não pudéssemos estar aqui discutindo-a.

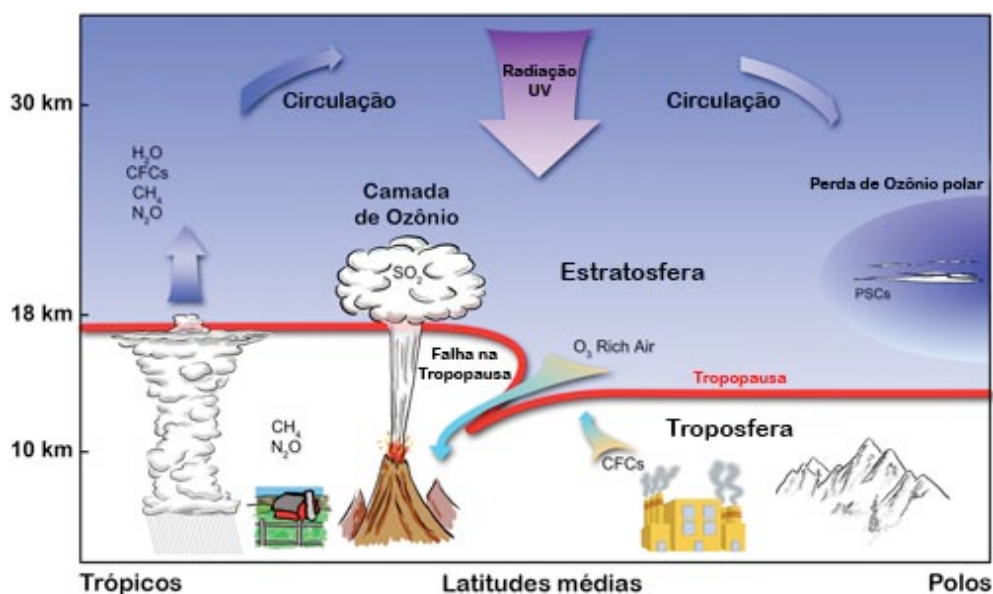
O Efeito Estufa é a ação do dióxido de carbono e outros gases sobre os raios infravermelhos refletidos pela superfície da terra, refletindo para ela, mantendo assim uma temperatura estável no planeta. Ao irradiarem a Terra, partes dos raios luminosos oriundos do Sol são absorvidos e transformados em calor, outros são refletidos para o espaço, mas só parte destes chega a deixar a Terra, em consequência da ação refletora que os chamados "Gases de Efeito Estufa" (dióxido de carbono, metano, clorofluorcarbonetos- CFCs- e óxidos de azoto) têm sobre tal radiação reenviando-a para a superfície terrestre na forma de raios infravermelhos.

3.2 Aquecimento Global

Aquecimento global é o aumento da temperatura do planeta, causado pelo acúmulo, em grande quantidade, de gases poluentes na atmosfera, acarretando uma maior retenção da irradiação do calor solar da superfície terrestre.

Os gases lançados na atmosfera, principalmente o “gás carbônico ou dióxido de carbono”, o “metano”, os “clorofluorcarbonos” (CFCs) e o “óxido de nitrato”, lançados pelos automóveis, pelas fábricas, pelas termelétricas, fluidos refrigerantes e por centrais de aquecimento ou refrigeração etc., são os responsáveis por formar uma camada que funciona como um cobertor em torno do planeta impedindo que a radiação solar, refletida pela superfície da Terra, em forma de calor, se dissipe no espaço.

Figura 3.2: Esquema do Aquecimento Global



Fonte: Barbara Summey in *earthobservatory.nasa.gov*

O aquecimento global, segundo os pesquisadores, também ajuda derretimento das calotas polares. O “Ártico e a Antártica” são o termômetro das alterações ocorridas no clima. Os pólos, devido a suas baixas temperaturas, ajudam a manter o clima global ameno, alimentando as correntes marítimas, resfriando as massas de ar e devolvendo ao espaço a maior parte da energia solar que recebem, graças a suas vastas superfícies brancas. As alterações nos ambientes polares podem quebrar o equilíbrio do planeta, acentuando manifestações climáticas extensas, como tempestades, ondas de calor e secas.

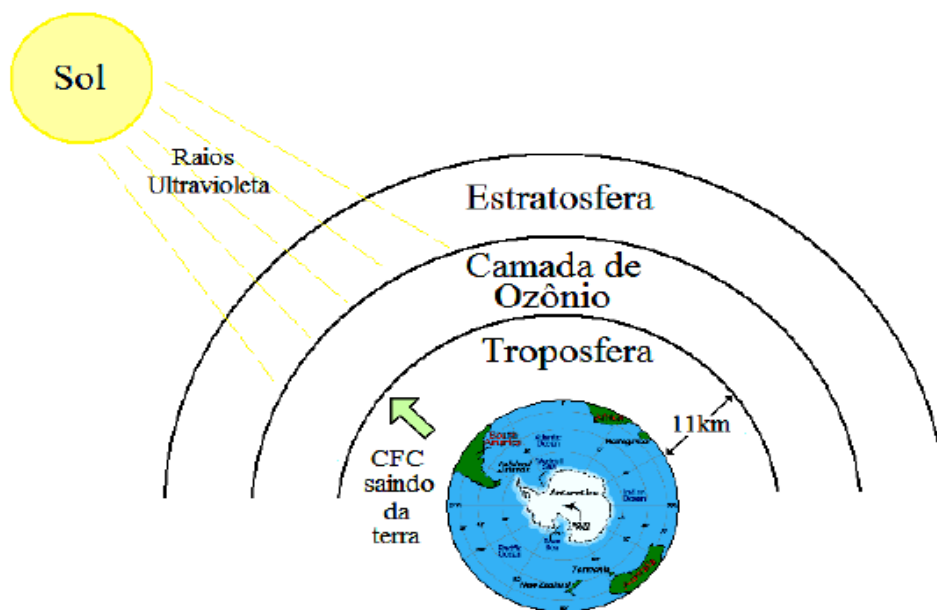
3.3 Camada de Ozônio

O ozônio é formado quando as moléculas de oxigênio absorvem parte da radiação ultravioleta proveniente do sol, ocasionando a separação das moléculas em dois átomos de oxigênio. Estes átomos por sua vez, juntam-se com outras moléculas de oxigênio, formando assim o ozônio (O₃), que contém três átomos de oxigênio. Aproximadamente 90% do ozônio da terra está localizado em uma camada natural, logo acima da superfície terrestre conhecida como estratosfera. Esta camada natural atua como um escudo protetor contra a radiação ultravioleta. (ROWLAND; MOLINA 1974).

A primeira preocupação sobre a provável destruição da camada de ozônio pelos CFC's foi levantada com a publicação da teoria de que os átomos de cloro liberados pelos CFC's poderiam migrar até a estratosfera, destruindo as moléculas de ozônio (Molina e Rowland, 1974), conforme mostra a figura abaixo. Alguns dos CFC's têm um tempo de vida na atmosfera superior a 120 anos, isto é, eles não se dissociam na baixa atmosfera (troposfera). Como resultado, os CFC's migram vagarosamente para a estratosfera onde são atingidos por maiores níveis de radiação, liberando o cloro, que por sua vez livre, liga-se repetidamente com moléculas de ozônio provocando a separação dos átomos de oxigênio da molécula em questão. . (ROWLAND; MOLINA 1974).

Com a ocorrência da destruição do ozônio, maiores níveis de radiação tendem a penetrar na superfície terrestre. Além disso, devido ao longo tempo de vida dos CFC's na atmosfera e ao fato de que um átomo de cloro pode destruir repetidamente milhares de moléculas de ozônio, serão necessárias muitas décadas para que a camada de ozônio retorne aos níveis de concentração anteriores, mesmo após a eliminação completa dos CFC's. . (ROWLAND; MOLINA 1974).

Figura 3.3: Ilustração da Camada de Ozônio

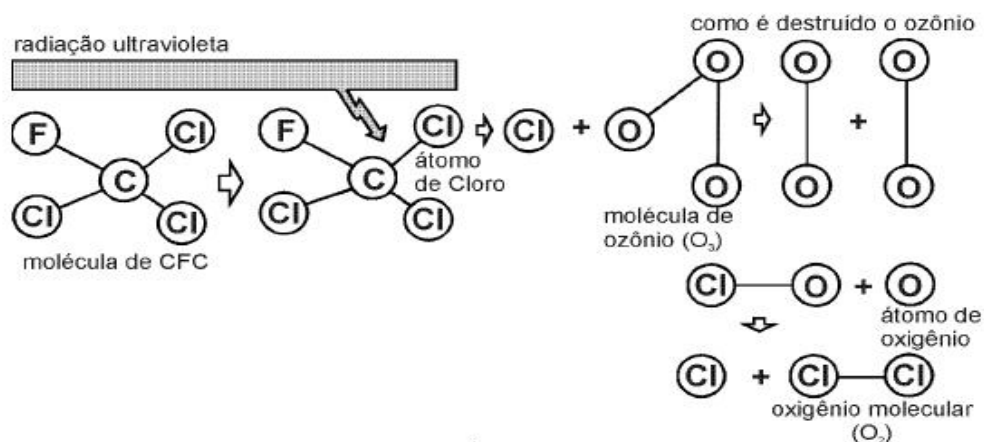


Fonte: ROWLAND; MOLINA

A destruição da camada de ozônio vem primeiramente, a luz ultravioleta quebra a ligação de um átomo de cloro da molécula de CFC. Em seguida, o átomo de cloro ataca a molécula do ozônio, quebrando a ligação entre os átomos. Forma-se uma molécula de O_2 e uma de monóxido de cloro.

O monóxido de cloro é instável, tem sua ligação quebrada e forma-se novamente cloro livre, que vai atacar e destruir outra molécula de ozônio, repetindo-se o processo, ver figura abaixo.

Figura 3.4: Destruição da Camada de Ozônio Quimicamente



Fonte: (PORTAL DA REFRIGERAÇÃO, 2015)

Um alternativo aos CFC's, deve ser isento de cloro, conseqüentemente seu ODP (*Ozone Depleting Potential*) seria igual a zero. Parcialmente halogenado (contendo hidrogênio) para diminuir o tempo de permanência do gás na atmosfera. Mínimo potencial de efeito estufa GWP (*Global Warming Potential*).

3.4 Malefícios a saúde

Devidos alguns fluidos refrigerantes que contém metano, clorofluorcarbonetos-CFCs e outros, assim prejudicando a camada de ozônio, e com isso formando buracos nesta camada, deste modo ele aumenta o risco de câncer de pele. Isso porque a camada de ozônio funciona como um filtro contra os raios solares ultravioletas (UV). Com sua diminuição, uma quantidade maior dessa radiação atinge a Terra, causando a degeneração das células da pele. Alguns estudos apontam que os casos de câncer de pele devidos ao buraco na camada de ozônio cresceram 1000% entre a década de 1950 e o final dos anos 1990. A exposição prolongada aos raios UV também pode aumentar a incidência de enfermidades dos olhos, como a catarata, e reduzir nossas defesas imunológicas, favorecendo o surgimento de doenças infecciosas. E também danificam as membranas celulares e o DNA, provocando envelhecimento precoce da pele (devido à formação de radicais livres) e uma possível influência favorável ao desenvolvimento do câncer de pele (devido à diminuição do sistema de defesa natural).

Além disso, alguns Fluidos refrigerantes com baixo ponto de ebulição podem machucar os olhos em seu estado líquido, devendo-se usar óculos de proteção o tempo todo. Se o líquido entrar em contato com os olhos, os tecidos congelam. A maioria deles não contamina alimentos e não são venenosos em nenhuma das formas, com exceção da amônia, que é altamente tóxica. A forma gasosa do fluido, misturada com o ar, não trazem problemas aos olhos, narizes, gargantas ou pulmões se inalados, mas concentrações excessivas podem levar a perda de consciência e até morte, por causa da falta de oxigênio no cérebro.

4 SUBSTITUIÇÃO DOS FLUIDOS REFRIFERANTES

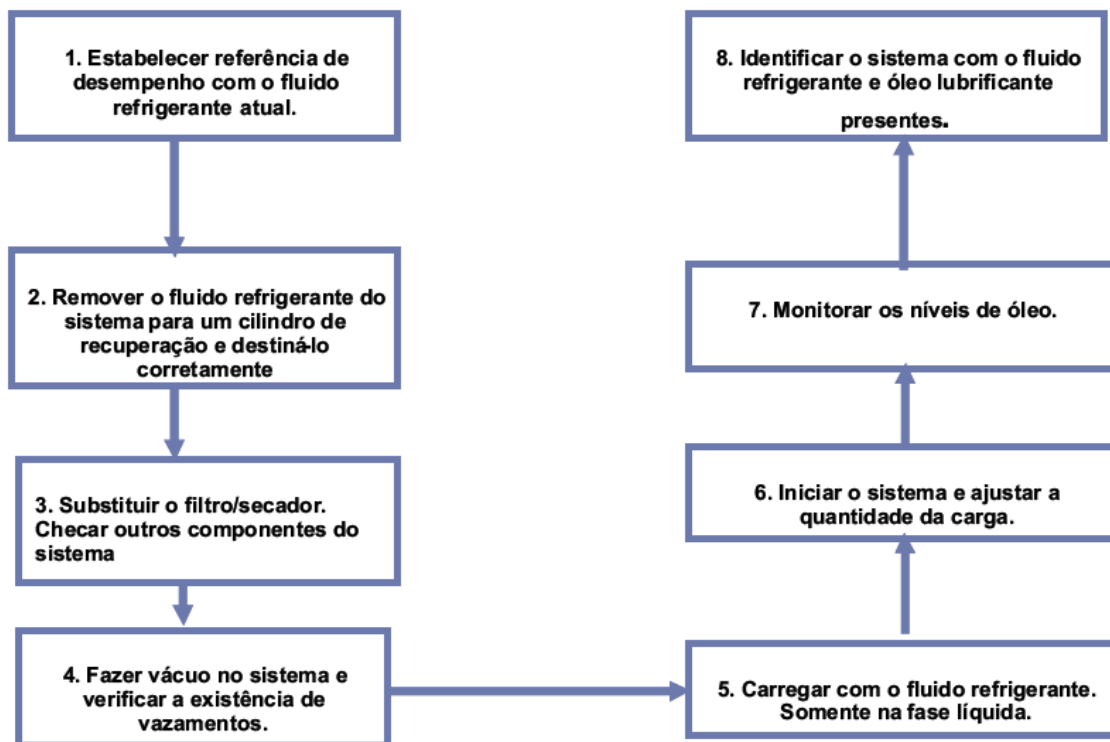
4.1 Procedimentos para substituição de fluido refrigerante

4.1.1 Retrofit

Conversão de equipamentos que contêm HCFCs para operar com novos fluidos refrigerantes, que não degradam a camada de ozônio.

- ✓ O desempenho dos novos refrigerantes deve ser bastante similar aos dos refrigerantes que eles substituem.
- ✓ Fluido refrigerante deve trabalhar em uma faixa de pressão e temperatura, onde a temperatura de descarga não exceda à temperatura limite de descarga do compressor.
- ✓ As pressões máximas do sistema não devem ser maiores do que os limites atuais aceitáveis no sistema. As tubulações e compressores devem suportar tais pressões.
- ✓ Deve ser mantida a compatibilidade de materiais entre os novos refrigerantes (elastômeros, vedações, o'rings etc), materiais de construção do compressor e componentes do sistema (Cobre, Aço, Alumínio e etc).
- ✓ Deve-se também garantir a miscibilidade e compatibilidade do fluido refrigerante com o óleo lubrificante presente no sistema (Óleo Mineral, Poliol Ester, Alquil Benzeno).

Tabela 4.1 Fluxograma que demonstra o processo de Retrofit passo a passo.



Fonte: www.ambientegeado.com.br

Para converter ou substituir um equipamento operado com CFC dois tipos de refrigerantes alternativos estão agora disponíveis: HCFCs e HFCs. HFC-134a, misturas HFC e HCFC-22 são usados tanto em equipamentos com conversão como em novos equipamentos (veja tabela 4.2 anexa). Misturas HCFC são geralmente usadas somente em conversões. Amônia é também uma opção para novos equipamentos onde as normas de segurança permitem seu uso. O substituto mais apropriado depende do tipo de equipamento que você tem e seus requisitos operacionais. Verifique com o fabricante de seu equipamento e a firma prestadora de manutenção para fazer a decisão correta para seu equipamento. As mudanças envolvidas na troca para um refrigerante alternativo podem estar limitadas à mudança de óleo ou podem incluir substituição de gaxetas, válvulas ou outros componentes. Existem procedimentos recomendados para a maioria dos equipamentos. A seguir é mostrada na Tab. 4.2 os principais refrigerantes alternativos, sua aplicação, características e composição (Retrofit é um termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma).

Tabela 4.2: Fluidos Refrigerantes Alternativos

Fluido Refrigerante	Aplicação	Características	Composição
R-123	Somente como fluido refrigerante em centrífugas de baixa pressão, tanto para equipamentos novos como para Retrofit do R-11.	Não deve ser usado para outra aplicação que não seja como fluido refrigerante. Alta eficiência energética em equipamentos novos. Não inflamável.	HCFC
R-124	Retrofit do R-114, para ambientes com alta temperatura de condensação.	Capacidade de resfriamento 80% superior ao R-114. Necessário avaliar detalhadamente o sistema. Não inflamável.	HCFC
R-134a	Equipamentos novos e Retrofit do R-12 em aplicações de média temperatura, tais como refrigeradores, freezers, centrífugas, ar condicionado automotivo e todos os sistemas que utilizam o R-12.	Não Inflamável. ODP =0 (não degrada a camada de ozônio). Utiliza óleo lubrificante polioléster (POE) e (PAG) em ar condicionado automotivo. Pressão de sucção similar ao R-12. Menor temperatura de descarga.	HFC
R-290 (Propano)	Refrigeração Comercial para Baixas Temperaturas.	Inflamável.	HC (C ₃ H ₈)
R-401A	Retrofit do R-12, refrigeração comercial e doméstica para temperaturas de evaporação acima de -23°C.	Pode trabalhar com óleo mineral. Redução no consumo de energia e aumento de 10% da capacidade de refrigeração. Redução na quantidade de fluido refrigerante utilizada em relação ao R-12 (Cerca de 85% da carga original).	HCFC* (Mistura)
R-401B	Retrofit do R-12 e R-500 para baixa temperatura e alta capacidade, com temperatura de evaporação abaixo de -23°C.	Pode trabalhar com óleo mineral. Redução no consumo de energia e aumento de 15% da capacidade de refrigeração. Redução na quantidade de fluido refrigerante utilizada em relação ao R-12 (Cerca de 85% da carga original).	HCFC* (Mistura)
R-402A	Retrofit do R-502 em refrigeração comercial de baixa e média temperatura.	Pode trabalhar com óleo mineral. Pressão de sucção e temperatura de descarga similares ao R-502. Aumento de 10% em média da capacidade de refrigeração.	HCFC* (Mistura)

Fonte: (KOCH; NETO, 2009).

Tabela 4.2: Fluidos Refrigerantes Alternativos

R-402B	Retrofit do R-502 em máquinas de gelo e "self-contained".	Pode trabalhar com óleo mineral. Pressão de sucção similar a do R-502. Temperatura de descarga superior a do R-502. Aumento de 5% em média da capacidade de refrigeração.	HCFC* (Mistura)
R-404A	Novos equipamentos e Retrofit do R-502 em refrigeração comercial.	Utiliza óleo lubrificante polioléster (POE). Menor temperatura de descarga em comparação ao R-502. Pressão de sucção e capacidade de refrigeração similares às do R-502.	HFC * (Mistura)
R-407C	Novos equipamentos e Retrofit do R-22 em ar condicionado e bombas de calor.	Utiliza óleo lubrificante polioléster (POE). Mesma capacidade de refrigeração do R-22.	HFC * (Mistura)
R-408A	Retrofit do R-502 para refrigeração comercial.	Pode trabalhar com óleo mineral. Mesma capacidade de refrigeração do R-502. Temperatura de descarga superior ao R-502. Redução na quantidade de fluido refrigerante utilizada em relação ao R-12 (Cerca de 85% da carga original).	HCFC * (Mistura)
R-409A	Retrofit do R-12 em refrigeração comercial e doméstica.	Pode trabalhar com óleo mineral. Redução no consumo de energia e aumento da capacidade de refrigeração. Redução na quantidade de fluido refrigerante utilizada em relação ao R-12 (Cerca de 85% da carga original).	HCFC * (Mistura)
R-410A	Somente em equipamentos novos.	Novos equipamentos desenvolvidos para o R-410A possuem capacidade 60% superior aqueles que utilizam o R-22. Menor temperatura de descarga em relação ao R-22.	HFC * (Mistura)
R-507	Novos equipamentos e Retrofit do R-502 em refrigeração comercial.	Trabalha na mesma faixa de temperatura que o R-502. Possui rendimento similar ao R-502 com maior capacidade de refrigeração.	HFC * (Mistura azeotrópica)
R-508B	Novos Equipamentos e Retrofit do R-13 para temperaturas extremamente baixas (-80°C no evaporador), sistemas em cascata.	Menor temperatura de descarga do compressor. Capacidade de resfriamento 30% maior se comparado ao R-13.	HFC * (Mistura azeotrópica)
R-600A (Isobutano)	Refrigeração Comercial e Doméstica.	Inflamável.	HC (C ₄ H ₁₀)
R-717 (Amônia)	Refrigeração Industrial e Comercial.	Inflamável. Incompatibilidade com cobre. Baixo Limite de Exposição (Alto grau de toxicidade).	NH ₃
		* Se ocorrer vazamento pode-se completar a carga do fluido refrigerante sem necessidade da troca completa.	

CONCLUSÃO

Neste Trabalho de conclusão de curso foi apresentado primeiramente o que é um fluido refrigerante, em seguida vimos suas características, como é nomeado e os tipos de refrigerantes mais usados nos navios e indústrias.

Depois de ter mencionados os tipos de fluidos, e comentar sobre suas características, foram citados os protocolos mais importantes, Montreal e Kyoto, e a Convenção de Viena que neles foram apresentados a importância de combater a emissão de CFCs na Camada de Ozônio, e substituir por outros fluidos que não fossem nocivos. E com isso não prejudicar a o ecossistema da biosfera e também não causar danos a saúde humana. E ainda foi citado algumas normas nacionais e internacionais que regulariza a segurança, projetos, operação e manutenção dos equipamentos de refrigeração com fluidos refrigerantes.

Diante disso tudo foi comentado os danos causados, pelos gases refrigerantes que contém CFCs, como o Efeito Estufa, a destruição a Camada de Ozônio e o Aquecimento Global. Além disso foi relatado os prejuízos que esses fluidos trazem pra a saúde humana como por exemplo: problemas respiratórios, câncer de pele e também podem afetar o sistema nervoso.

E para concluir esse estudo, foram citados os fluidos refrigerantes alternativos, e como fazer a substituição desses fluidos, com finalidade de orientar as empresas, indústrias e navios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLUBE DA REFRIGERAÇÃO. *Tipo de fluidos refrigerantes*. Disponível em: <<http://www.clubedarefrigeracao.com.br/downloads/fluidos-refrigerantes>> Acesso em: 26 de Abril de 2015;

COSTA, E. C. , 1982, *Refrigeração, Editora Edgard Blucher Ltda*, São Paulo;

DOSSAT, R., J., 1980, *Princípios de Refrigeração, Editora Hemus*, São Paulo;

DUPONT. *Fluido refrigerante*. Disponível em: <http://www2.dupont.com/Refrigerants/pt_BR/fluidos_refrigerantes.html > Acesso em: 20 de Abril de 2015;

FERRAZ, F. *Histórico da Refrigeração: Fluidos Refrigerantes, Ozônio/Processo de Formação/Destruição*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Bahia. 2008. Disponível em: <http://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/2_histc3b3ricodarefrigerac3a7c3a3o.pdf>. Acesso em: 16 abril 2015;

FIGLIOLI, F. A. S., SILVARES, O. M. *Simulação do Escoamento de Misturas de Refrigerantes em Tubos Capilares Utilizando Modelo de Fases Separadas*. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica. Vol. 10, N.º 1, pp. 33-40, 2006. Acesso em: 19 abril 2015;

GOUVÊA, P. E. M., FREITAS, R., SOUZA, A. C. C., SILVEIRA, J. L. *Estudo da substituição de fluidos refrigerantes em sistema refrigeração e ar condicionado por compressão de vapor*. Rev. ciênc. exatas, Taubaté, v.9/10, n. 1-2, p. 43-46, 2003/2004;

MOLINA, M. J e ROWLAND, J.S, 1974, *Reprinted from nature, vol. 249, N° 5460, pp. 810-812*, 28 junho de 1974;

PORTAL DA REFRIGERAÇÃO. *Figura 2*. Disponível em: <<http://www.refrigeracao.net/Topicos/r134.htm>> Acesso em: 20 de Abril de 2015;

SILVA, J. G. *Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização*. 1ª edição. Editora Artliber, São Paulo, 2003;

TANIMOTO, A. H., SOARES, P. S. *Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio e sua legislação*. Monografia do Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria, UFBA, Salvador, Bahia, 1999.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em Administração*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.