



26 de junho

Dia Mundial da Refrigeração

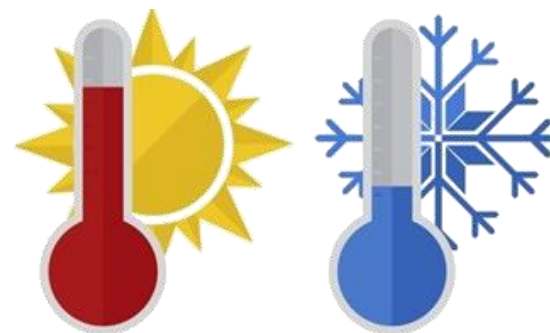
“ A evolução tecnológica da refrigeração na última década”

Celina Bacellar
Junho 2020



A refrigeração é uma indústria "invisível" que desempenha papel fundamental em inúmeros setores.

“Processos que demandem **frio** e/ou **aquecimento** (!)”



Alimentos e Bebidas:

A refrigeração é vital para reduzir as perdas pós-colheita e para a preservação de produtos alimentares.





Processos industriais: plásticos, químicos e petroquímicos.

Energia: liquefação do gás natural e outros

No setor de **saúde**, a refrigeração preserva produtos farmacêuticos e medicamentos, especialmente vacinas.

Ar condicionado: papel fundamental no desenvolvimento econômico e social dos países mais quentes (aumento da temperatura global). Conforto, qualidade de vida e bem estar.

Refrigeração de data centers: Internet entraria em colapso em questão de minutos.

Aplicações navais – conforto, transporte de produtos.

Lazer, pistas de patinação.





O que moveu e move a evolução tecnológica na refrigeração

- O IMPORTANTÍSSIMO papel da Refrigeração no apoio à vida moderna e à sociedade
- A crescente necessidade de frio em vários campos
- O aquecimento global

Meio ambiente

Usuário

Economia



Mudança no perfil do consumidor de Refrigeração:

Usuário final se preocupa com:

300 kW	R 717	R 134a
regime de operação	0/37°C	-5/45°C
sistema de evap.	inundado	expansão seca
Temp. saída	1.0°C	1.0°C
fluido secundário	água	propileno glicol (25%)
Potência consumida	59.4 kW	95.1 kW
COP	5.05	3.17

- Eficiência energética
- Confiabilidade
- Meio ambiente
- Economia (custo do ciclo de vida)
- Projeto sustentável

+35.7 kW R\$ 103k/ano

Pay back: 1 ano meio

Considerações:

Em 2015, a tarifa média de energia para a indústria era ~R\$ 543.89 /MWh (~R\$ 0.54389/kWh)

Um ano (20h/dia x 22 dias/mês x 12 meses/ano) = 5280 h/ano



Naturais

Amônia
HC
CO2
Água
Ar

1834...

Sintéticos

CFC's
R11
R12
...
R500
R501
R502
....

HCFC's
R21
R22
R123
R124
...

HFC's
Subs. simples
R23
R134a
Misturas
R507, R404A
R410A, R407C

HFO's
São HFCs não saturados
R 1234yf
R1234ze
...
...

HCFO's

...

1930/50: Refrigerantes "seguros"

1970: Descoberta do processo de destruição da camada de ozônio

1987: Protocolo de Montreal

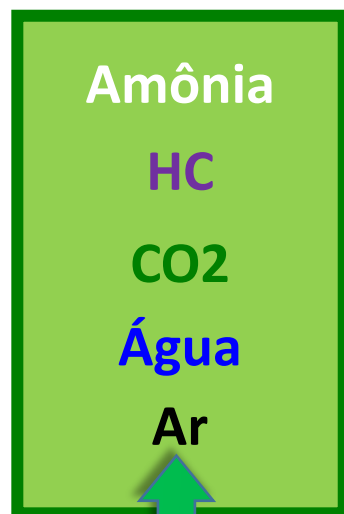
1995: Aquecimento Global se torna um problema

1997: Protocolo de Kioto

2016: Emenda de Kigali



Naturais



Sintéticos



- Maiores oportunidades para Hidrocarbonetos (A inflamabilidade dos HCs (A3) vem sendo tratada através de uma revisão de padrões.)
- Novas aplicações dos fluidos naturais (Amônia, CO₂, HCs) em equipamentos desenvolvidos para a sua utilização.
- A Emenda de Kigali reforçou os esforços para uso de **refrigerantes com baixo ou nenhum GWP** e vem impulsionando **inovações tecnológicas sustentáveis** no setor.
- Esforços para adequação de normas e legislações de segurança.
- Amônia foi reclassificada pelo ASHRAE 34 como 2L = entre nenhuma inflamabilidade e baixa inflamabilidade.

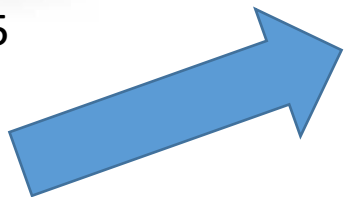


Sustentabilidade e Equipamentos mais eficientes

Compressor alternativo: clássico renovado!



1965



2020

Controlador dedicado à operação

Monitoramento e diagnóstico,
proteção e controle

Separadores de óleo mais eficientes:

Consumo de óleo kg/h = $\frac{\text{vazão de refrigerante (kg/h)} \times \text{consumo de óleo (ppm)}}{10^6}$

Separador de óleo de alta performance: **10 ppm**

Separadores de óleo tradicionais: 35 ppm

Exemplo: vazão em um recip, R717, -10°C/35°C = 1234,8 kg/h

Consumo de óleo com separador tradicional = 0,043 kg/h

Consumo de óleo com separador de alta performance = 0,012 kg/h

Considerando 20h/dia, 22 dias, 12 meses: 227 x 63 kg/ano!!!!

Economia de mais de 70% óleo ao ano \Rightarrow ~R\$ 8 000/ano

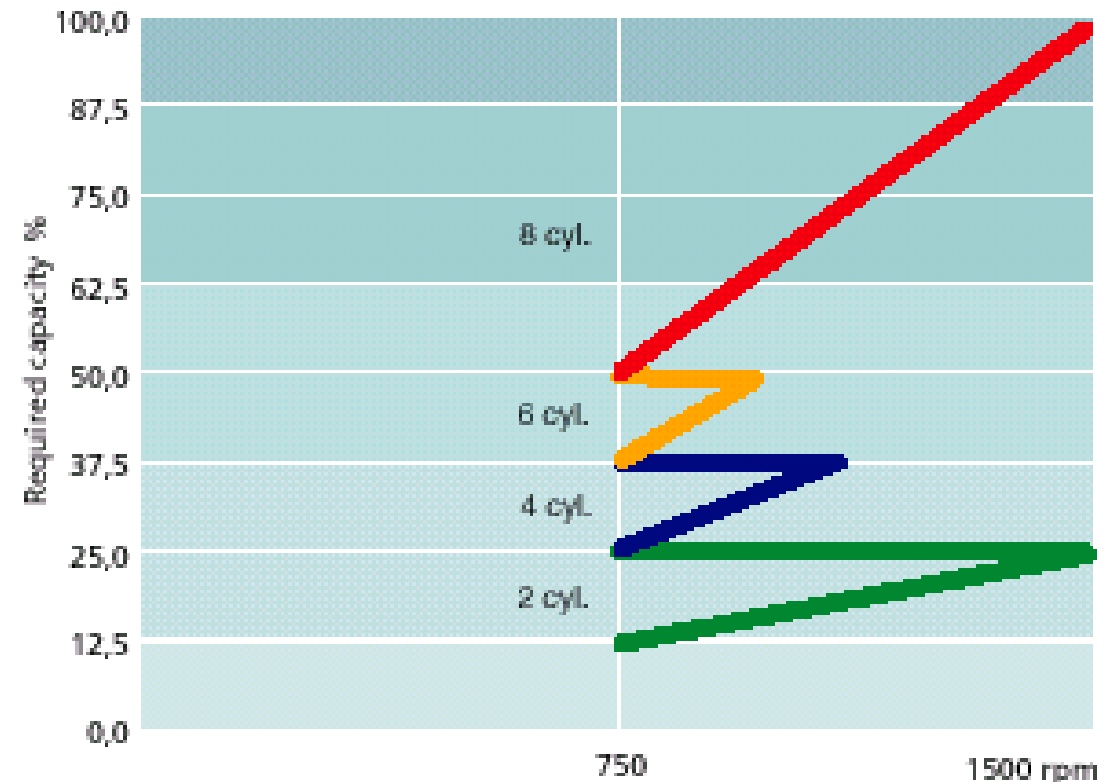


Compressor alternativo – Inversor de frequência

Uso de variador de frequência:

- Controle de capacidade contínuo e preciso
- Baixo consumo de energia com cargas parciais
- Prolongar a vida útil do compressor
- Menores custos de manutenção
- Nível de ruído médio mais baixo
- Aumento dos limites de rotação (até 1800 rpm)

Control strategy example for 8 cylinder compressor

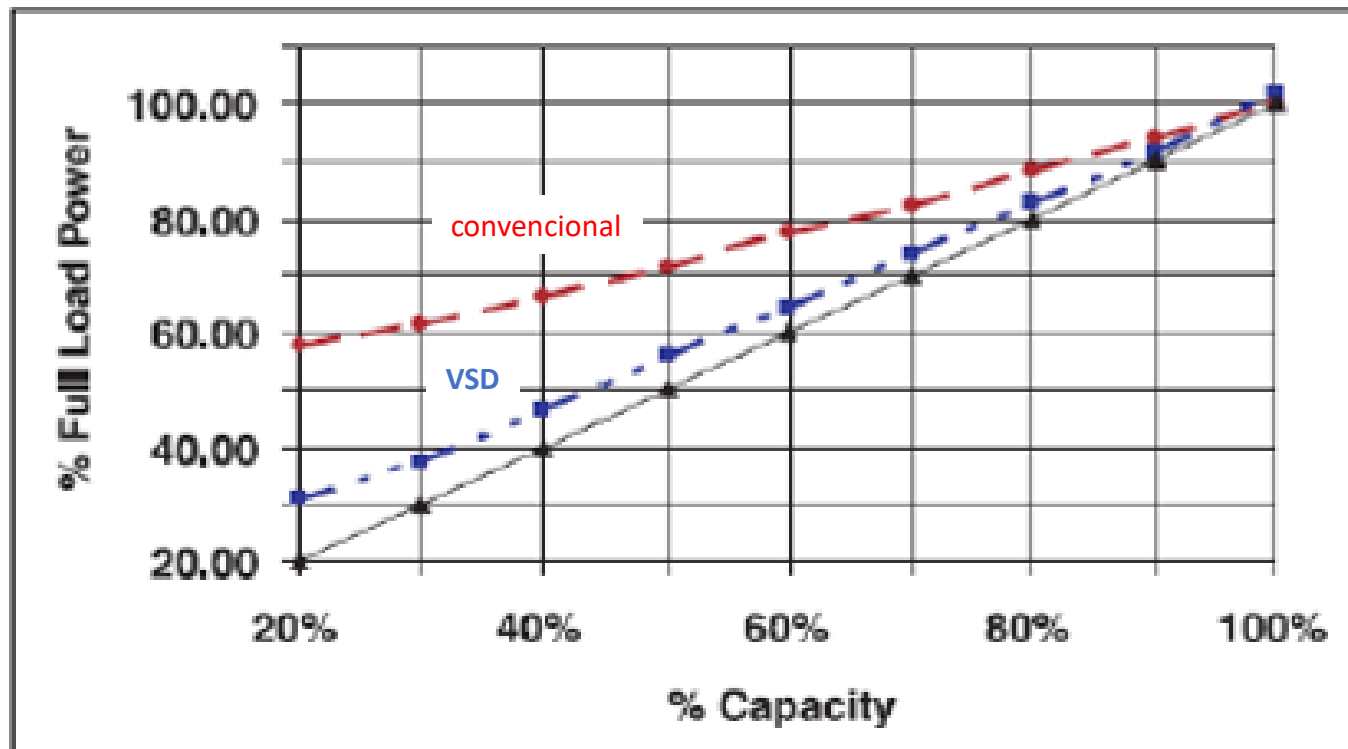


Quando a descarga dos cilindros é combinada com o inversor (VSD), é possível garantir um controle de capacidade infinitamente variável de 12 a 100%, praticamente sem *steps*.



Compressor parafuso – Inversores de frequência

- Reduzir consumo de energia
- Dar rápida resposta às flutuações de carga
- A válvula deslizante permanece em 100% - menos movimento, menos desgaste
- O ganho de eficiência da carga parcial aumenta com altas taxas de compressão





Compressor parafuso – Controle de relação de volume (Vi)

- Manter o seu compressor com a relação de volume ideal economiza energia.
- Funciona **automaticamente** sem exigir que os operadores intervenham ou até mesmo entendam como funciona.
- Permite que os compressores de parafuso tenham uma flexibilidade de aplicação muito maior, enquanto as condições do sistema variam.
- Compressor coringa não precisa ser ajustado.

	Capacidade	Vi	Consumo		Vi	Consumo	diferença	
-10/35°C	1141 kW	3.89	301.5 kW		3.89	301.5 kW		
-10/30°C	1141 kW	3.34	262.8 kW		3.89	270.9 kW	+8.1 kW	3%
-10/25°C	1141 kW	2.88	225.5 kW		3.89	244.9 kW	+19.4 kW	9%

Relação de volume =

$$\frac{\text{Volume do gás na sucção}}{\text{Volume do gás na descarga}}$$



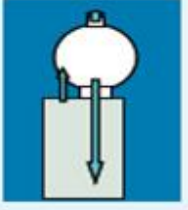

Vi automático variável

Vi fixo



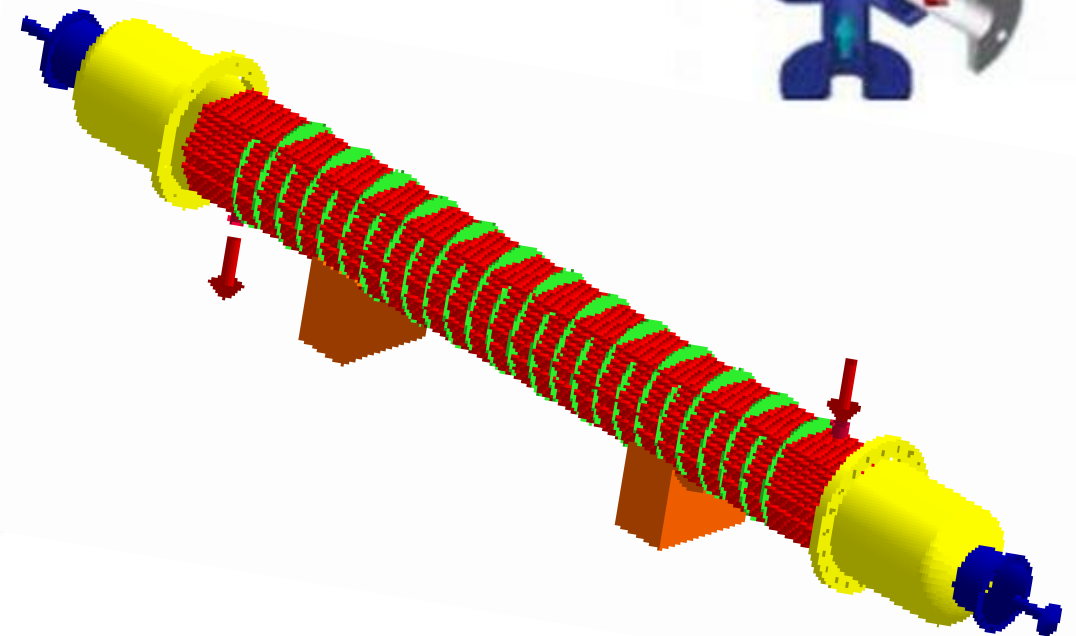
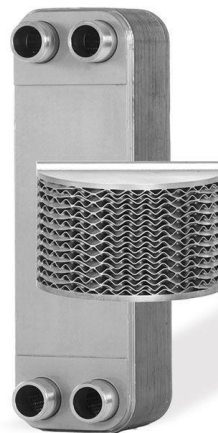
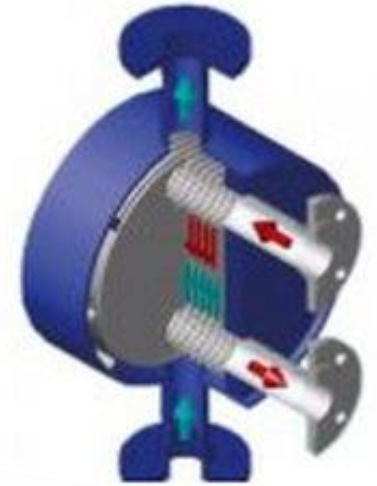
Sustentabilidade e Equipamentos mais eficientes

Trocadores de calor

Modelo/Tipo do Evaporador		Carga de R-717 (100%)
	EOSB 415004 Inundado (Shell & Tube)	210 kg
	ESSM 5040B3 Inundado (Shell & Tube)	120 kg
	EPHE 100 (M10) Inundado (PHE)	45 kg
	ESRA 70 Inundado (Shell & Plate)	20 kg

500 kW $T_{ev}=3^{\circ}\text{C}$

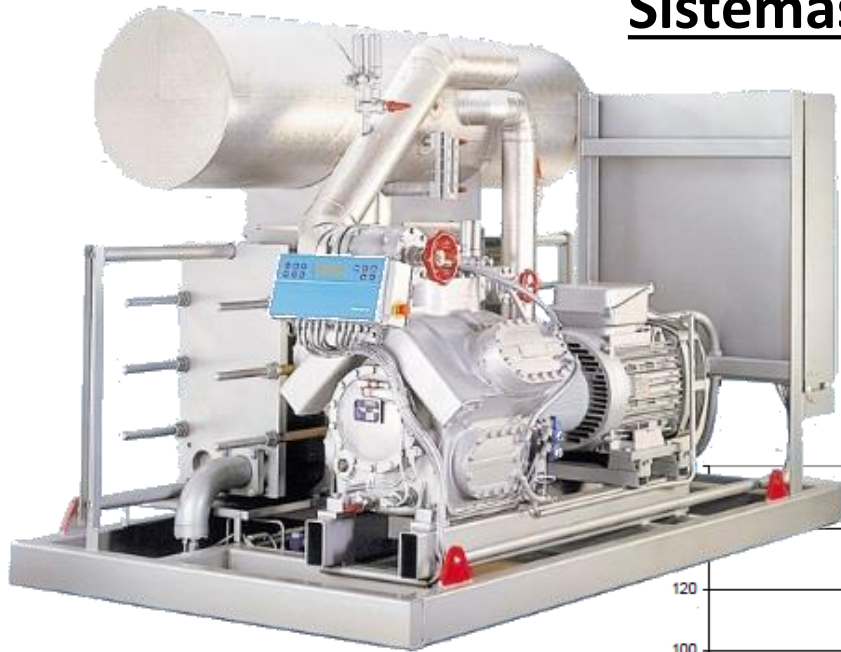
Design compacto
Carga de refrigerante muito baixa





Sustentabilidade e Equipamentos mais eficientes

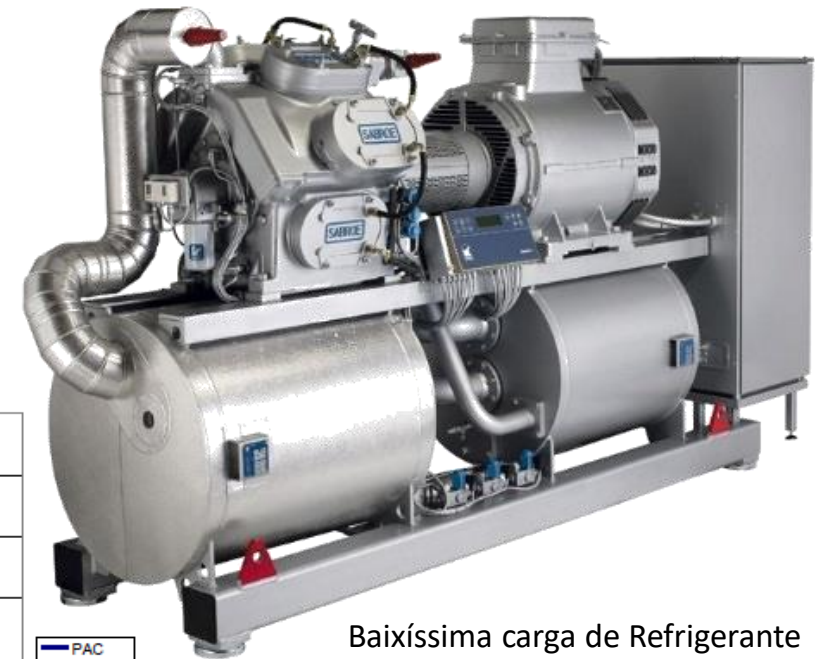
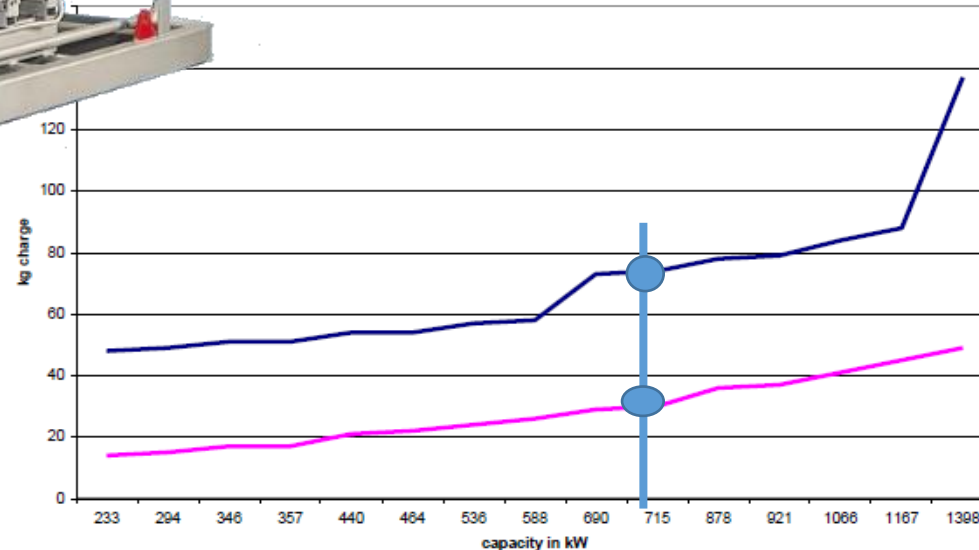
Sistemas com baixas cargas de refrigerante



Amônia como Refrigerante

200 TR
70 x 30 kg

Charge in old and new ammonia chillers



Baixíssima carga de Refrigerante



Sustentabilidade e Equipamentos mais eficientes

Sistemas com baixas cargas de refrigerante



Propano como Refrigerante

428 kW => 56 kg de R290

Type	Cooling capacity kW	COP Eseer ⁴	COP IPLV ⁴⁴	R290 charge kg	Dry weight kg	Length mm	Width mm	Height mm	Power consumption kW	Nominal load current A	Sound level dB(A)
SABlight A95-1	129	4.6	5.3	20	1900	3050	1250	2035	43	95	55
SABlight A95-2	128	4.6	5.3	20	1900	3050	1250	2035	38	95	45
SABlight A140-1	180	5.0	5.4	24	1950	5200	1250	2835	55	110	55
SABlight A140-2	188	5.1	5.7	32	2200	5200	1250	2835	48	115	45
SABlight A200-1	237	5.0	5.4	24	2500	5250	1250	2035	72	155	55
SABlight A200-2	238	4.9	5.5	32	3000	6650	1250	2835	69	160	45
SABlight A260-1	297	5.1	5.5	32	3000	6650	1250	2835	79	190	55
SABlight A260-2	301	5.2	5.6	40	3300	8050	1250	2035	82	190	45
SABlight A340-1	350	5.0	5.5	32	3700	8050	1250	2835	105	215	55
SABlight A340-2	345	5.0	5.5	48	4200	9450	1250	2915	103	220	45
SABlight A400-1	432	5.3	5.7	48	4400	9450	1250	2915	118	250	55
SABlight A400-2	428	5.3	5.7	56	5000	10860	1250	2915	121	250	45



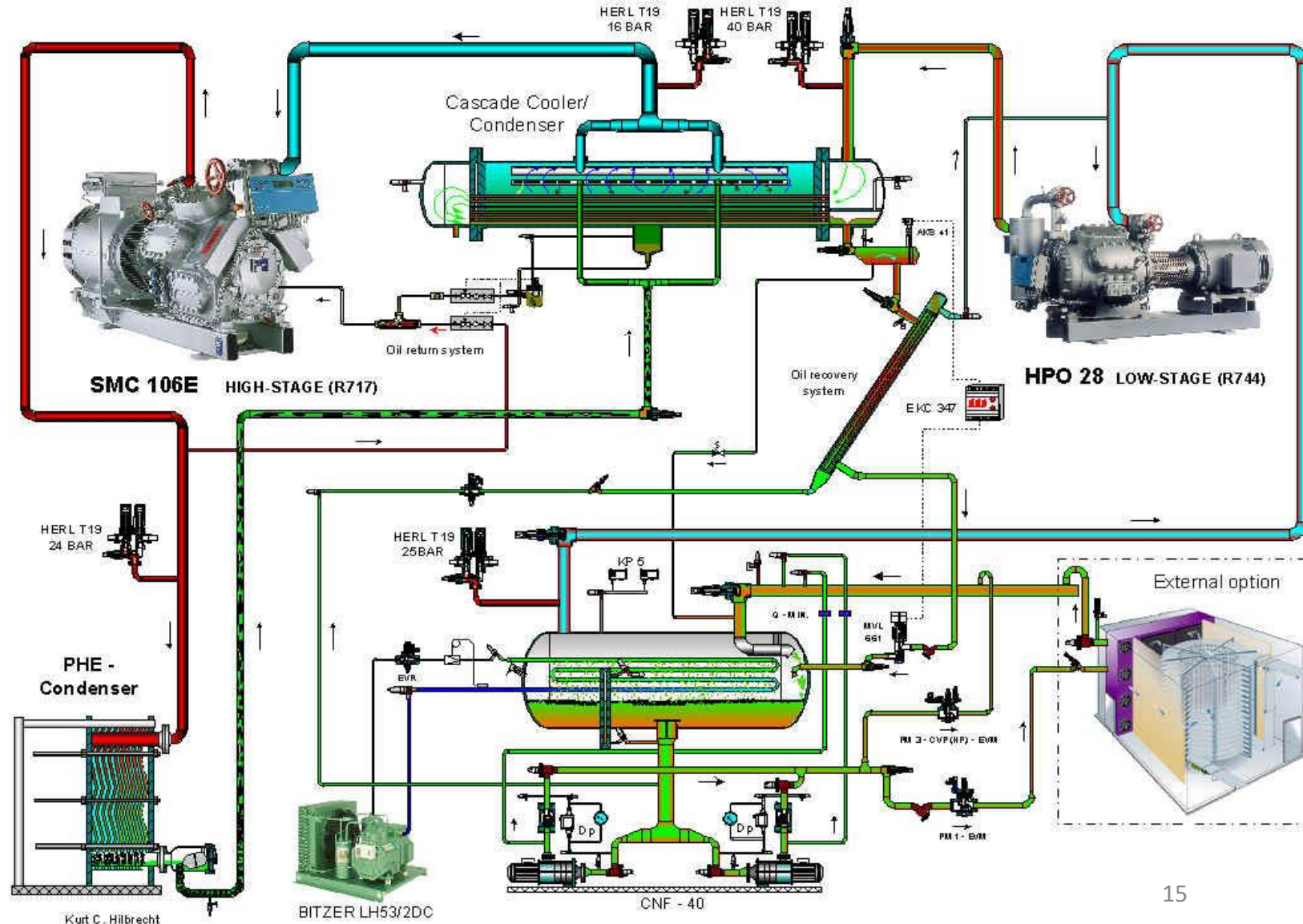


Sustentabilidade e Equipamentos mais eficientes

Sistemas com CO₂ e Amônia e baixa carga de refrigerante

Economia de energia:

- 15% em comparação com os sistemas tradicionais de amônia de dois estágios
- até 45% em comparação com os sistemas de simples estágio.





Indústria 4.0 – ou Quarta Revolução Industrial teve origem em um projeto estratégico de alta tecnologia do Governo Alemão, promovendo a **informatização da manufatura**.

- 1ª revolução industrial: **mecanização** da produção usando água e energia a vapor.
- 2ª revolução industrial: **produção em massa** com a ajuda da energia elétrica.
- 3ª revolução industrial: **revolução digital** e o uso de aparelhos e dispositivos eletrônicos, bem como Tecnologia da Informação para automatizar ainda mais a produção.

Segundo a chanceler da Alemanha, Angela Merkel, o conceito da Indústria 4.0 pode ser definido como **“a transformação completa de toda a esfera da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional”**.

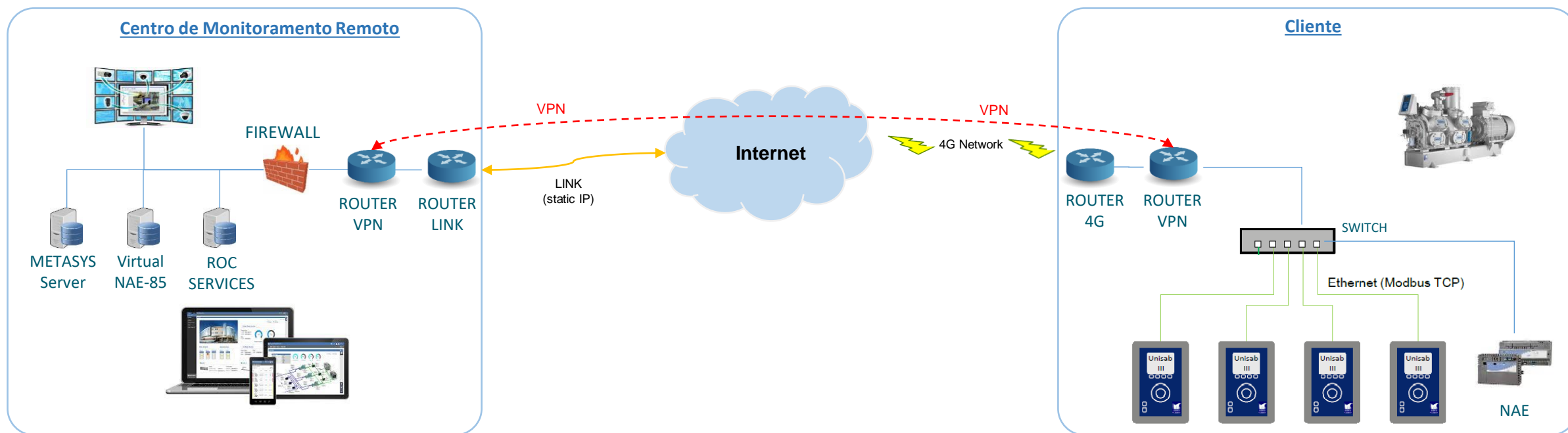


As bases da Indústria 4.0

- Dispositivos móveis
- Dispositivos Conectados entre si (IoT)
- Tecnologias de detecção de localização
- Interfaces homem-máquina avançadas
- Monitoramento e Manutenção Remotos
- Impressão 3D
- Sensores inteligentes
- Análise de big data e algoritmos avançados
- Interação multi nível entre clientes e fornecedores
- Realidade aumentada / wearables
- Computação em nuvem
- Visualização de dados e treinamento "em tempo real"



Indústria 4.0 na Refrigeração Industrial



- Dados dos compressores são enviados à central de monitoramento através da internet.
- Dados são rebatidos na nuvem, dando origem ao banco de dados.
- São gerados relatórios e indicadores que serão analisados pelos especialistas do central.
- Se necessária assistência, um técnico será enviado ao cliente com o mapeamento do problema e peças para reposição.
- São gerados gráficos, dashboards e relatórios completos para os clientes.
- As informações podem ser acessadas através de dispositivos móveis ou por e-mail.



26 de junho - Dia Mundial da Refrigeração

E a próxima década?

Sustentabilidade e meio ambiente

- Fluidos refrigerantes
- Redução de desperdícios

Eficiência energética

- Equipamentos mais eficientes
- Novas tecnologias
- Indústria 4.0