

11^o Seminário de Comemoração do Dia Internacional
de Proteção da Camada de Ozônio

Fluidos Refrigerantes Situação Atual e Tendências

Roberto de Aguiar Peixoto, Dr. Eng.
Instituto Mauá de Tecnologia

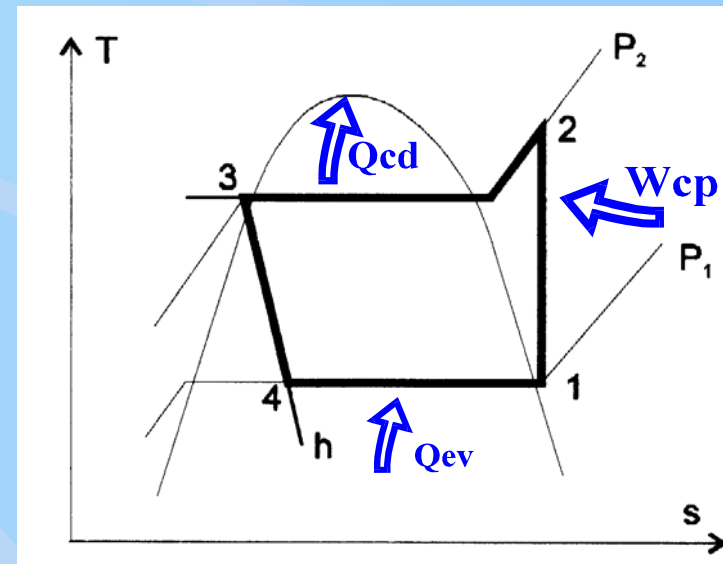
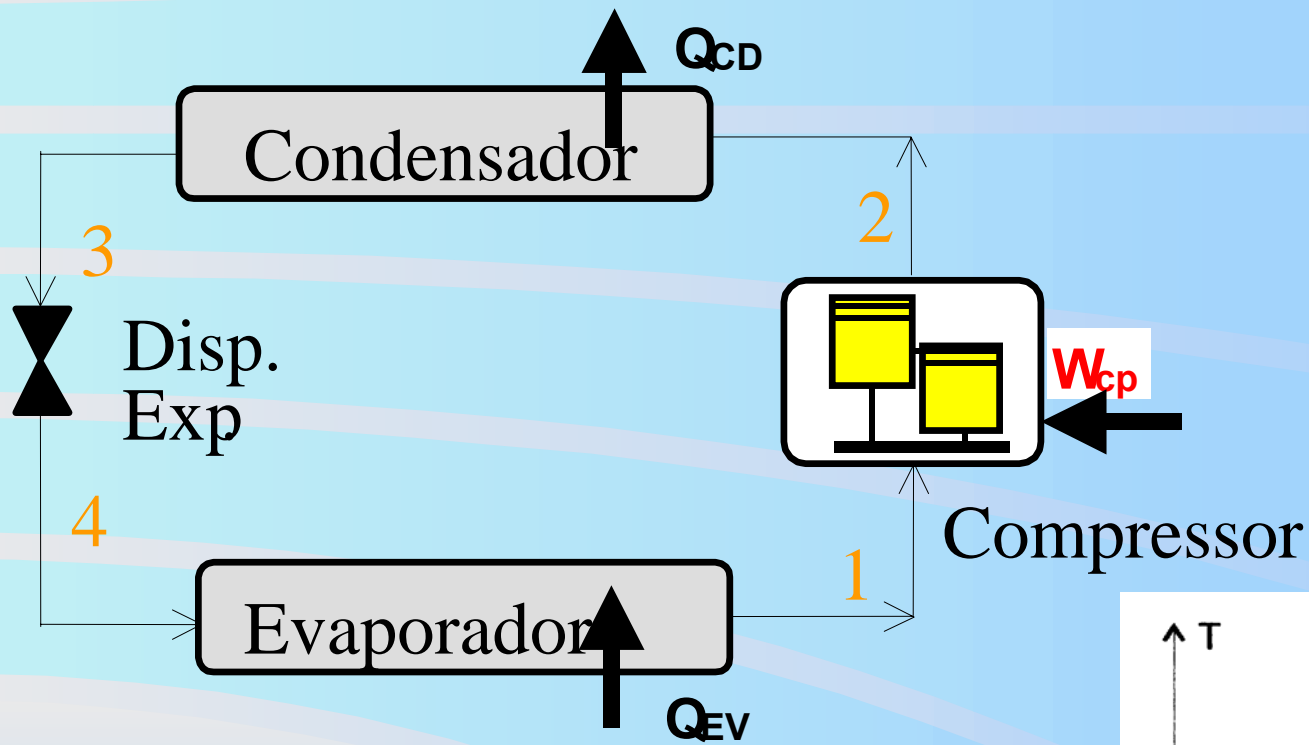


Sumário

- Fluido Refrigerante
- Impacto Ambiental de Sistemas de RAC
- Cenário Internacional
- Fluidos Refrigerantes Naturais
- Cenário Nacional



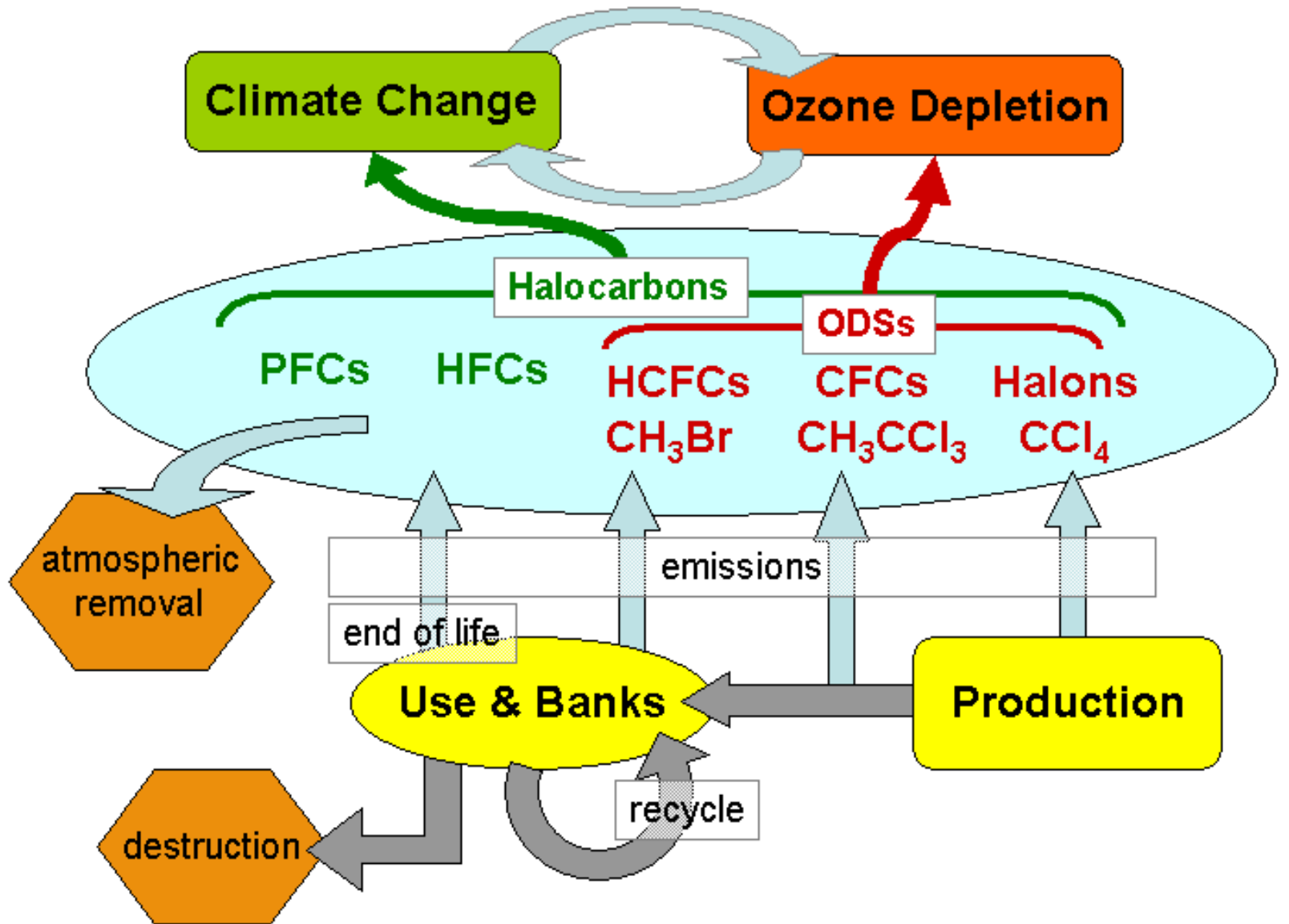
CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR



Impacto Ambiental de Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado

- Emissões de refrigerantes
- Consumo de energia dos equipamentos de refrigeração e ar condicionado





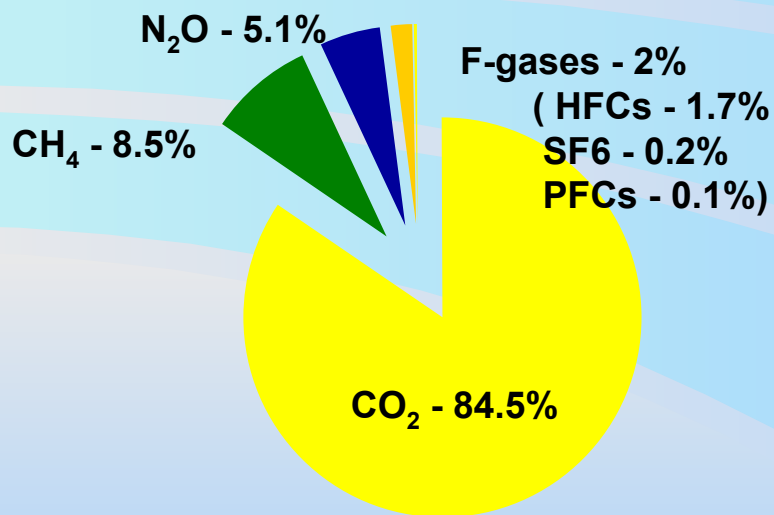
VALORES ATMOSFÉRICOS PARA VÁRIOS FLUIDOS REFRIGERANTES

DENOMINAÇÃO	DENOMINAÇÃO QUÍMICA	TEMPO DE VIDA ATMOSFÉRICO (anos)	GWP 100 anos	GWP 500 anos	GWP 1000 anos	ODP
CO ₂	Dióxido de carbono	^b	1	1	1	–
CFC-11	Triclorofluormetano	45	4600	1,600	1125	1.0
CFC-12	Diclorodifluormetano	100	10,600	5,200	NA	0.82
HCFC-123	2,2-Dicloro-1,1,1-trifluoretano	1.4	120	36	19	0.012
HCFC-141b	1,1-Dicloro-1-fluoretano	9.2	700	220	115	0.086
HCFC-22	Clorodifluorometano	11.8	1,900	590	324	0.034
HFC-125	Pentafluoretano	32.6	3,800	1,200	651	< 3 x 10 ⁻⁵
HFC-134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	13.6	1,600	500	356	< 1.5 x 10 ⁻⁵
HFC-152a	1,1-Difluoroetano	1.5	190	58	31	0.000
HFC-227ea	1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano	36.5	3,800	1,300	695	0.000
HFC-245fa	1,1,1,3,3-Pentafluoropropano	8.8	820	NA	189	0.000
HFC-32	Difluormetano	5.6	880	270	174	0.000
R-717	Amônia	NA	< 1	NA	NA	0.000

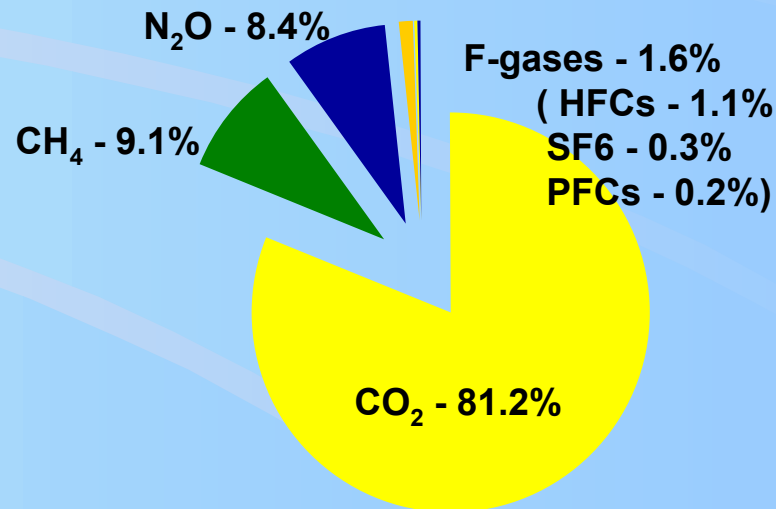


Participação dos Fluidos Refrigerantes no “Efeito Estufa”

2002 U.S. Emissions



1999 EU (15) Emissions

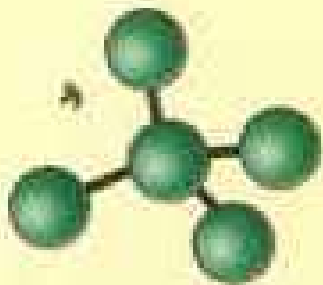


Desempenho Climático de Ciclo de Vida (“Life-Cycle Climate Performance” - LCCP)

- LCCP foi originado do conceito inicial de TEWI (Total Equivalent Warming Impact) e calcula o impacto ao longo da vida útil das emissões diretas e indiretas de gases efeito estufa incluindo emissões não intencionais durante o processo de produção das substâncias químicas, a energia envolvida na fabricação dos componentes, energia consumida na operação e as emissões quando da disposição final ou reciclagem.



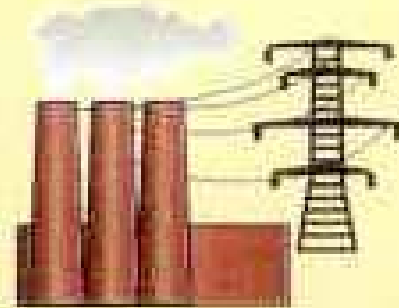
Efeito direto



(emissão de refrigerantes)

+

Efeito indireto



(CO₂ proveniente da produção de energia)



- A **Avaliação de Ciclo de Vida (LCA)**: é o enfoque formalmente mais completo para avaliar e comparar os impactos ambientais de tecnologias. A metodologia para LCAs foi desenvolvido na série de normas internacionais ISO 14040



Breve Histórico dos Refrigerantes

1834: Perkins refrigeração por compressão de vapor utilizando eter etílico

1880 - 1920 : amônia, ácido sulfúrico, dióxido de carbono e propano

1930 - 1940 : CFCs (R-12, R-11, R-114, R-113)

1950s : HCFCs (R-22, R-502)

1974 : Teoria da destruição do Ozônio (Molina e Rowland)

1987 : Protocolo de Montreal (eliminação de CFCs e HCFCs)

1992 : Convenção do Clima (UN FCCC)

1997 : Protocolo de Kyoto (redução das emissões de **HFCs**, PFCs, CO₂, SF₆, N₂O, CH₄)

3^o milênio : Quais refrigerantes serão utilizados ?



Escolha do Refrigerante

- O processo de seleção do refrigerante para um ciclo de compressão de vapor é complexo, envolvendo a investigação de um grande número de parâmetros, incluindo:
 - propriedades termodinâmicas e de transporte;
 - faixas de temperatura;
 - relações de pressão e temperatura;
 - requisitos para o processo de compressão;
 - compatibilidade com materiais e óleo;
 - aspectos de saúde, segurança e flamabilidade;
 - parâmetros ambientais como ODP, GWP.



Refrigerantes Alternativos

Transição/Serviços

Opções de Longo e Médio Prazo

Parcialmente Clorados (HCFC/HFC)

Sem Cloro

Sem Cloro (HFCs)

Sem Elemento Halógeno

Substâncias Simples

HCFC-22
HCFC-123
HCFC-141b
...

Misturas a base de HCFC-22

R401A
R409A
R408A
...

Misturas de HCs

R290/R600A
...

Substâncias Simples

HFC134a
HFC32
...

Misturas

R404A
R507
R407A
...

Substâncias Simples

NH₃ (amônia)
R290
R600a
CO₂
...

Misturas

R290/R600A
...



Cenário Internacional

- Eliminação dos HCFCs
- Na Europa HCFC-22 foi eliminado em equipamentos novos em 31/12/ 2003 (uso para área de serviços até 2010, uso de refrigerante recolhido/regenerado de 1 janeiro 2010 - dezembro 2014)
- Nos Estados Unidos HCFC-22 será eliminado em equipamentos novos em 01/01/2010
- No Japão HCFC-22 será eliminado em equipamentos novos em 01/01/2010, entretanto, quase a totalidade de novos equipamentos já foi convertida para HFCs ou outros refrigerantes.



Alternativas aos HCFCs

HFCs

- R-410A, R-134a, R-407C, R-417A,....

Não-HFCs

- CO₂, R-290 (HC), R-717 (Amônia), ...

Outras Tecnologias

- Absorção
- Stirling, termoacustica,



- Os hidrocarbonetos junto com a amônia, CO₂ e água, fazem parte de um grupo chamado de "refrigerantes naturais".
- Todos "refrigerantes naturais" existem em ciclos materiais da natureza mesmo sem a interferência humana.
- Evolução e inovações tecnológicas tem ajudado na consideração dos "refrigerantes naturais" como uma solução segura e econômica para aplicações em numerosas áreas.
- Por causa dos menores impactos ambientais e por serem mais adequados dentro da perspectiva de desenvolvimento tecnológico sustentável, sistemas de refrigeração com refrigerantes naturais podem vir a ter um papel importante no futuro como soluções técnicas em diversas aplicações.



Dioxido de Carbono CO₂

- Bombas de calor para aquecimento de água
- Ar condicionado automotivo
- Equipamentos compactos de refrigeração (“vending machines”, displays, ...)
- Refrigeração de supermercados:
 - transcritical, cascata
 - sistemas secundários
- Refrigeração Industrial :
 - transcritical
 - cascata
- Desenvolvimento: Expansores e ejetores

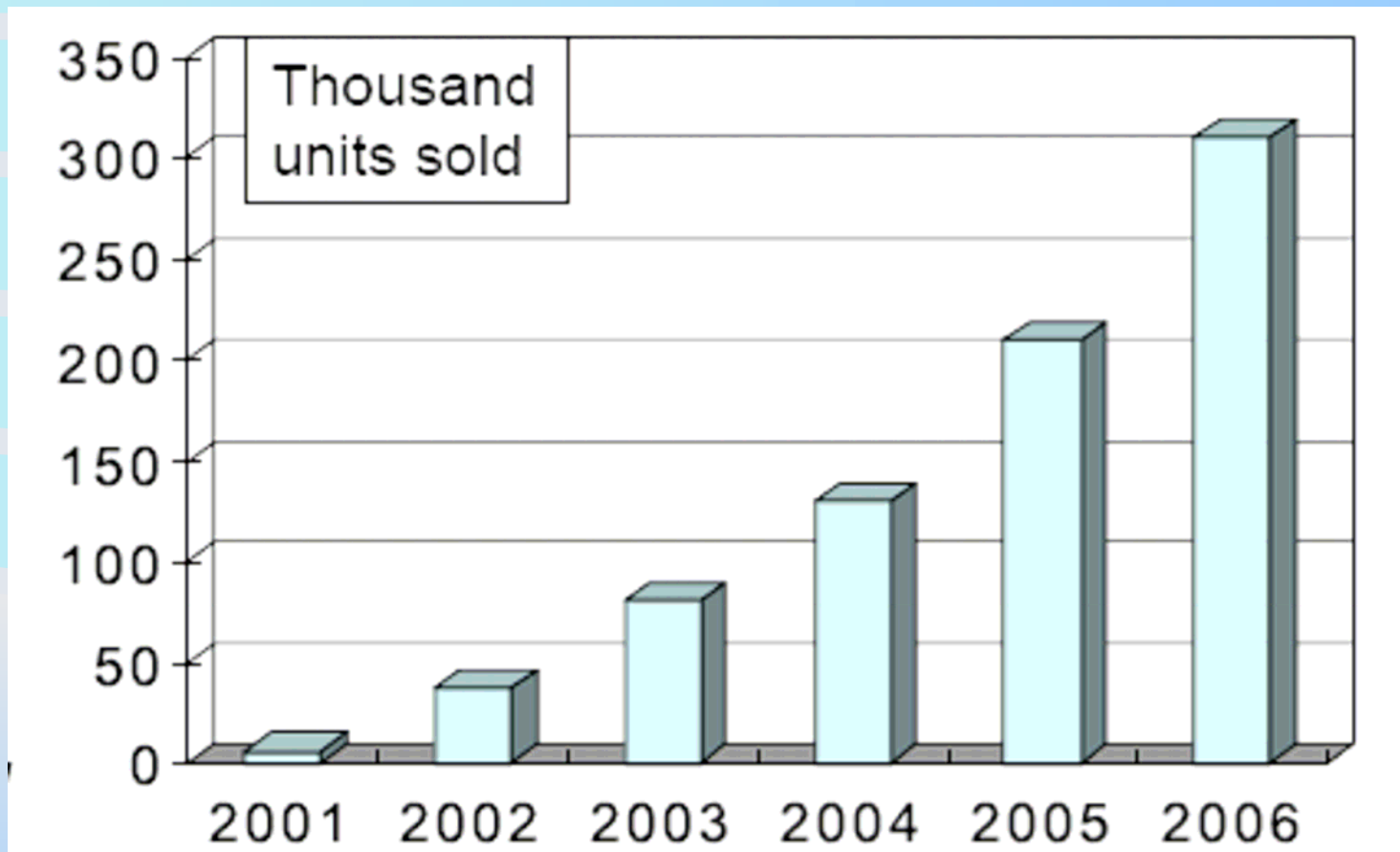


CO₂ - Ar Condicionado Automotivo

- Novos fluidos HFCs com baixo GWP (<150)
- Anunciados pela DuPont, Honeywell, e outros fabricantes



Mercado de bombas de calor para aquecimento de água Japão (*JARN Feb. 2006*)



Amônia

- Sistemas de Ref. Industrial e comercial NH₃/CO₂
 - cascata
- Sistemas de Absorção
- Sistemas com baixa carga e baixo vazamento
- Sistemas indiretos (ref.supermercados)
 - Monofásico
 - Ice slurry
 - CO₂

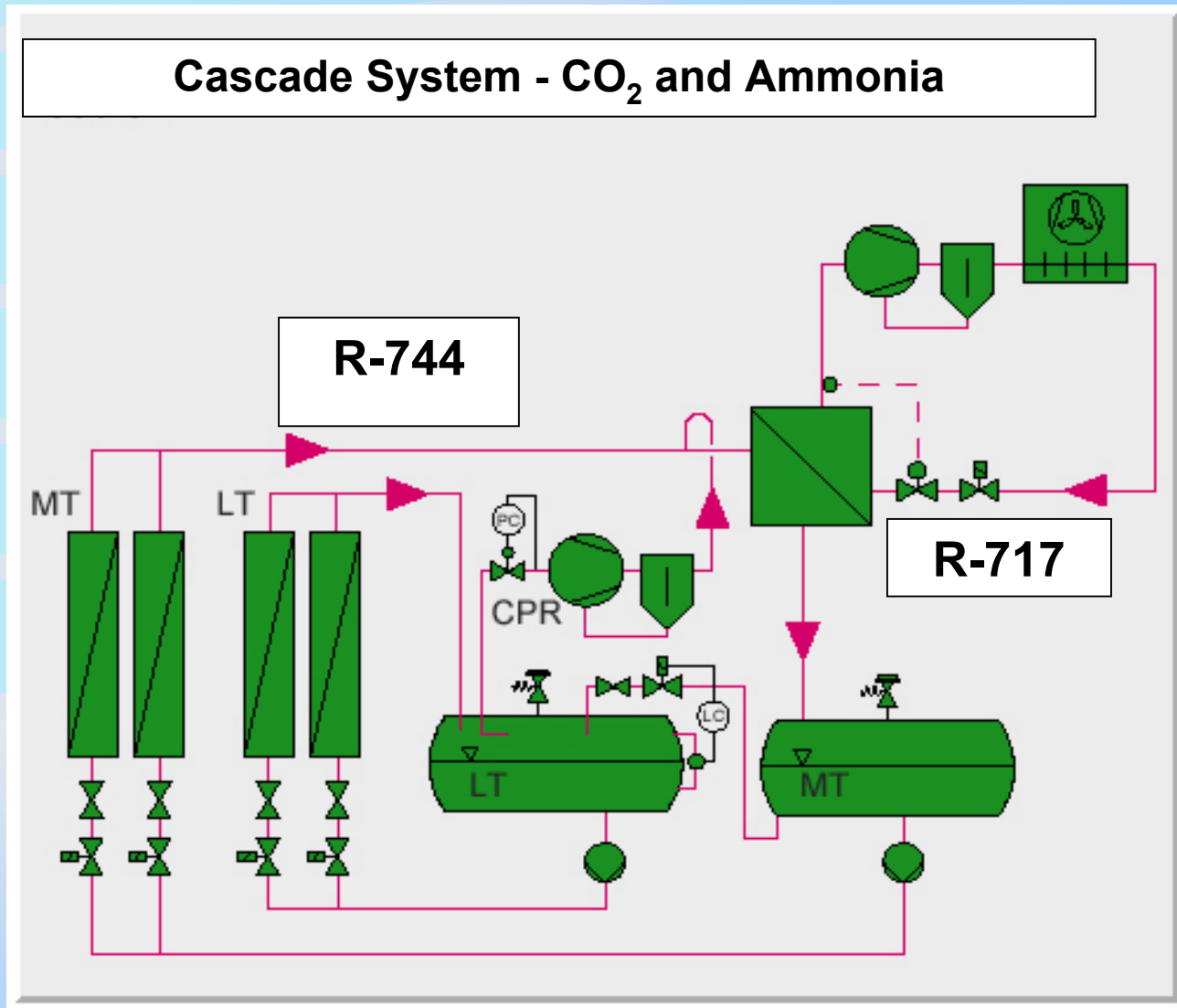


- ***CO2 Debuts in U.S. Supermarket Application***

The use of CO2 as a refrigerant in the United States received a big boost with its inclusion in the refrigeration equation at a new 136,000-square-foot Sam's Club store in Savannah, Ga. "This club has what we believe is the first commercial retail, low-temperature CO2 secondary refrigeration system in the United States," said James McClendon, engineering director, Prototype and New Format Development for Wal-Mart Stores Inc., parent company of Sam's Club.



Sistemas com R-717 / R-744



Hidrocarbonetos

- Os hidrocarbonetos são tecnicamente viáveis para serem utilizados em todos tipos de sistemas e podem ser utilizados em uma ampla faixa de temperatura de evaporação até o limite inferior de -170°C , no entanto aplicações práticas são restringidas por códigos de segurança e regulamentos nacionais.
- Os hidrocarbonetos são inflamáveis e medidas adequadas de segurança devem ser usadas durante sua manipulação, fabricação, manutenção e assistência técnica e quando da disposição final do equipamento. Diversos países têm legislação e normas técnicas sobre as limitações de uso e dos aspectos de segurança necessários.



Norma	Tipo de equipamento	Limites de carga máxima para HCs	Outros aspectos tratados pela norma
EN 378	Comercial e industrial	<ul style="list-style-type: none"> • carga < 150 g: (sem requisitos de segurança para sistemas herméticos) • carga > 150g: (requisitos com relação ao volume da sala e ventilação natural) • carga > 5kg: (requisitos com relação válvula de segurança, detector de HC, ventilação mecânica) 	Componentes, dispositivos de segurança, local de instalação, manutenção
ISO 5149	Comercial e industrial	Depende da aplicação	
IEC 60335-2-24	Pequenos refrigeradores e congeladores	150 g	Testes de pressão
IEC 60335-2-40	Equipamentos compactos de ar condicionado e bombas de calor	1 kg ou 5 kg em ambientes externos	Testes de pressão Manutenção
IEC 60335-2-89	Refrigeradores e congeladores comerciais compactos	150 g	Testes de pressão



CONSERVAÇÃO DE REFRIGERANTES

- Conservação de refrigerantes é hoje uma das maiores preocupações em sistemas de refrigeração nas atividades de:
 - Projeto
 - Instalação
 - Serviço



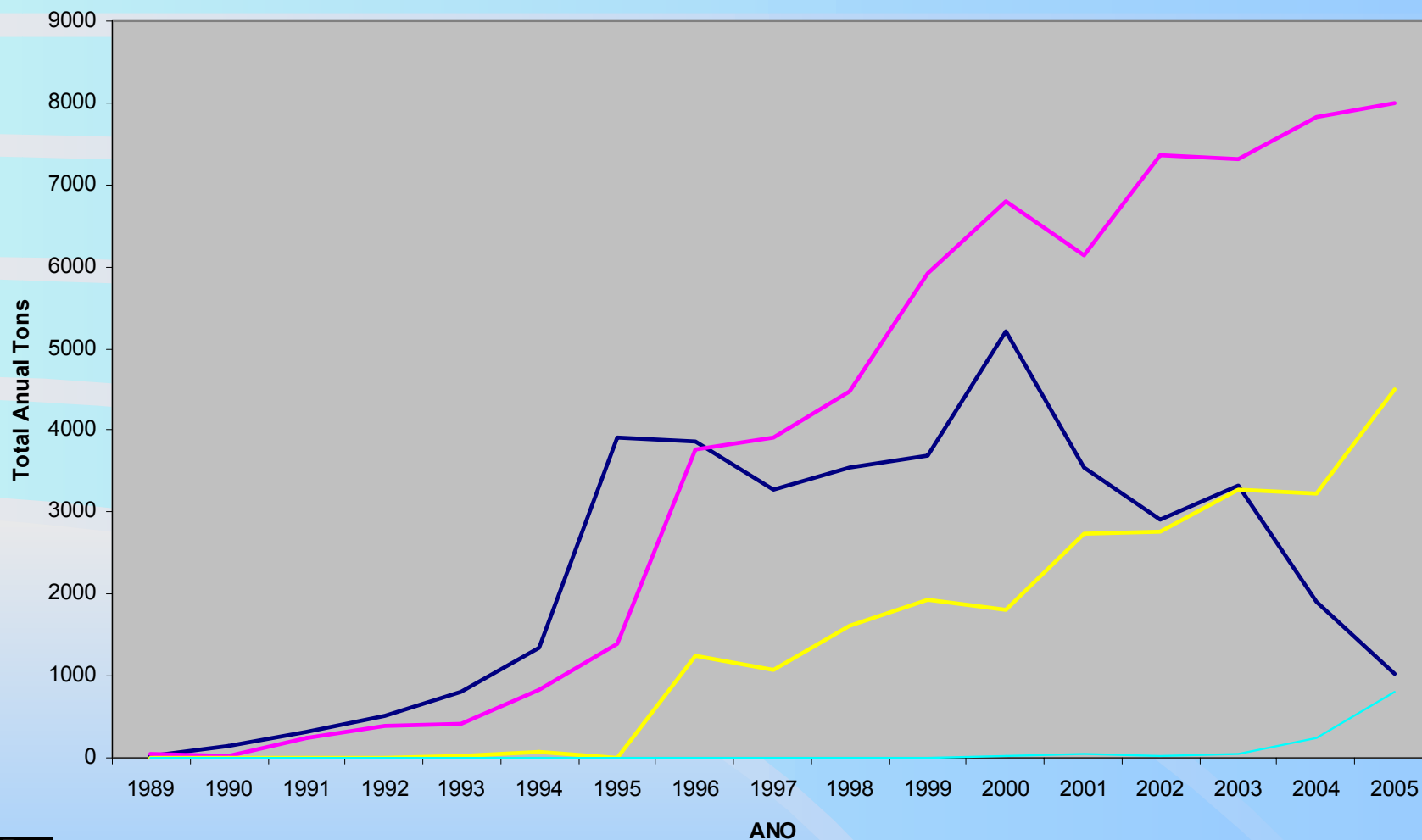
CONSERVAÇÃO DE REFRIGERANTES

- Conservação pode ser aplicada em todos tipos de equipamentos e sistemas de RAC e durante todas as fases de sua vida
 - Projeto e construção de sistemas herméticos e com facilidade de serviços
 - Detecção de fugas e reparo
 - Recolhimento do refrigerante durante serviço
 - Recolhimento do refrigerante no sucateamento



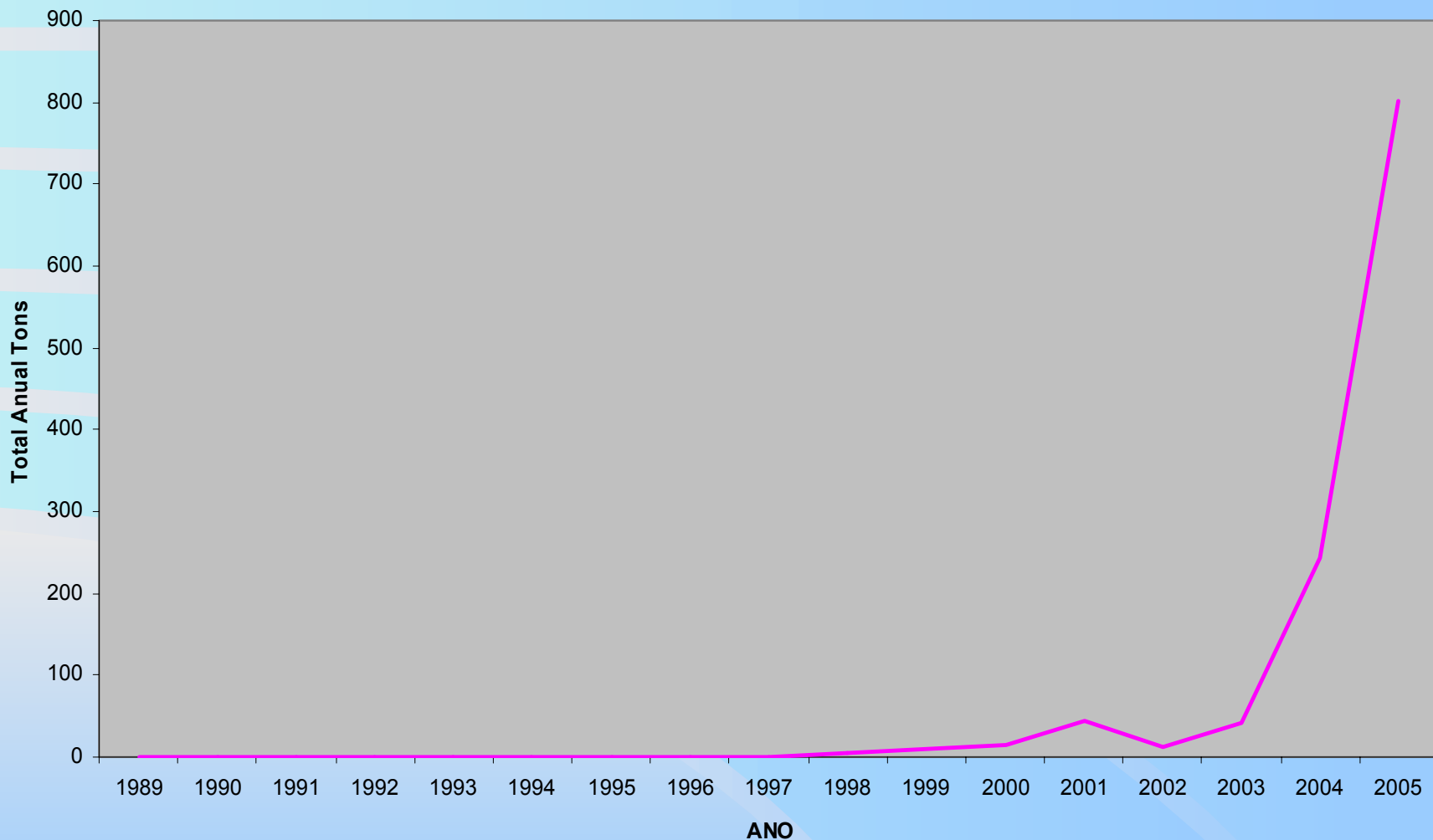
Cenário Nacional Consumo de Fluidos Refrigerantes

Importações Refrigerantes



Cenário Nacional Consumo de Fluidos Refrigerantes

Importações Anuais "Blends"



Panorama Atual do Mercado Brasileiro

Fluidos refrigerantes por Aplicação

Segmentos de Mercado	Tipos de Fluidos	Disponibilidade
Refrigeração Doméstica	R-12 (CFC)	Baixa
	R-134a (HFC)	Alta
	R-600a (HC)	Baixa
	R-401A/ R-409A (HCFC)	Alta
	R-413A (HFC)	Alta
Refrigeração Comercial	R-22 (HCFC)	Alta
	R-402A/B ; R-408A (HCFC)	Alta
	R-404A/ R-422A (HFC)	Alta
	R-507 (HFC)	Alta
Refrigeração Industrial	R-11 (CFC)	Nulo
	R-12 (CFC)	Baixa
	R-123 (HCFC)	Baixa
	R-134a (HFC)	Alta
	R-22 (HCFC)	Alta
	NH3	Alta



Panorama Atual do Mercado Brasileiro

Parque Atual de Fluidos Refrigerantes por Aplicação

Segmentos de Mercado	Tipos de Fluidos	Disponibilidade
Transporte Frigorificado	R-12 (CFC)	Baixa
	R-22 (HCFC)	Alta
	R-134a (HFC)	Alta
	R-404A (HFC)	Alta
	R-402A/B ; R-408A (HCFC)	Alta
Ar Condicionado Automotivo	R-12 (CFC)	Baixa
	R-134a (HFC)	Alta
	R-401A/ R-409A (HCFC)	Alta
Ar Condicionado	R-22 (HCFC)	Alta
	R-407C/ R-410A/ R-417A/ R-422D (HFC)	Alta



Cenário Nacional

Custo Atual dos Fluidos Refrigerantes

Fluidos	Preço (R\$/kg)
R-12 (CFC)	R\$ 60,00
R-22 (HCFC)	R\$ 10,00
R-134a (HFC)	R\$ 25,00
R-401A	R\$ 23,00
R-404A	R\$ 28,00
R-600a	R\$ 100,00
R-402A/B ; R-408A (HCFC)	R\$ 30,00
R-407C/ R-417A	R\$ 65,00
CO2	???
NH3	R\$ 1,80

Fonte: Grupo Ozônio



Seminário HCs

- Considerando o cenário internacional de crescente uso de refrigerantes HCs e a importância de difundir informações e discutir os principais aspectos relacionados com o uso desta tecnologia, o MMA promoveu o Seminário: "Uso de Fluidos Refrigerantes Hidrocarbonetos: Situação Atual e Tendências Futuras".
- O Seminário foi organizado pelo Núcleo de Ozônio da Diretoria de Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente – MMA em conjunto com a Agência Alemã para Cooperação Internacional – GTZ e foi realizado em São Paulo, nos dias 19 e 20 de Setembro de 2005



Seminário HCs

- A tecnologia de uso de refrigerantes HCs está consolidada em algumas aplicações de refrigeração e ar condicionado (refrigeração doméstica e comercial "stand alone") e está evoluindo em outros segmentos (uso como refrigerante primário em sistemas secundários de refrigeração para supermercados, chillers e bombas de calor);
- A questão da segurança está sendo discutida internacionalmente e já conta com diversas normas que auxiliam o seu equacionamento;
- Alguns fabricantes brasileiros já estão utilizando refrigerantes HCs em produtos para a exportação. No mercado interno já existe um fabricante oferecendo refrigeradores domésticos com refrigerante HC. Outros estão avaliando a possibilidade de colocação de seus produtos com HCs no mercado nacional;
- O mercado internacional já apresenta restrições ao uso de HFCs em determinadas aplicações de RAC, caso de alguns países da U.E. Além disso a política estabelecida por alguns grupos empresariais globais, (Unilever, Coca-cola, MacDonalDs) cria motivação para avaliação da adoção no Brasil da tecnologia de refrigerantes HCs.



A QUESTÃO DOS HFCs, O PROTOCOLO DE KYOTO

- HFCs são gases de efeito estufa e fazem parte da "cesta de seis gases" cujas emissões devem ser reduzidas de acordo com o Protocolo de Kyoto . Estes gases são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆).



- Pelo Protocolo de Kyoto as emissões individuais dos gases de efeito estufa serão integradas como emissões equivalentes de CO₂ utilizando seus potenciais de aquecimento global (GWPs).
- Estudo sobre HFCs e PFCs IPCC/TEAP (2005)



Agradecimentos

- Grupo Ozônio
- “Comitê de Refrigerantes”: Fábio Korndoerfer, Paulo Neulander, Mauricio Xavier



*Rumo aos 20 anos do Protocolo de Montreal e a
continuidade do trabalho de preservação da
camada de ozônio*

