



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Desenvolvimento e Implementação de Instalações de Refrigeração Comercial com Fluidos Naturais

MÁRIO RUI RIBEIRO DE ALMEIDA
Licenciado em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca
Mestre Rui Antunes

Júri:

Presidente: Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia
Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Novembro de 2019



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Desenvolvimento e Implementação de Instalações de Refrigeração Comercial com Fluidos Naturais

MÁRIO RUI RIBEIRO DE ALMEIDA
Licenciado em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca
Mestre Rui Antunes

Júri:

Presidente: Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia
Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Novembro de 2019

“The world is too dangerous to live in, not because of the people who do evil, but because of the people who sit and let it happen.”

- Albert Einstein

Agradecimentos

No decorrer do desenvolvimento do presente Trabalho Final de Mestrado surgiram vários altos e baixos que foram sendo ultrapassados com o apoio de várias entidades. Assim, não podendo deixar de mostrar a minha gratidão para todos os que me acompanharam no decorrer do desenvolvimento do Trabalho Final de Mestrado, mas também em todo o meu percurso académico, gostaria de agradecer:

À empresa RACE S.A. por me ter proporcionado a excelente oportunidade de poder realizar um estágio, fundamental não só para o desenvolvimento do Trabalho Final de Mestrado, mas também a nível profissional e pessoal.

A toda a equipa das Operações de Refrigeração Sul da RACE S.A. e outros pelo apoio, ensinamentos e por me fazerem sentir em casa desde o primeiro minuto, nomeadamente:

Ao meu orientador Eng.º Rui Antunes, aos Eng.º Rui Silva, Sr. Nuno Sousa, Eng.º Diogo Rodrigues, Eng.º André Ventura, Sr. Bruno Coelho, Sra. Florbela Henriques e Eng.ª Sara Martins.

À minha orientadora, Professora Cláudia Séneca Casaca, por todo o apoio, paciência e compreensão.

À minha família por tudo o que me proporcionaram, pelo apoio, carinho e confiança, nomeadamente Magda Ribeiro, Mário Almeida, Rita Almeida, Estefânia Ribeiro, Horácio Ribeiro e Balbina Quirino Bernardo.

À minha namorada Marta Gomes e aos meus amigos João Soares, Diogo, Ariana, Filipe, João Bruno, Isaías, Pedro e Paula por tudo.

Um muito obrigado a todos.

Resumo

A proteção ambiental é uma preocupação presente na população mundial já há alguns anos dado o impacto cada vez mais relevante das alterações climáticas. A redução e limitação de emissões de gases de efeito de estufa (GEE), como os Hidrofluorcarboneto (HFC), já se encontra implementada através de normas e regulamentos muito rigorosos como é exemplo o Protocolo de Quioto (1997) e o Regulamento F-gas (2014). Sendo necessária a diminuição drástica de emissões de GEE, é importante o estudo de soluções menos nocivas para a atmosfera. As emissões dos sistemas de refrigeração apresentam uma componente de emissões diretas considerável, produto da fuga dos gases fluorados utilizados. Esta componente pode ser eliminada através da utilização de fluídos naturais, que possuem emissões diretas quase nulas. É, no entanto, necessário o estudo destas soluções a fim de garantir que os sistemas são apropriados a nível de eficiência e custo.

Este trabalho foi realizado no âmbito de um estágio de natureza profissional na divisão de Operações de Refrigeração Sul da empresa RACE S.A. que permitiu o contacto direto com algumas tecnologias e assuntos da atualidade do sector. O caso de estudo do presente trabalho compreende a análise da utilização de fluídos naturais em sistemas de refrigeração. A tecnologia *Coolbox/Waterloop*, utilizada pela RACE S.A. em alguns sistemas de menor dimensão, é uma outra solução capaz de reduzir consideravelmente as emissões diretas de GEE. Desta forma foram elaborados uma série de sistemas de refrigeração que se dividem em Sistemas *Coolbox/Waterloop* e Sistemas Tradicionais. Para cada um destes tipos de sistemas foi tentado o desenvolvimento de sistemas com R410A, R290, R717 e R744 a fim de garantir a comparação não só entre fluídos, mas também entre a tecnologia utilizada pela RACE S.A. e a solução centralizada. Após o dimensionamento das várias soluções propostas são apresentados estudos comparativos energéticos, económicos e de emissões de carbono dos sistemas em que se verificou ser possível a sua aplicação. Após analisar os sistemas abordados e os estudos efetuados é concluído quanto às vantagens da utilização do sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A, mas também quanto às limitações verificadas em cada um dos restantes.

Palavras-chave: Refrigeração Comercial; *Coolbox*; *Waterloop*; Fluídos naturais

Abstract

Environmental protection has been a concern in the world population for some years now, given the increasingly relevant impact of climate change. The reduction and limitation of greenhouse gas (GHG) emissions, such as hydrofluorocarbons (HFCs), is already implemented through very strict rules and regulations such as the Kyoto Protocol (1997) and the F-gas Regulation. (2014). With the need to drastically reduce GHG emissions, it is important to study less harmful solutions to the atmosphere. Emissions from refrigeration systems have a considerable direct emissions component resulting from the leakage of fluorinated gases used. This component can be eliminated by using natural fluids, which have almost zero direct emissions. However, it is necessary to study these solutions to ensure that the systems are appropriate in terms of efficiency and cost.

This work was carried out as part of an internship of professional nature in the Southern Refrigeration Operations division of RACE S.A., which allowed direct contact with some current technologies and issues in the sector. The case study of this work comprises the analysis of the use of natural fluids in refrigeration systems. Coolbox/Waterloop technology, used by RACE S.A. in some smaller systems, is another solution capable of considerably reducing direct GHG emissions. In this way a series of cooling systems were elaborated that are divided into Coolbox/Waterloop Systems and Traditional Systems. For each of these types of systems the development of systems with R410A, R290, R717 and R744 was attempted to ensure a comparison not only between fluids but also between the technology used by RACE S.A. and the traditional solution. After designing the various proposed solutions, comparative energy, economic and carbon emission studies of the systems in which their application was found to be possible are presented. After analyzing the systems covered and the obtained studies, it is concluded about the R410A Coolbox/Waterloop system advantages, but also about the limitations verified in each of the others.

Keywords: Commercial Refrigeration; Coolbox; Waterloop; Natural Refrigerants

Simbologia

α	Quantidade de fluido frigorígeno recuperado no final de vida do sistema [%]
B	Emissões de CO ₂ na produção de energia [kg CO ₂ equi/kWh]
C	Coefficiente de rugosidade do material [-]
C_v	Calor específico da mistura água com propileno glicol [kJ/(kg·K)]
CTR	Calor total rejeitado pelo circuito da unidade satélite para a água [kW]
E	Consumo anual de energia [kWh/ano]
EF	Exigência frigorífica de cada evaporador [kW]
F	Fugas anuais do sistema [kg/ano]
$FC1_{MP}$	Fator de conversão do fluido frigorígeno [-]
$FC2$	Fator de conversão do material das alhetas [-]
g	Aceleração da gravidade [m/s ²]
GWP	Potencial de aquecimento global do fluido frigorígeno [kg CO ₂ equi/kg fluido frigorígeno]
h	Entalpia específica [kJ/kg]
h_{ee}	Entalpia específica do fluido ao entrar no evaporador [kJ/kg]
h_{ec}	Entalpia específica do fluido ao entrar no condensador [kJ/kg]
h_{fc}	Entalpia específica do fluido no fim da compressão [kJ/kg]
h_{ic}	Entalpia específica do fluido no início da compressão [kJ/kg]
h_{se}	Entalpia específica do fluido ao sair do evaporador [kJ/kg]
h_{sc}	Entalpia específica do fluido ao sair do condensador [kJ/kg]
K	Coefficiente de perda de carga da curva segundo a dimensão do tubo [-]
L	Comprimento da tubagem [m]
m	Carga de fluido frigorígeno do sistema [kg]
n	Tempo de vida útil do sistema [anos]

PCC	Perda de carga em curvas [kPa]
PCE	Perda de carga em equipamentos [kPa]
PCT	Perda de carga em tês [kPa]
PCL	Perda de carga linear [Pa/m]
PCTT	Perda de carga total na tubagem [kPa]
PCTS	Perda de carga total na secção [kPa]
P_c	Potência teórica de compressão [kW]
Pd	Pressão dinâmica [kPa]
ρ	Massa específica da água a 25 °C [kg/dm ³]
Q	Quantidade de curvas na secção da tubagem [curvas]
\dot{Q}_c	Capacidade calorífica [kW]
Q_{om}	Capacidade corrigida [kW]
\dot{Q}_e	Capacidade frigorífica [kW]
Q_{sm}	Capacidade total [kW]
\dot{q}_m	Caudal mássico [kg/s]
\dot{q}	Caudal volúmico de água necessário para a absorção do calor no permutador [L/h]
\dot{q}_{US}	Caudal volúmico de água necessário para a absorção do calor rejeitado pela unidade satélite [L/h]
RC_m	Fator de conversão do regime de temperaturas da câmara e do diferencial entre a bateria de frio e a mesma [-]
T	Temperatura [°C]
TEWI	Impacto de aquecimento total equivalente [kg CO _{2equi}]
ν	Volume específico [dm ³ /kg]

Abreviaturas e acrónimos

ANSI	Instituto Nacional Americano de Normalização (American National Standards Institute)
AQS	Água Quente Sanitária
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
AT	Alta Temperatura
BT	Baixa Temperatura
BTE	Baixa Tensão Especial
CE	Comissão Europeia
CFC	Clorofluorcarboneto
COP	Coefficiente de Desempenho (Coefficient of Potential)
EER	Rácio de Eficiência Energética (Energy Efficiency Ratio)
EN	Norma Europeia (European Norm)
EU	União Europeia (European Union)
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GFEE	Gases Fluorados com Efeito de Estufa
GHG	Gases de Efeito de Estufa (Greenhouse Gas)
GWP	Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential)
HCFC	Hidroclorofluorcarboneto
HFC	Hidrofluorcarboneto
HFO	Hidrofluorolefina
IEC	Comissão Internacional Eletrotécnica (International Electrotechnical Commission)
IPCC	Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change)

ISO	Organização Internacional para a Normalização (International Organization for Standardization)
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MT	Média Temperatura
NP	Norma Portuguesa
ODP	Potencial de Destruição do Ozono (Ozone Depletion Potential)
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PFC	Perfluorocarboneto
QCNUAC	Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas
QEPIC	Quadro Estratégico para a Política Climática
RACE	Refrigeration and Air Conditioning Engineering
TEWI	Impacto Total Equivalente de Aquecimento (Total Equivalent Warming Impact)
UC	Unidade Curricular

Lista de fluidos frigoríficos mencionados

R11	Tricloromonofluorometano
R113	Triclorotrifluoroetano
R114	Diclorotetrafluoroetano
R115	Cloropentafluoroetano
R1150	Etileno
R116	Hexafluoroetano
R12	Diclorodifluorometano
R1234yf	Tetrafluoropropeno
R1234ze(E)	Tetrafluoropropeno
R124	Tetrafluoroetano
R1270	Propileno
R1336mzz(Z)	Hexafluorobutano
R134a	Tetrafluoroetano
R152a	Difluoroetano
R218	Perfluoropropano
R290	Propano
R22	Clorodifluorometano
R404A	Mistura de R143a, R125 e R134a
R407C	Mistura de R134a, R125 e R32
R410A	Mistura de R32 e R125
R449a	Mistura de R32, R125, R134a, R1234yf
R502	Mistura de R22 e R115
R600a	Isobutano
R717	Amoníaco

R744

Dióxido de carbono

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Simbologia.....	ix
Abreviaturas e acrónimos	xi
Lista de fluídos frigorigéneos mencionados	xiii
Lista de Figuras	xxi
Lista de Tabelas	xxiii
1. Princípios da refrigeração	1
1.1. Resumo histórico	1
1.2. Ciclo frigorífico	3
1.3. Tipos de sistemas.....	7
2. Fluidos frigorigéneos.....	13
2.1. Classificação.....	14
2.2. Fluídos artificiais	15
2.2.1. CFC e HCFC	16
2.2.2. Gases Fluorados.....	17
2.2.3. HFO	18
2.3. Fluídos naturais	19
2.3.1. Hidrocarbonetos	19
2.3.2. Amoníaco ou R717.....	20
2.3.3. Dióxido de carbono ou R744.....	22
2.4. Proteção ambiental	24
2.4.1. Protocolo de Montreal	26

2.4.2. Protocolo de Quioto.....	27
2.4.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.....	29
2.4.4. Programa Nacional para as Alterações Climáticas.....	29
2.4.5. Regulamento F-GAS	30
3. Refrigeração comercial com fluídos naturais	33
3.1. Hidrocarbonetos	33
3.2. Dióxido de Carbono ou R744.....	35
3.3. Sistemas em cascata.....	37
3.3.1. Dióxido de Carbono e Amoníaco (R744/R717).....	38
3.3.2. Com <i>Chiller</i> a Propano (R290) ou Amoníaco (R717).....	40
3.4. Sistema <i>Booster</i>	42
3.4.1. Injeção e Compressão em paralelo	43
4. Caso de estudo	47
4.1. Enquadramento.....	47
4.1.1. Caracterização do supermercado	49
4.2. Solução Coolbox/Waterloop	53
4.2.1. R410A.....	55
4.2.1.1. Evaporadores	56
4.2.1.2. Tubagem R410A	58
4.2.1.3. Compressores	60
4.2.1.4. Tubagem Água	62
4.2.1.5. Arrefecedor de água.....	66
4.2.1.6. Bombas	67
4.2.2. R290	67
4.2.3. R717	68
4.2.4. R744	68

4.3. Solução Centralizada	70
4.3.1. R410A.....	70
4.3.1.1. Evaporadores	71
4.3.1.2. Tubagem	71
4.3.1.3. Compressores	72
4.3.1.4. Condensadores.....	73
4.3.2. R290	74
4.3.3. R717	75
4.3.3.1. Evaporadores	75
4.3.3.2. Tubagem dos circuitos secundários.....	76
4.3.3.3. Bombas	78
4.3.3.4. Tubagem dos circuitos primários	79
4.3.3.5. Compressores	80
4.3.3.6. Condensadores.....	80
4.3.4. R744/717	81
4.3.4.1. Evaporadores	82
4.3.4.2. Tubagem R744	83
4.3.4.3. Compressores R744.....	83
4.3.4.4. Tubagem propileno glicol.....	84
4.3.4.5. Tubagem R717	84
4.3.4.6. Compressores R717	85
4.3.4.7. Condensadores.....	86
4.4. Análise energética.....	86
4.5. Análise de emissões.....	90
4.6. Análise económica.....	92
5. Conclusões.....	97

5.1. Desenvolvimentos futuros	99
Referências bibliográficas	101
<i>Software</i> utilizado	107
Anexo A – Planta do Supermercado	109
Anexo B – Disposição da tubagem de água do sistema <i>Coolbox/Waterloop</i>	110
Anexo C – Implantação das unidades satélite e tubagem das mesmas	111
Anexo D – Fichas técnicas dos compressores do sistema <i>Coolbox/Waterloop</i> com R410A	112
Anexo E – Dimensionamento da tubagem de água do sistema <i>Coolbox/Waterloop</i> com R410A	113
Anexo F – Catálogo EVAPCO para condensadores/arrefecedores evaporativos	114
Anexo G – Fichas técnicas das bombas do Sistema <i>Coolbox/Waterloop</i> com R410A	115
Anexo H – Dimensionamento da tubagem e seleção de compressores do sistema <i>Coolbox/Waterloop</i> com R290	116
Anexo I – Catálogo Centauro para seleção de evaporadores	117
Anexo J - Disposição da tubagem de água do sistema centralizado	118
Anexo L - Dimensionamento da tubagem do circuito de refrigerados do sistema centralizado com R410A	119
Anexo M - Fichas técnicas dos compressores do sistema centralizado com R410A ..	120
Anexo N - Dimensionamento da tubagem do circuito de refrigerados do sistema centralizado com R717	121
Anexo O - Dimensionamento da tubagem do circuito de congelados do sistema centralizado com R717	122
Anexo P – Fichas técnicas das bombas seleccionadas para o sistema centralizado com R717	123

Anexo Q –	Fichas técnicas dos compressores selecionados para o sistema centralizado com R717	124
Anexo R -	Fichas técnicas dos compressores selecionados para o sistema centralizado com R744/R717	125

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Ciclo frigorífico por compressão de vapor teórico.	3
Figura 1.2 - Ciclo frigorífico por compressão de vapor real.	4
Figura 1.3 - Sistema direto (A) e Sistema indireto (B).....	8
Figura 1.4 - Sistema de simples estágio de compressão (A) e Sistema de multiestágio de compressão (B), com as respectivas evoluções P-h.	9
Figura 1.5 - Sistema individualizado (A) e Sistema centralizado (B).	10
Figura 1.6 - Sistema de estágios diretos simplificado e respetivo diagrama P-h. Adaptado de [1].	11
Figura 1.7 - Sistema de estágios em cascata simplificado e respetivos diagramas P-h dos circuitos [1].	12
Figura 2.1 - Gases de efeito de estufa e fontes de produção de CO ₂ . Adaptado de [1]. ..	28
Figura 3.1 – Comparação entre consumos obtidos na utilização de compressores com R404a em on/off, com R404a com velocidade variável e R290 com velocidade variável [39].	34
Figura 3.2 – Exemplo da constituição de um sistema transcrito com R744 [27].	36
Figura 3.3 – Variação da eficiência do sistema transcrito com R744 consequente da variação da pressão de saída do gas cooler [27].	37
Figura 3.4 – Sistema em cascata R744/R717 e respetivos diagramas P-h de cada circuito [45].	39
Figura 3.5 - Circuito em cascata com Chiller.	40
Figura 3.6 – Comparação da eficiência energética de várias soluções com fluídos naturais em diferentes locais [28].	42
Figura 3.7 – Sistema Booster [48].	43
Figura 3.8 – Soluções de aplicação das tecnologias de compressão em paralelo e injeção [51].	45
Figura 3.9 – Comparação do consumo energético entre vários sistemas em diferentes locais [50].	46

Figura 4.1 - Exemplo de implementação da solução Coolbox/Waterloop numa superfície comercial [53].	47
Figura 4.2 - Componentes e respetiva disposição no interior de uma unidade satélite de produção de frio Coolbox [54].	48
Figura 4.3 - Comparação das emissões totais entre sistemas tradicionais e a solução Coolbox/Waterloop [54].	48
Figura 4.4 - Variação das temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido, no mês de julho em Lisboa, obtidas através do software Pack Calculation Pro.	50
Figura 4.5 - Variação das temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido, no mês de agosto em Lisboa, obtidas através do software Pack Calculation Pro.	50
Figura 4.6 – Comparação dos consumos elétricos mensais dos sistemas desenvolvidos.	88
Figura 4.7 - TEWI de cada instalação dimensionada.	92
Figura 4.8 - Comparação do custo total dos sistemas implementados ao fim de 20 anos.	94

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Classificação quanto à segurança dos fluídos frigoríficos. Adaptado de [1].	15
Tabela 2.2 – Impacto ambiental de alguns fluídos frigoríficos artificiais. Adaptado de [7,12,13].	16
Tabela 2.3 - Concentrações de CO ₂ e respectivos perigos para a saúde como consequência à sua exposição. Adaptado de [27]......	24
Tabela 2.4 - Cronologia de acontecimentos importantes que marcaram a evolução da utilização de fluídos frigoríficos na refrigeração. Adaptado de [1].	25
Tabela 2.5 - Valores de GWP de vários fluídos frigoríficos. Adaptado de [30]......	28
Tabela 2.6 - Restrições na introdução no mercado, manutenção e assistência técnica de equipamentos de refrigeração. Adaptado de [34]......	31
Tabela 4.1 - Condições interiores do supermercado.....	50
Tabela 4.2 - Dados técnicos das câmaras frigoríficas instaladas.....	51
Tabela 4.3 - Dados técnicos dos expositores frigoríficos instalados.	52
Tabela 4.4 - Atribuição de unidades satélite às várias câmaras/expositores.	53
Tabela 4.5 - Exemplo de tabela de cálculo do fator de conversão para diferentes temperaturas da câmara e da bateria de frio [56].	56
Tabela 4.6 - Fatores de conversão do material das alhetas do evaporador [56]......	57
Tabela 4.7 - Fatores de conversão do fluído frigorífico utilizado [56].	57
Tabela 4.8 - Seleção de evaporadores Centauro para o sistema Coolbox/Waterloop com R410a.	58
Tabela 4.9 - Dimensionamento da tubagem das unidades satélite com R410a.....	60
Tabela 4.10 - Escolha dos compressores das unidades satélite com R410a.....	62
Tabela 4.11 - Calor Total Rejeitado e Caudal Volúmico de Água calculado para o arrefecimento das unidades satélite com R410a.	63

Tabela 4.12 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos arrefecedores selecionados para o sistema Coolbox/Waterloop com R410a.	66
Tabela 4.13 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade das bombas selecionadas para o sistema Coolbox/Waterloop com R410a. ...	67
Tabela 4.14 - Seleção de evaporadores do sistema centralizado com R410a.....	71
Tabela 4.15 - Dimensionamento da tubagem do circuito de congelados com R410a....	72
Tabela 4.16 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos compressores selecionados para o sistema centralizado com R410a.	73
Tabela 4.17 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos condensadores selecionados para o sistema centralizado com R410a.	74
Tabela 4.18 - Seleção de evaporadores do sistema centralizado com R717.	76
Tabela 4.19 - Caudal de solução aquosa de propileno glicol em cada evaporador do circuito de refrigerados do sistema centralizado com R717.	77
Tabela 4.20 - Caudal de solução aquosa de propileno glicol em cada evaporador do circuito de congelados do sistema centralizado com R717.....	77
Tabela 4.21 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade das bombas selecionadas para o circuito de refrigerados da solução centralizado com R717.	78
Tabela 4.22 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade das bombas selecionadas para o circuito de congelados da solução centralizado com R717.	78
Tabela 4.23 - Dimensionamento da tubagem dos circuitos primários do sistema centralizado com R717.....	79
Tabela 4.24 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos compressores selecionados do sistema centralizado com R717.....	80
Tabela 4.25 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos condensadores selecionados do sistema centralizado com R717.....	81

Tabela 4.26 - Seleção de evaporadores do sistema com R744 e R717.	82
Tabela 4.27 - Dimensionamento da tubagem do circuito de congelados com R744.....	83
Tabela 4.28 - Dimensionamento da tubagem do circuito de condensação com R717...	85
Tabela 4.29 - Comparação de valores entre as exigências dos circuitos inferiores e a capacidade dos compressores de R717.	86
Tabela 4.30 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos condensadores selecionados do sistema R744/R717.	86
Tabela 4.31 - Informação inserida no software Pack Calculation Pro para simulação. .	87
Tabela 4.32 - Comparação do consumo elétrico anual dos sistemas dimensionados.....	89
Tabela 4.33 - Comparação do EER de cada circuito dos sistemas dimensionados.....	89
Tabela 4.34 - GWP dos fluídos frigoríficos considerados [7].....	90
Tabela 4.35 - Carga aproximada de fluído frigorífico de cada sistema dimensionado.	91
Tabela 4.36 - Diferença percentual do custo de instalação aproximado de cada sistema.	93

1. Princípios da refrigeração

1.1. Resumo histórico

Em 1683, com a descoberta do microscópio, foram levados a cabo estudos que permitiram obter uma maior compreensão da atividade biológica de bactérias, enzimas e fungos. Nestes estudos foi verificado que esta atividade biológica apresenta uma tendência crescente com o aumento da temperatura ambiente, promovendo uma mais rápida deterioração das matérias orgânicas. No entanto foi observado que abaixo dos 10 °C estes organismos microscópicos apresentam uma atividade reduzida, não eliminando as mesmas, mas sim controlando a sua proliferação. Desta forma, as matérias orgânicas permaneciam em bom estado de conservação durante períodos superiores. Estes estudos levaram à procura internacional por novas soluções para a preservação de alimentos [1].

No entanto é reconhecido que a solução de diminuir a temperatura dos alimentos para prolongar o seu estado já era prática comum entre vários povos. No caso dos Romanos era considerado que a conservação da fruta deveria ser feita em terras mais a norte. Conservavam também alimentos em caves frescas abertas ou em rochas com grandes paredes viradas a norte. Existiam ainda fossas para armazenamento de neve que, na época quente, era transportada de noite em carroças devidamente envolvida com a finalidade de servir à preparação de bebidas frescas e outras variantes. Nas regiões com invernos mais longos e rigorosos, era aproveitado o ambiente propício à congelação de mamíferos e peixe para o seu aprovisionamento e consumo no decurso desta estação [2].

O comércio de gelo não é, portanto, novidade na história. O gelo, proveniente de regiões de maior latitude e altitude, era transportado por barcos ou carroças com isolamento de serradura de madeira até ao seu destino onde eram armazenados nas chamadas “geladeiras”. Tirso de Molina relata, na obra *El Burlador de Sevilla*, a venda em Lisboa de neve proveniente da Serra da Estrela em 1612. Mais tarde em 1741, dado o elevado desperdício promovido pela distância das restantes fontes, foi iniciada a construção da Real Fábrica do Gelo na Serra de Montejunto. O gelo destinado à venda em Lisboa era armazenado em poços distribuídos pela cidade. Exemplo disso são os poços na Graça, Terreiro do Paço e o início da construção de um poço no vão da torre virada a norte do Castelo de São Jorge. Em 1778 foi inaugurada no Terreiro do Paço uma loja de bebidas com gelo, onde também era possível comprar gelo, chamada *Casa da*

Neve. Este estabelecimento, inaugurado pelo neveiro Julião Pereira de Castro, deu origem ao mais antigo café de Lisboa em funcionamento, o *Martinho da Arcada*. Nos Estados Unidos da América foi Frederic Tudor que dominou o comércio de gelo natural retirado de lagos congelados e com uma rede de distribuição com alcance aos portos a Sul do país, Brasil e Cuba. O mesmo chega a atravessar os oceanos Atlântico e Índico com sucesso numa tentativa de fornecer gelo a Bombaim [1-4].

Em 1755 foi produzido por William Cullen, pela primeira vez, gelo artificial. A utilização de éter, sendo um líquido muito volátil que apresenta maior facilidade em evaporar relativamente à água, e redução da pressão do mesmo, acelera a extração de calor da pequena quantidade de água envolvente promovendo a sua mudança de estado. No entanto, este método de produção de gelo significa a perda do éter inicial presente na mistura. Os estudos desenvolvidos por Jacob Perkins verificando a compressibilidade do vapor permitiu obter um ciclo fechado que considera a condensação do éter e posterior reutilização. Embora Jacob Perkins patenteie em 1834 a primeira descrição de uma máquina produtora de gelo por compressão de vapor e James Harrison desenvolva em 1856-57 a primeira máquina com essa finalidade utilizando éter etílico, foi em 1862 que Daniel Siebe apresentou à sociedade este mesmo equipamento numa exibição internacional em Londres. Neste mesmo evento foi também apresentada a máquina frigorífica de absorção de amoníaco, desenvolvida por Ferdinand Carré em 1850. Ferdinand Carré desenvolve ainda em 1856 uma instalação de refrigeração por compressão utilizando éter sulfúrico, capaz de produzir 60 kg de gelo com absorção de três cavalos de potência, e em 1859 patenteia uma instalação de compressão de amoníaco capaz de produzir temperaturas na ordem dos $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1,2].

Todos estes acontecimentos e muitos outros definem os primórdios da tecnologia de produção de frio. A partir da segunda metade do século XIX surgiram várias inovações quanto a aplicações, equipamentos e fluídos frigoríficos que vieram a tornar esta tecnologia mais eficaz e eficiente possibilitando até a implementação doméstica da mesma na segunda década do século XX [1,5].

1.2. Ciclo frigorífico

O sentido natural de transferência de calor entre dois meios a temperaturas diferentes ocorre da maior para a menor temperatura. Como tal, para obter um meio refrigerado, é necessário compensar este ganho através da rejeição de calor do mesmo. Desta forma é perceptível que o fundamento físico da utilização da refrigeração artificial baseia-se na absorção de calor de um determinado meio a refrigerar e posterior rejeição do mesmo para outro meio. O processo de transferência de calor artificial descrito é desempenhado por equipamentos denominados máquinas frigoríficas (ou bombas de calor caso desempenhem a função inversa) que funcionam segundo um ciclo frigorífico [1,5].

Atualmente, os sistemas de refrigeração comercial baseiam-se maioritariamente no ciclo frigorífico por compressão de vapor. Este tipo de ciclo frigorífico compreende a expansão, evaporação, compressão e condensação de um fluido frigorífero [1]. A Figura 1.1 apresenta a evolução teórica deste ciclo e os principais componentes existentes no mesmo.

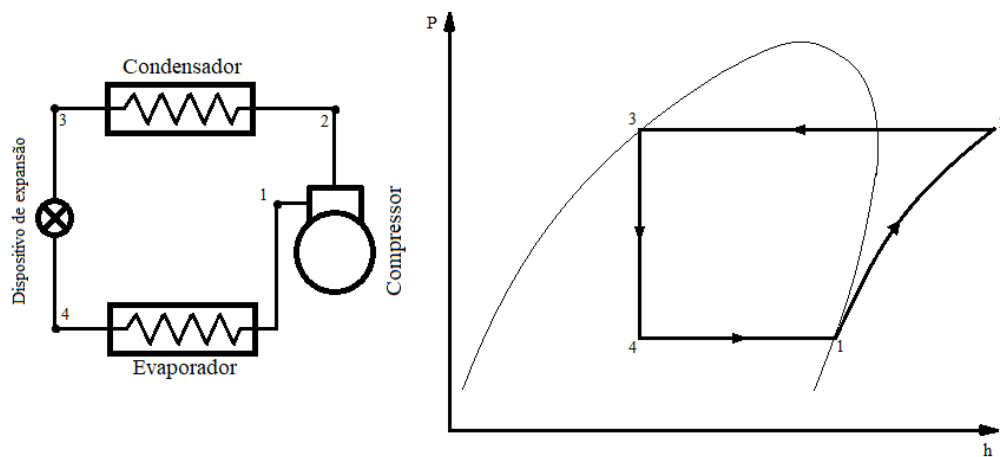


Figura 1.1 - Ciclo frigorífico por compressão de vapor teórico.

O ciclo teórico representado é constituído por quatro fases principais onde ocorre [1,5]:

- 1 – 2: Compressão isentrópica ($s_1=s_2$) do fluido frigorífero no estado gasoso num compressor com conseqüente aumento da temperatura e entalpia. No final da compressão o fluido frigorífero encontra-se no estado de vapor sobreaquecido;

- 2 – 3: Rejeição de calor sensível e latente no condensador e condensação isobárica, e consequentemente isotérmica entre a linha de vapor saturado e líquido saturado, com o fluido frigorígeno a entrar no condensador no estado de vapor sobreaquecido e a sair no estado de líquido saturado;
- 3 – 4: Laminagem com expansão adiabática e isentálpica num dispositivo de expansão (capilar ou válvula) com redução da pressão e temperatura sendo o produto final uma mistura de líquido e gás do fluido frigorígeno;
- 4 – 1: Absorção de calor latente no evaporador e evaporação isobárica, e consequentemente isotérmica, com o fluido frigorígeno a sair do evaporador no estado de vapor saturado.

No entanto, na prática, existem uma série de fatores que alteram o funcionamento do ciclo resultando numa representação diferente das suas fases. A Figura 1.2 representa, aproximadamente, a evolução real do ciclo frigorífico.

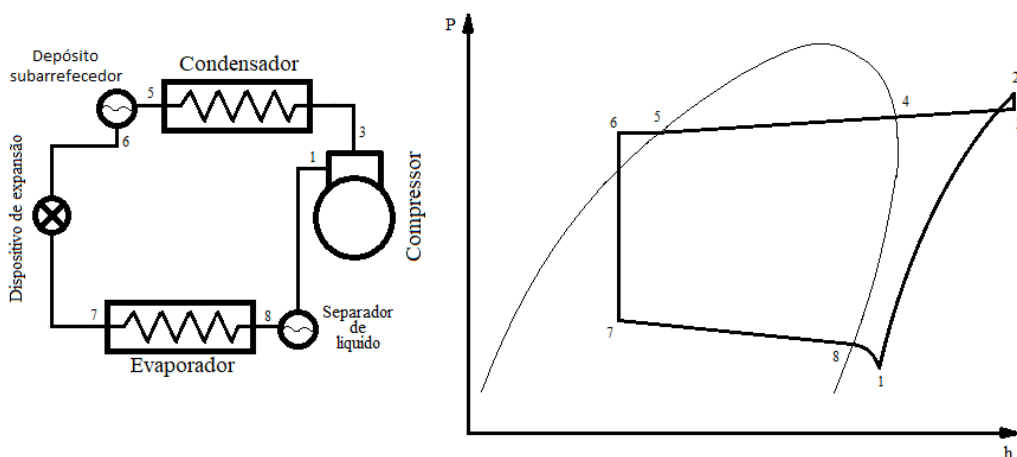


Figura 1.2 - Ciclo frigorífico por compressão de vapor real.

Partindo das evoluções mencionadas no ciclo teórico, no ciclo real ocorre [1,5]:

- 1 – 2: Compressão não-isentrópica tratando-se sim de um processo politrópico que pode resultar em temperaturas de descarga do compressor muito elevadas;
- 2 – 3: Perda de carga na descarga do compressor;
- 3 – 4: Rejeição de calor sensível na tubagem de descarga e no condensador;
- 4 – 5: Condensação do fluido frigorígeno no condensador com perda de carga na tubagem do mesmo;
- 5 – 6: Subarrefecimento do fluido no condensador ou depósito subarrefecedor e na tubagem de interligação dos mesmos. Poderá ainda ocorrer, no final do

subarrefecimento, um ganho térmico resultante da passagem do fluido pela linha de líquido até à localização do dispositivo de expansão que poderá encontrar-se junto ao evaporador;

- 6 – 7: Laminagem com expansão adiabática e isentálpica semelhante à do ciclo teórico;
- 7 – 8: Evaporação com perda de carga ao longo da tubagem do evaporador;
- 8 – 1: Sobreaquecimento no evaporador, separador de líquido ou na linha de aspiração e perda de carga na linha e válvula de aspiração.

Ao longo do ciclo existem ainda outras perdas de carga a ter em conta dada a existência de outros equipamentos como válvulas (segurança, regulação, corte, solenoide, etc.), pressóstatos, separador de óleo, filtro desidratador, entre outros.

A capacidade de um sistema de refrigeração, baseado neste ciclo frigorífico, de retirar calor de um determinado espaço denomina-se por capacidade frigorífica (\dot{Q}_e) [5]. Esta pode ser quantificada através da equação 1.1 [1]:

$$\dot{Q}_e = \dot{q}_m \times (h_{ee} - h_{se}) \quad (1.1)$$

Em que:

\dot{Q}_e – Capacidade frigorífica [kW];

\dot{q}_m – Caudal mássico [kg/s];

h_{ee} – Entalpia específica do fluido ao entrar no evaporador [kJ/kg];

h_{se} – Entalpia específica do fluido ao sair do evaporador [kJ/kg].

Após a absorção do calor pelo fluido frigorígeno, é necessária a compressão do mesmo para que posteriormente possa ser rejeitado para o exterior. Para tal é necessária a instalação de um compressor com potência suficiente que garanta a continuidade do sistema. A potência necessária é denominada de potência teórica de compressão e pode ser calculada pela equação 1.2 [1]:

$$P_c = \dot{q}_m \times (h_{ic} - h_{fc}) \quad (1.2)$$

Em que:

P_c – Potência teórica de compressão [kW];

h_{ic} – Entalpia específica do fluido no início da compressão [kJ/kg];

h_{fc} – Entalpia específica do fluido no fim da compressão [kJ/kg].

Finalmente, o calor absorvido no evaporador pode ser rejeitado no condensador com um acréscimo energético associado ao trabalho de compressão fornecido ao fluido. Desta forma a quantidade de calor a rejeitar pelo condensador, denominada capacidade calorífica, pode ser calculada a partir da equação 1.3 [1]:

$$\dot{Q}_c = \dot{q}_m \times (h_{ec} - h_{sc}) \quad (1.3)$$

Em que:

\dot{Q}_c – Capacidade calorífica [kW];

h_{ec} – Entalpia específica do fluido ao entrar no evaporador [kJ/kg];

h_{sc} – Entalpia específica do fluido ao sair do evaporador [kJ/kg].

Como é perceptível, sistemas diferentes produzem capacidade frigoríficas diferentes, exigem capacidades caloríficas e potências teóricas de compressão diferentes. Desta forma, consoante a constituição do sistema de refrigeração, este pode ser mais ou menos eficiente. Esta eficiência é denominada por Coeficiente de Desempenho (COP), conhecida na literatura inglesa por *Coefficient of Performance*, e pode ser calculado através da equação 1.4 [1,5]:

$$COP = \frac{\text{Capacidade frigorífica}}{\text{Energia absorvida pelo compressor}} = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{W}_c} = \frac{h_{ee} - h_{se}}{h_{ic} - h_{fc}} \quad (1.4)$$

Como é possível verificar na equação 1.4, o COP depende das entalpias obtidas ao nível das temperaturas de evaporação e condensação. Desta forma é possível concluir que este é afetado por quatro fatores [1]:

- Temperatura de evaporação;
- Temperatura de condensação;
- Sobreaquecimento;
- Subarrefecimento.

Com a redução da temperatura de evaporação aumenta a diferença de pressões que o compressor tem de garantir e, portanto, a potência teórica de compressão. O aumento da potência teórica de compressão tem como consequência a diminuição do COP do sistema. Seguindo um raciocínio semelhante, o aumento da temperatura de condensação resulta na mesma consequência na potência teórica de compressão provocando uma diminuição do COP [1].

O subarrefecimento à saída do condensador permite garantir que o fluído que alcança o dispositivo de expansão encontra-se apenas no estado líquido. Esta transposição da linha de líquido saturado no diagrama de Mollier resulta num aumento da capacidade frigorífica no evaporador que culmina num aumento do COP. É possível aumentar o subarrefecimento do sistema com o correto sobredimensionamento do condensador, aumento da superfície exterior do depósito separador de líquido ou instalação de um permutador de calor com o devido estudo económico para determinar qual a escolha mais vantajosa [1].

O sobreaquecimento à saída do evaporador é recomendado visto que evita a existência de fluído frigorígeno no estado líquido a alcançar o compressor. A existência do mesmo no compressor resultaria na sua grave degradação pelo chamado golpe de líquido. Este sobreaquecimento pode ser obtido com o correto sobredimensionamento do evaporador, aumento do comprimento de tubagem de aspiração sem isolamento ou com a instalação de um permutador de calor onde o fluído frigorígeno proveniente do compressor permita o sobreaquecimento à entrada do mesmo. No entanto o aumento do sobreaquecimento resulta num aumento da potência teórica de compressão. Verifica-se então que o aumento do sobreaquecimento resulta numa diminuição do COP [1].

1.3. Tipos de sistemas

Os sistemas utilizados em refrigeração são classificados como diretos ou indiretos. Um sistema direto compreende que o fluído frigorígeno se evapora, através de um evaporador, no local que se pretende refrigerar. Um sistema indireto é composto por dois circuitos. Um dos circuitos funciona segundo um ciclo frigorífico, como apresentado anteriormente no subcapítulo 1.2., a fim de arrefecer um segundo circuito. Este outro circuito baseia-se na utilização de um fluído bombeado com a finalidade de absorver calor, através de um evaporador, do local a refrigerar. A Figura 1.3 ilustra, de forma simplificada, os dois tipos de sistemas mencionados [6].

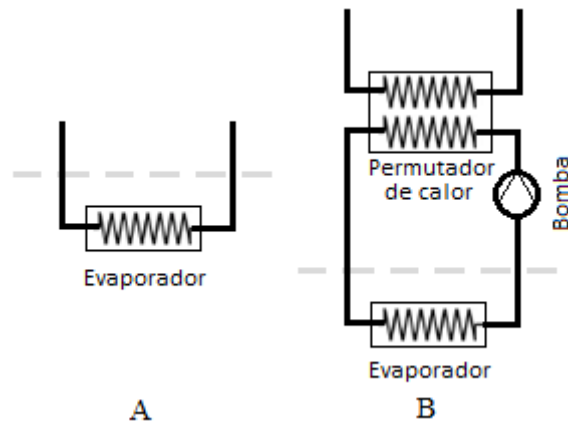


Figura 1.3 - Sistema direto (A) e Sistema indireto (B).

Na generalidade o sistema indireto apresenta diferenças relativamente ao sistema direto, tais como [1]:

- Exigência de instalação de dois circuitos (primário e secundário) em vez de um único implicando maior investimento inicial;
- Maior flexibilidade e adaptabilidade às flutuações, modificações e necessidades da instalação.

Os sistemas indiretos podem ser utilizados, por exemplo, em aplicações com fluídos frigorigéneos que apresentam riscos de inflamabilidade ou toxicidade para pessoas, animais, alimentos ou bens suscetíveis aos mesmos.

Adicionalmente os sistemas de refrigeração dividem-se em número de estágios de compressão podendo ser de simples estágio ou de multiestágio. Num sistema de simples estágio a fase de compressão do ciclo frigorífico ocorre apenas num andar de pressão com um ou mais compressores instalados em paralelo [5]. A utilização de vários compressores num único estágio de compressão pode ser vantajosa para o controlo de capacidade do sistema a fim de reduzir o consumo de energia do mesmo em alturas de menor exigência frigorífica do sistema. Já nos sistemas de multiestágio a instalação de compressores é feita em série, podendo, no entanto cada andar de compressão possuir compressores instalados em paralelo (ou com outras disposições como apresentado mais adiante nas figuras 1.6 e 1.7) [1]. A Figura 1.4 representa a disposição típica simplificada dos compressores e o ciclo frigorífico dos sistemas de simples estágio e de multiestágio.

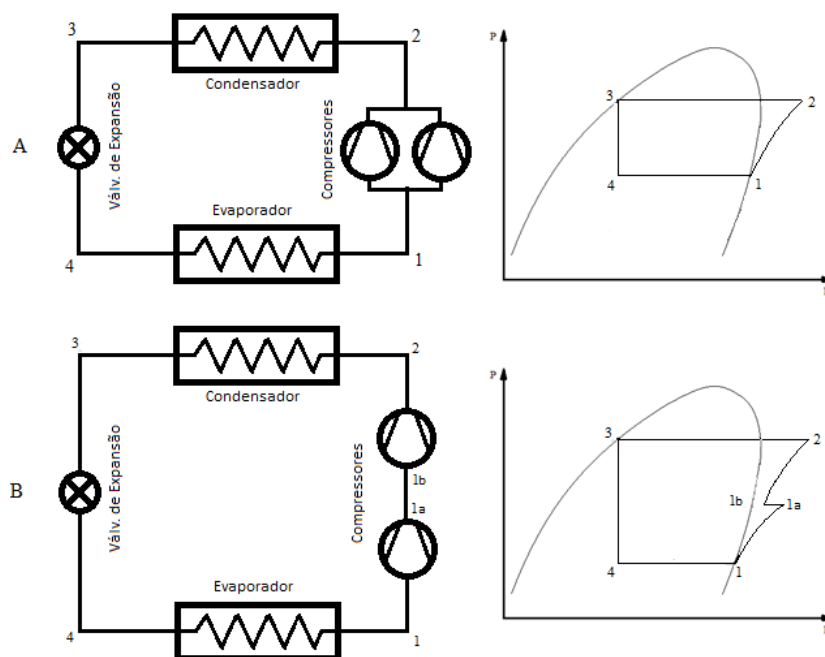


Figura 1.4 - Sistema de simples estágio de compressão (A) e Sistema de multiestágio de compressão (B), com as respectivas evoluções P-h.

Na seleção do tipo de estágio de compressão é necessário ter em conta a taxa de compressão exigida pelas pressões de evaporação e condensação. A exigência de grandes taxas de compressão, superiores a 8, em compressores que não se encontram para isso dimensionados levam à diminuição da sua eficiência energética, temperaturas de descarga elevadas e à inviabilização dos mesmos [5]. Para sistemas que exigem taxas de compressão elevadas é necessário recorrer a um sistema de multiestágio de compressão. Desta forma, a compressão é distribuída por dois andares reduzindo a exigência para cada andar de compressão. As instalações de simples estágio, com a incorporação de controlo de capacidade nos compressores, permitem estabelecer etapas de compressão. Desta forma o funcionamento dos mesmos é adaptado às exigências da instalação economizando o seu funcionamento. Os sistemas de multiestágio de compressão são recomendados para sistemas com temperaturas de evaporação inferiores a $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou com elevadas exigências frigoríficas onde é importante obter grandes economias de energia resultantes do seu funcionamento otimizado [1].

O sistema de simples estágio de compressão poderá ser instalado como um sistema individualizado ou centralizado. O sistema individualizado é dimensionado com o objetivo de alimentar uma pequena quantidade de evaporadores, ou até um único evaporador, enquanto o sistema centralizado tem como objetivo alimentar um grande

número de evaporadores [1]. A Figura 1.5 ilustra exemplos simplificados dos dois tipos de sistemas mencionados.

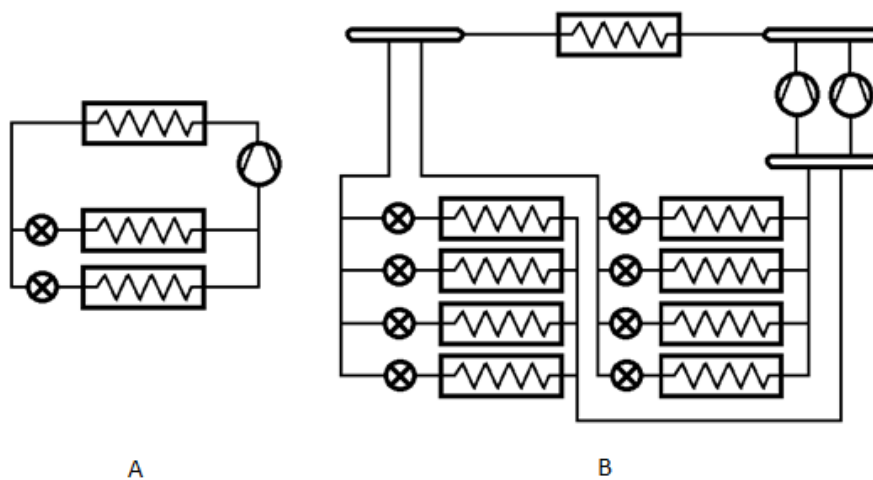


Figura 1.5 - Sistema individualizado (A) e Sistema centralizado (B).

O sistema individualizado é ideal para utilização em equipamentos domésticos ou de hotelaria incluindo os equipamentos de funcionamento autónomo utilizados na refrigeração comercial. Já o sistema centralizado é o mais adequado para instalações com um número considerável de câmaras e expositores frigoríficos com exigências e dimensões variáveis. A utilização do sistema centralizado com expansão direta em superfícies comerciais é habitual e comporta a vantagem de possibilitar a produção de água quente sanitária (AQS) gratuita. No entanto, consoante vários fatores como o fluido frigorígeno utilizado ou limitações pelo bem armazenado nas câmaras frigoríficas, poderá também ser instalado um sistema de expansão indireta [1].

Para garantir a economia mencionada, os sistemas de multiestágio de compressão podem apresentar-se com duas tipologias: Estágios diretos ou Estágios em cascata. O sistema de estágios diretos compreende a utilização de dois ou mais compressores instalados em série com a finalidade de comprimir o fluido frigorígeno em estágios sucessivamente mais elevados. Este tipo de sistema permite obter temperaturas de evaporação baixas com elevados rendimentos. É ainda incorporado um depósito arrefecedor de líquido intermédio em que [1,5]:

- O vapor presente no mesmo, habitualmente denominado *flash gas*, é canalizado para a linha de descarga do primeiro compressor. Desta forma o fluido

frigorígeno que entra no segundo compressor é arrefecido, reduzindo a energia necessária na compressão do segundo estágio;

- A parte do fluído frigorígeno em estado líquido é arrefecido;
- É possível implementar um circuito com um evaporador que opere a uma temperatura intermédia.

A Figura 1.6 ilustra um sistema simplificado de estágios diretos e o ciclo frigorífico correspondente. No caso de serem utilizados dois compressores neste tipo de sistema, pode ser simplificada a instalação através da implementação de um único compressor de duplo estágio [1,5].

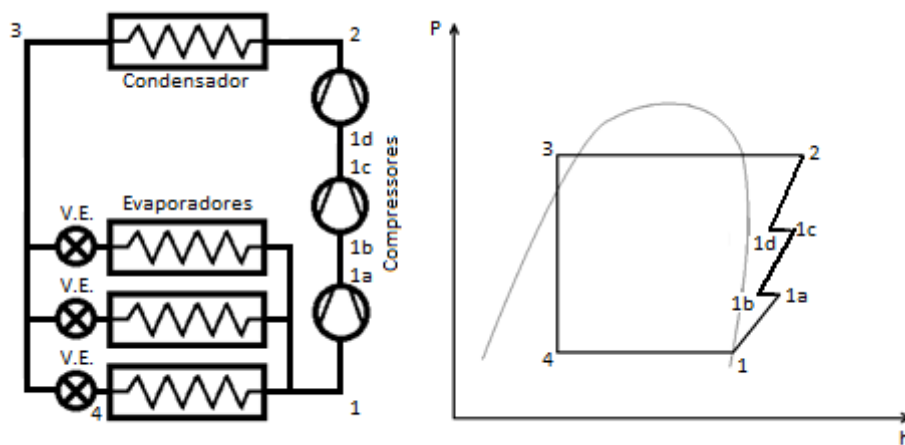


Figura 1.6 - Sistema de estágios diretos simplificado e respetivo diagrama P-h. Adaptado de [1].

O sistema de estágios em cascata apresenta dois ou mais circuitos de refrigeração com fluídos frigorígenos diferentes. A interligação entre circuitos ocorre através de um permutador de calor, como é possível verificar na Figura 1.7, que funciona como evaporador para o circuito de alta temperatura e como condensador para o circuito de baixa temperatura. Este tipo de soluções apresenta a vantagem de ser possível utilizar fluídos frigorígenos com maior rendimento no circuito atribuído. É exemplo, o sistema em cascata de CO_2/NH_3 (R744/R717) em que os compressores de CO_2 apresentam uma eficiência muito superior aos de NH_3 , no circuito de baixa temperatura, reduzindo adicionalmente a quantidade de NH_3 na instalação.

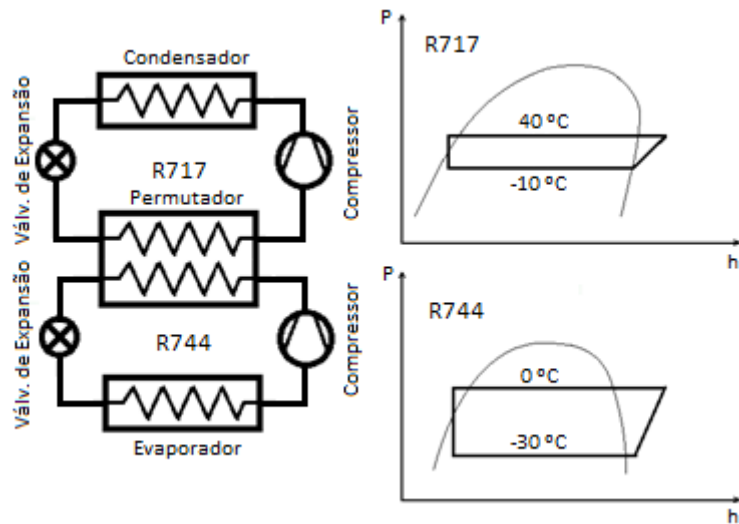


Figura 1.7 - Sistema de estágios em cascata simplificado e respetivos diagramas P-h dos circuitos [1].

Existe ainda a opção de implementar o fluido frigorífero num sistema com condensação acima do seu ponto crítico. A um sistema onde é aplicada esta solução é atribuído o nome de sistema transcrito. O sistema transcrito é habitualmente utilizado com o R744 dado o seu baixo ponto crítico, cerca de 30 °C. Esta solução permite então a utilização de R744 em locais com temperatura ambiente elevada sem a necessidade de implementação de um circuito condensador com outro fluido [5].

2. Fluidos frigoríficos

O elemento circulante no interior de todos os equipamentos mencionados num sistema de refrigeração e que é sujeito à absorção, transporte e rejeição de calor denomina-se fluido frigorífico. Habitualmente, num circuito primário, o fluido muda de fase ciclicamente entre estados de líquido e de vapor. Caso seja implementado um circuito secundário é comum a utilização de líquidos que nunca mudam de fase [7].

Na seleção de um fluido frigorífico primário para um sistema de refrigeração é pretendido que o mesmo corresponda às seguintes exigências [1,8]:

- Propriedades termodinâmicas vantajosas;
- Ampla faixa de temperaturas de operação;
- Relação entre pressão e temperatura vantajosa;
- Ideal para o processo de compressão;
- Compatível com materiais e óleos;
- Não ser nocivo para a camada de ozono;
- Baixo potencial de aquecimento global;
- Incolor, mas detetável na fase gasosa;
- Não tóxico, corrosivo, irritante, poluente, inflamável ou explosivo;
- Económico;
- Eficiente.

A seleção de um fluido secundário exige que este possua as seguintes características [1]:

- Não reagir com o fluido primário;
- Baixa viscosidade;
- Elevada capacidade térmica mássica;
- Baixa temperatura de congelação;
- Elevado coeficiente de transmissão de calor;
- Não corrosivo ou irritante.

No entanto não existe um fluido frigorífico capaz de corresponder com todos estes pontos levando a que a escolha do mesmo para uma determinada instalação deva ser sempre analisada com o objetivo de obter uma seleção correta.

2.2. Classificação

Os fluídos frigorigêneos são classificados segundo a sua natureza inflamabilidade, toxicidade, composição, pressão de serviço e circuito em que são implementados [1].

Relativamente à natureza, é realizada a sua classificação tendo em conta a proveniência natural ou não do mesmo. Os fluídos naturais dividem-se em fluídos inorgânicos e hidrocarbonetos enquanto os fluídos de origem artificial possuem a seguinte classificação [9]:

- CFC – Clorofluorcarbonetos;
- HCFC – Hidroclorofluorcarbonetos;
- HFC – Hidrofluorcarbonetos;
- PFC – Perfluorcarbonetos;
- HFO – Hidrofluorolefinas.

Adicionalmente todos os HFC, PFC, o hexafluoreto de enxofre e outros Gases de Efeito de Estufa (GEE) que contenham flúor ou misturas destas substâncias são considerados gases fluorados [10].

Quanto à sua composição, os fluídos frigorigêneos separam-se em substâncias puras, misturas zeotrópicas ou azeotrópicas. As substâncias puras são constituídas por um único componente levando a que, quando em ebulição, exista uma temperatura única para cada pressão. As misturas zeotrópicas apresentam concentrações de várias substâncias puras em que o processo de ebulição não ocorre a temperatura e pressão constante. Adicionalmente, a concentração da fase líquida torna-se diferente da concentração em fase gasosa quando estas se encontram em equilíbrio numa determinada temperatura e pressão. As misturas azeotrópicas também são constituídas por várias substâncias puras, mas apresentam composições sempre diferentes na fase líquida e gasosa. Desta forma, a mistura pode evaporar e condensar como uma substância simples, mas apresenta sempre propriedades diferentes das de cada uma da sua composição [1,8].

Em termos de segurança, abordando a problemática da inflamabilidade e toxicidade, os fluídos frigorigêneos são classificados segundo a Tabela 2.1 [10].

A classificação quanto ao nível de toxicidade é dada pelas letras A e B, enquanto a classificação quanto à inflamabilidade é dada por números de 1 a 3. Adicionalmente, a letra L é adicionada a fluídos que apresentem velocidades de chama abaixo de 10 m/s.

Tabela 2.1 - Classificação quanto à segurança dos fluídos frigorigéneos. Adaptado de [1].

Grupos de segurança para Fluídos Frigorigéneos		
	Baixa toxicidade	Alta toxicidade
Alta inflamabilidade	A3	B3
Baixa inflamabilidade	A2	B2
Sem propagação de Chama	A2L ^(a)	B2L ^(a)

(a) A2L e B2L são aplicados a fluídos que possuem baixa inflamabilidade com velocidade de chama ≤ 10 m/s

A classificação quanto à pressão de serviço é constituída pelas quatro classes seguintes [1]:

- Classe 1 – Baixa pressão;
- Classe 2 – Média pressão;
- Classe 3 – Alta pressão;
- Classe 4 – Inflamáveis.

Os fluídos também são classificados pelo circuito em que circulam podendo denominar-se fluído primário ou secundário. Habitualmente, os fluídos secundários operam no sistema apenas na fase líquida como é exemplo o uso de água glicolada ou salmoura [1,8].

Quanto à problemática do impacto ambiental dos fluídos frigorigéneos, é contabilizado o seu potencial de deterioração da camada de ozono (ODP) e potencial de aquecimento global (GWP). Este tema será abordado mais adiante, no subcapítulo 2.4, com o seu contexto cronológico.

2.3. Fluídos artificiais

A utilização de fluídos artificiais iniciou-se graças aos estudos realizados por um grupo de cientistas, liderados por Thomas Midgley, em 1928 que tentavam combater a problemática da inflamabilidade e toxicidade dos fluídos frigorigéneos utilizados

anteriormente, como o dióxido de enxofre. Rapidamente foram implementados no mercado os CFC que abriram a porta ao desenvolvimento de todos os fluídos artificiais [11].

Como mencionado no subcapítulo 2.1, os fluídos artificiais dividem-se em CFC, HCFC, HFC, PFC e HFO. Na Tabela 2.2 é possível verificar o impacto ambiental de alguns destes fluídos.

Tabela 2.2 – Impacto ambiental de alguns fluídos frigoríficos artificiais. Adaptado de [7,12,13].

	Fluído frigorífico	ODP	GWP	Tempo de vida na atmosfera [anos]
CFC	R11	1	4660	45
	R12	0,73	10800	100
	R113	0,81	5820	85
	R114	0,5	8590	190
	R115	0,26	7670	1020
	R502	0,283	4,1	-
HCFC	R22	0,034	1760	11,9
	R124	0,02	527	5,9
HFC	R134A	0	1300	13,4
	R404A	0	3780	-
	R410A	0	1980	-
PFC	R116	0	9200	10000
	R218	0	7000	2600
HFO	R1234yf	0	<1	0,029
	R1234ze(E)	0	<1	0,045
	R1336mzz(Z)	0	2	0,07

2.3.1. CFC e HCFC

Tal como o nome indica, os CFCs são moléculas constituídas pelos elementos cloro, flúor e carbono. Exemplos de CFCs são os R11, R12, R113, R114, R115 e o R502. Embora a presença de cloro nestes fluídos seja ambientalmente prejudicial dada a sua capacidade de reter o ozono atmosférico, estes fluídos possuem muitas características favoráveis à sua utilização, tais como [14,15]:

- Não são inflamáveis;

- Não são tóxicos e possuem vapores não irritantes;
- Não reagem quimicamente com os metais;
- Em concentrações acima de 20% produzem um odor característico facilmente detetável;
- Não produzem alterações nas características do produto a refrigerar (odor, sabor e cor).

Uma das poucas desvantagens da utilização de CFCs na refrigeração apoia-se na sua alta corrosividade quando contaminado por vapor de água. A posição vantajosa dos CFCs na refrigeração fez com que estes fossem utilizados durante cerca de 70 anos [11].

Dado o elevado potencial de destruição da camada de ozono dos CFCs, e impulsionado pela legislação aplicada, foram introduzidos no mercado os HCFCs. Estes possibilitam a substituição parcial do cloro por hidrogénio que permite reduzir significativamente a contribuição dos sistemas de refrigeração para a deterioração da camada de ozono. No entanto, não deixando de apresentar alguma contribuição para a destruição da camada de ozono, os HCFCs também foram substituídos pelos chamados gases fluorados. Foi proibida a implementação de CFCs em sistemas de refrigeração em 1995 e de HCFCs em 2015. Esta substituição foi calendarizada através do Protocolo de Montreal, assinado em 1987, que é abordado no subcapítulo 2.4.1 [14,16].

2.3.2. Gases Fluorados

Os gases fluorados englobam os HFC, PFC e o Hexafluoreto de Enxofre (SF_6). Estes não apresentam na sua constituição nenhum átomo de cloro permitindo a eliminação do impacto ambiental ligado á deterioração da camada de ozono. No entanto, as emissões de GEE resultantes da utilização destes fluídos frigoríficos gera um impacto ambiental ao nível do aquecimento global. Tendo em conta que esta solução, ao não eliminar totalmente o comportamento nocivo para o meio ambiente, é apenas temporária, o desafio da procura de fluídos frigoríficos alternativos com baixo impacto ambiental continuou [14,16,17].

Os HFCs assumiram um vasto papel na refrigeração dadas as suas boas propriedades químicas e termodinâmicas, não toxicidade, não inflamabilidade e compatibilidade com metais e ligas habitualmente utilizados. No entanto, apresentam

algumas desvantagens na sua utilização como a necessidade de utilização de óleo poliéster e a sua suscetibilidade a contaminantes do sistema [18].

A aceitação dos gases fluorados não durou muito dada a descoberta do seu efeito nocivo para o ambiente ao nível do aquecimento global. Desta forma, a sua utilização apenas foi incentivada como uma medida transitória até existir a possibilidade a nível de tecnologia para a incorporação de fluídos frigorigéneos não prejudiciais para o meio ambiente [11].

2.3.3. HFO

Em resposta ao mencionado nos subcapítulos anteriores foram recentemente introduzidas no mercado as HFOs, principalmente para o sector automóvel. As HFOs são semelhantes, ao nível da composição, aos HFCs possuindo hidrogénio, flúor e carbono. Estes fluídos possuem baixos GWP dado que possuem uma ligação covalente dupla carbono-carbono tornando o composto mais estável. Adicionalmente, estes fluídos possuem um tempo de permanência na atmosfera muito baixo (11-18 dias). Desta forma, as HFOs aparentam ser uma solução não nociva para o ambiente na utilização de fluídos frigorigéneos artificiais [11 e 13].

Estes fluídos permitem obter propriedades termodinâmicas semelhantes a outros fluídos para a sua substituição, como é exemplo o R1234yf com propriedades semelhantes ao R134a. Embora menos inflamáveis que os hidrocarbonetos, necessitam de especial atenção para esta característica. Adicionalmente, quando em contacto com água este forma um ácido altamente tóxico [11].

Após testes com expositores de bebidas foram verificadas quedas de rendimento de apenas 3% em comparação com o R134a. Atualmente, a utilização destes fluídos ainda não é competitiva a nível económico com outros fluídos, mas é possível verificar a sua utilização no sector de refrigeração móvel [11].

Embora também seja uma solução interessante de analisar, neste trabalho será atribuído maior destaque aos fluídos naturais.

2.4. Fluídos naturais

Como mencionado anteriormente, no subcapítulo 2.1, os fluídos naturais dividem-se em hidrocarbonetos e fluídos inorgânicos, sendo o dióxido de carbono e o amoníaco os principais utilizados em refrigeração. Embora possuam grandes benefícios ambientais, estes fluídos apresentam algumas restrições a ter em conta na sua utilização. Visto que possuem uma elevada importância para o presente trabalho, estes serão abordados com maior profundidade.

2.4.1. Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos mais utilizados em refrigeração são o propano, o iso-butano, o etileno e o propileno (R290, R600a, R1150 e R1270, respetivamente) embora seja possível a aplicação de diversas misturas dos mesmos. A utilização de hidrocarbonetos na refrigeração tem origem anterior ao surgimento dos CFC. No entanto, a sua utilização diminuiu consideravelmente durante algumas décadas só voltando a ser discutida no final da década de 1980 como substituto dos CFC e HCFC [19].

Embora não apresentem toxicidade, a elevada inflamabilidade deste tipo de fluídos tem sido um fator limitante na sua aplicação e torna necessária a adoção de cuidados especiais no manuseamento dos mesmos. O risco de explosão dos hidrocarbonetos ocorre quando estes se encontram entre os limites de inflamabilidade, inferior (2,1%) e superior (9,4%), consideravelmente baixos possuindo também temperaturas de autoignição reduzidas (450 °C). Desta forma são aplicadas normas a nível internacional, regional e nacional que previnem a existência do hidrocarboneto em concentração acima da permitida, eliminação de fugas, ausência de fontes de ignição, entre outras [19].

Em termos ambientais os hidrocarbonetos são uma opção muito viável, visto que não têm impacto na constituição da camada de ozono e ainda possuem uma contribuição insignificante quanto às emissões de GEE quando comparados aos fluídos artificiais não HFO [19].

As excelentes propriedades termodinâmicas dos hidrocarbonetos permitem obter eficiências e intervalos de pressões de funcionamento consideráveis muito semelhantes

ou até melhores que os obtidos quando utilizados HCFCs ou HFCs. Habitualmente são utilizados em equipamentos de baixa capacidade de forma a limitar a quantidade do mesmo no local, diminuindo o risco de explosão. No entanto, o aumento do calor latente de vaporização resulta numa diminuição em cerca de 50% da carga de fluido necessário no sistema em comparação com o R134a. Desta forma é comum a implementação de hidrocarbonetos em equipamentos domésticos, expositores de funcionamento autónomo de congelação, refrigeração ou climatização, equipamentos de produção de gelo ou de produção de bebidas, entre outros equipamentos com carga limitada de fluido frigorígeno. A implementação de hidrocarbonetos em sistemas de refrigeração comercial e industrial tende a ser mais dispendiosa dada a necessidade de adicionar vários equipamentos de segurança [19-21].

2.4.2. Amoníaco ou R717

O amoníaco, também conhecido por R717, utilizado como fluido frigorígeno é aplicado há mais de cem anos na refrigeração tendo a sua primeira aplicação em 1834 em cervejarias e armazéns frigoríficos. Mesmo com o surgimento de outras soluções de fluidos no mercado ao longo dos anos, este fluido natural nunca deixou de ter aplicação principalmente nos sistemas de refrigeração industrial [1,22,23].

A viabilidade da aplicação deste fluido no sector da refrigeração, ao longo dos anos incluindo na atualidade, resulta de várias vantagens inerentes à utilização, tais como [22,24]:

- Excelentes propriedades termodinâmicas com elevadas eficiências energéticas;
- Vasto leque de temperaturas de operação;
- Abundância e baixo custo do fluido frigorígeno.

Adicionalmente, e sendo esta característica atualmente de elevada importância, o amoníaco não apresenta qualquer contribuição para a deterioração da camada de ozono ou para a presença de gases de efeito de estufa na atmosfera [22].

Os sistemas com amoníaco são habitualmente instalados em aplicações de processamento e preservação alimentar de dimensão considerável, como matadouros, fábricas de gelados, fábricas de cerveja e interpostos, assim como na refrigeração comercial [22,24].

No entanto é necessário sempre o estudo de aplicabilidade desta solução visto que apresenta graves riscos para a saúde, tanto dos seres vivos como do sistema. A inflamabilidade e toxicidade deste fluído resulta numa série de fatores a ter em conta no desenvolvimento e implementação de um sistema com amoníaco. Quanto à inflamabilidade os limites inferior e superior de inflamabilidade situam-se nos 15 e 33 vol.%, respetivamente, com uma temperatura de ignição alta de 630 °C. A inflamabilidade relativamente baixa do amoníaco, a dificuldade de formação de misturas inflamáveis e explosivas com concentrações de vapor de água superiores a 11 vol.% e a necessidade de existência de uma chama de apoio para haver uma combustão contínua leva a que as explosões e incêndios causados somente por amoníaco sejam muito raros. No entanto, existe risco de explosão agravado em áreas fechadas sem ventilação onde é possível exceder o limiar de explosão de 105 g/m³. Quanto à toxicidade o amoníaco tem efeitos irritantes e corrosivos tanto no estado gasoso como no líquido. Dos vários efeitos nocivos no ser humano, o amoníaco em determinadas concentrações e exposições pode provocar queimaduras, cegueira, danos no sistema respiratório e digestivo, náuseas, vômitos podendo em último caso levar à morte. No entanto o seu odor, típico e desagradável, detetável em concentrações muito baixas, leva a que a fuga seja identificada muito antes de assumir níveis perigosos. Para a contenção no caso de fuga são utilizados sistemas de pulverização de água, com a qual este forma compostos. Atualmente é aplicada regulamentação nacional a fim de evitar acidentes relacionados com a inflamabilidade e toxicidade do fluído. Existe ainda uma grande pressão para que a carga de fluído nos sistemas seja minimizada, principalmente nas áreas mais povoadas [22-24].

É necessário referir ainda a capacidade corrosiva do amoníaco na presença de cobre, zinco, ferro, estanho e respetivas ligas exigindo a utilização de tubagem de aço soldado. Adicionalmente, a utilização de amoníaco exige um maior critério na seleção do óleo dada a sua incompatibilidade com os mais comuns. No entanto, a alta capacidade volumétrica do amoníaco permite que a instalação possua na sua maioria tubagem de menor dimensão comparativamente a outros fluídos. Na generalidade, a necessidade de utilização de tubagem de aço, compressores adaptados e dispositivos de segurança próprios torna o custo inicial da instalação superior a outros [23,24].

2.4.3. Dióxido de carbono ou R744

Assim como os demais fluídos naturais, o dióxido de carbono (CO_2), também denominado R744, já fora antes utilizado como fluído frigorígeno tendo sido introduzido no mercado na segunda metade do século XIX. No entanto com o surgimento dos CFCs na década de 1930, a utilização de CO_2 em sistemas de refrigeração sofreu uma redução drástica até à década de 1960 em que praticamente se tornou inexistente nos mesmos. Desde a década de 1980 até à atualidade, liderado pelo movimento de redução de emissões de gases prejudiciais para a atmosfera, o dióxido de carbono tornou-se uma das principais soluções para as instalações de refrigeração. O desenvolvimento tecnológico levado a cabo nestes anos permitiu a implementação de ciclos subcríticos e transcíticos nos vários sectores da refrigeração. As vantagens oferecidas pelo CO_2 em relação ao NH_3 ou aos HFC baseiam-se na ausência de restrição da carga de fluído e no baixo impacto ambiental, respetivamente [1,25].

A utilização do R744 nos sistemas de refrigeração é considerada uma boa solução dado [25-27]:

- Ser pouco tóxico;
- Não ser inflamável;
- Possuir um coeficiente de transferência de calor elevado dada a pressão e densidade elevadas;
- Possuir uma capacidade volumétrica superior à maioria dos fluídos frigorígenos de utilização habitual aumentando a sua capacidade de refrigeração;
- Possuir baixas razões de compressão aumentando o rendimento isentrópico do compressor;
- Possuir temperaturas de descarga elevadas possibilitando a sua utilização em sistemas de recuperação de calor, aumentando a eficiência global do sistema;
- Boa miscibilidade com óleos lubrificantes (incluindo Poliéster usados com HFCs);
- Exigir menores dimensões de tubagem;
- Possuir baixa viscosidade;
- Apresentar baixas perdas de carga nos sistemas;
- Não ser nocivo para a camada de ozono e possuir um potencial de aquecimento global quase nulo;

- Atualmente existir uma grande oferta de componentes e tipos de sistemas no mercado;
- Ser abundante na atmosfera e apresentar baixos custos de aquisição embora os custos dos sistemas sejam maiores.

Os sistemas a operar com R744 permitem obter menores razões de pressão na compressão (20 a 50% menores que com HFCs ou amoníaco) aumentando a eficiência volumétrica. A elevada capacidade de troca térmica do CO₂ permite que os sistemas que utilizam este fluido possuam equipamentos de menores dimensões como tubagens, isolamentos, compressores, bombas, entre outros, quer quando utilizado como fluido primário quer como secundário [26,28,29].

No entanto, existem restrições que exigem a atenção na seleção da melhor solução quando aplicado o CO₂ como fluido frigorigéneo. A principal destas restrições é a elevada pressão de funcionamento deste fluido visto que apenas sobre esta condição é possível obter elevadas eficiências no funcionamento do sistema. Esta condição exige a instalação de equipamentos especialmente preparados para operar com este nível de pressões ou superiores dado que, aquando da paragem temporária do sistema, a temperatura e pressão do fluido aumenta, podendo até ultrapassar o ponto crítico. Em sistemas subcríticos a pressão chega aos 72 bar enquanto em sistemas transcíticos pode alcançar até 140 bar, tornando assim necessário toda a prevenção na escolha do equipamento corretamente preparado. Em sistemas subcríticos em que o fluido se encontra a temperaturas muito baixas, mas ainda com pressões muito elevadas, por motivos de segurança é preferível a utilização de aço inoxidável. A restrição seguinte deve-se à proximidade dos pontos triplo e crítico ao intervalo de temperaturas de funcionamento do sistema. O ponto crítico poderá ser atingido, por exemplo, durante o funcionamento normal do sistema. No entanto, durante as ações de manutenção dos sistemas, a exposição do fluido, no estado líquido, à pressão atmosférica leva à formação de gelo seco por atingir o ponto triplo do CO₂. A problemática apresentada leva a que o intervalo de temperaturas de operação do R744 em sistemas subcríticos seja reduzido [1,26].

No caso de fuga é necessária precaução dada a elevada densidade do CO₂, em comparação com o ar, que pode levar à asfixia pela sua acumulação nos pulmões. Adicionalmente, a sua característica inodora leva a que seja muito difícil a perceção da

atmosfera perigosa. Na Tabela 2.3 encontram-se listadas as concentrações de CO₂ e respetivos perigos para a saúde como consequência à sua exposição [27].

Tabela 2.3 - Concentrações de CO₂ e respetivos perigos para a saúde como consequência à sua exposição. Adaptado de [27].

ppm of CO₂	Effects
400	Concentração na atmosfera
5000	Limite de exposição a longo prazo (8 horas)
15000	Limite de exposição a curto prazo (10 minutos)
30000	Desconforto, dificuldades na respiração, dores de cabeça, tonturas, etc.
100000	Perda de consciência, morte
300000	Morte rápida

É comum a utilização de R744 na refrigeração comercial. É ainda utilizado numa série de aplicações como refrigeração móvel, de máquinas de venda, refrigeração industrial, ultracongelamento, entre outros [25].

2.5. Proteção ambiental

A seleção de fluídos frigorigéneos para sistemas de refrigeração foi, ao longo dos anos, moldada pela evolução tecnológica presenciada. Como já referido anteriormente, a utilização de fluídos naturais foi das primeiras soluções adotadas. No entanto, o aparecimento dos CFC e HCFC, com claras vantagens técnicas na sua implementação, fez o mercado eleger estes como os fluídos frigorigéneos de excelência [1].

O ponto de vista ambiental apenas foi tomado em conta vários anos após a implementação destes fluídos no mercado com a descoberta do efeito nocivo dos mesmos para a camada de ozono. No decorrer das décadas seguintes surgiram vários movimentos com a finalidade de limitar e eliminar a utilização destes agentes nocivos para o ambiente. Foi mais tarde também descoberto o impacto ao nível do efeito de estufa dos novos gases substitutos dos CFC e HCFC. Os acontecimentos mais importantes quanto à sensibilização e regulamentação para esta problemática foram as assinaturas do Protocolo de Montreal (relativamente aos gases nocivos para a camada de ozono), do Protocolo de Quioto (relativamente aos GEE) e a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. Estes acontecimentos levaram à criação de legislação em várias áreas

de forma a reduzir drasticamente o impacto da libertação destes gases para a atmosfera [1].

A Tabela 2.4 apresenta de modo cronológico alguns dos acontecimentos importantes que marcaram a evolução da utilização de fluídos frigorigéneos na refrigeração [1].

Tabela 2.4 - Cronologia de acontecimentos importantes que marcaram a evolução da utilização de fluídos frigorigéneos na refrigeração. Adaptado de [1].

Ano	Acontecimento
Futuro	Generalização dos fluídos naturais. Descoberta de “novos” fluídos frigorigéneos
2020	Metas da Diretiva NZEB (20-20-20). Segunda etapa de redução dos HFC.
2016	Primeira etapa de redução dos HFC de acordo com o Regulamento F-gas.
2015	Eliminação total dos HCFC regenerados (R22).
2014	Publicação do Regulamento (EU) n.º 517/2014, que revoga o Regulamento (CE) n.º 842/2006 – F-gas. Etapas para redução dos HFC e outros GEE até 2030.
2012	Início da certificação de técnicos TIM. Aplicação do HFO em AC automóvel.
2011	Início da certificação dos técnicos no manuseamento de gases com efeito de estufa, TMGF.
2010	Proibição total da utilização dos HCFC (R22). Apresentação do HFO como possível substituto do HFC (R134a).
2008	Publicação do Regulamento Europeu (CE) n.º 303/2008 relativo à certificação mútua de empresas e pessoal que operam em equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor, que contêm determinados gases fluorados com efeito de estufa.
2006	Publicação do Regulamento Europeu (CE) n.º 842/2006 relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa – Regulamento F-gas.
2004	Limite do fabrico de bombas de calor com HCFC (R22).
2000	Publicação do Regulamento Europeu (CE) n.º 2000/37 que estabelece as datas-limite relativas ao uso de HCFC (R22).
1997	Protocolo de Quioto – plano para a redução das emissões dos gases de efeito de estufa (GEE).
1995	Proibição da utilização dos CFC (R12)
1992	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima – Rio de Janeiro.
1987	Protocolo de Montreal, sobre as substâncias que empobrecem a camada de ozono.
1974	Teoria da destruição da camada de ozono (Molina/Rowland).
1950	Aparecimento e utilização dos HCFC.
1930-1940	Aparecimento e utilização dos vários CFC (R11, R12, R113, R114).
1880-1920	Aparecimento e utilização do amoníaco, propano e dióxido de carbono.
1834	Aparecimento do primeiro protótipo de sistema de refrigeração a funcionar com éter etílico. Não teve sucesso comercial.

2.5.1. Protocolo de Montreal

O ozono atmosférico situado na estratosfera funciona como um filtro de radiação. A preocupação crescente da comunidade científica acerca de um enorme buraco na camada de ozono da atmosfera terrestre, em expansão, sobre a Antártida cujos efeitos nocivos sobre os seres vivos já eram significativos e bem conhecidos, levou à necessidade dos países se juntarem para remediar esta situação. Já havia sido provado anteriormente que os CFC, utilizados em produtos embalados de *spray*, extintores e equipamentos de refrigeração, provocavam a redução do ozono e fora incentivada a utilização de HCFC e HFC ao considerar que estes seriam menos danosos que os seus antecessores [1].

Para definir uma calendarização para a redução e remoção dos CFC e HCFC do mercado, criado no âmbito da Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozono de 1985, esteve aberto dois anos para assinaturas desde setembro de 1987 o Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Empobrecem a Camada de Ozono. No decorrer deste período este documento foi assinado por 46 governos, incluindo Portugal, comprometendo-se à remoção total dos CFC até 1995 e dos HCFC até 2030 nos países desenvolvidos e 2040 para os países em desenvolvimento. No entanto, foi efetuada uma revisão baseada na possibilidade de reduzir anualmente 3,5% das emissões de GEE com a eliminação provisória da utilização de HCFC. Desta forma foram definidas novas metas na redução e remoção destes fluídos para 2015 nos países desenvolvidos e 2020 nos países em desenvolvimento [1,8,11].

Para classificar os fluídos frigorigéneos em relação à sua contribuição para a expansão do buraco do ozono foi definido o parâmetro *Ozone Depletion Potential* (ODP). O ODP, em português denominado Potencial de Destruição do Ozono, utiliza como referência o impacto na camada de ozono do fluído R11 (ODP=1). Apenas os CFC e HCFC possuem valores de ODP positivos, produto da existência de cloro na sua constituição, levando à sua substituição pelos mais recentes HFC [1,8].

2.5.2. Protocolo de Quioto

Ao fenómeno do aumento da temperatura média da do ar e dos oceanos na superfície da Terra atribui-se o nome de aquecimento global. Este fenómeno tornou-se preocupante dadas as suas implicações no número sem fim de processos naturais que ocorrem tanto na Terra como nos organismos que nela residem. O grande impulsionador do aquecimento global foram os gases de efeito de estufa (GEE) que possuem a capacidade de absorver e reemitir a radiação solar refletida na superfície terrestre, reemitindo-a para a mesma e provocando um efeito de estufa.

A necessidade de estabelecer metas de proteção ambiental já havia sido demonstrada em outros eventos como a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere* (1987), a *First Assessment Report* (1990) e a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (1992). Para tal, e focalizado em limitar as emissões de GEE para a atmosfera por parte dos vários sectores comerciais das muitas nações mundiais, o Protocolo de Quioto foi assinado em 1997 por 175 países. Neste eram previstas ações que pretendiam garantir o sucesso na preservação do meio ambiente como [1]:

- Reformar os sectores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes de energia renováveis;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercados inapropriados;
- Limitar as emissões de metano através da gestão de resíduos e dos sistemas energéticos;
- Proteger florestas, solos, oceanos, entre outros locais de captação do carbono atmosférico.

Ao nível da refrigeração estas medidas tiveram especial impacto na redução da utilização e emissão dos chamados gases fluorados. A Figura 2.1 ilustra o impacto ambiental da utilização destes fluídos na refrigeração [1].

A contribuição dos sistemas de refrigeração para o Aquecimento Global provem não só da contribuição dos fluídos utilizados nos próprios sistemas, mas também da emissão de GEE na produção de eletricidade por estes utilizada [1].

Para classificar as substâncias quanto ao denominado “Efeito de Estufa”, foi implementado o parâmetro GWP – Global Warming Potential. Este parâmetro contabiliza o efeito de aquecimento na atmosfera, proveniente de uma determinada substância ao

longo de um período de 100 anos, comparativamente com o efeito da mesma massa de CO₂ (GWP=1). Ao multiplicar o valor de GWP de uma determinada substância pelas toneladas emitidas é possível concluir quanto à equivalência de carbono emitido para a atmosfera.

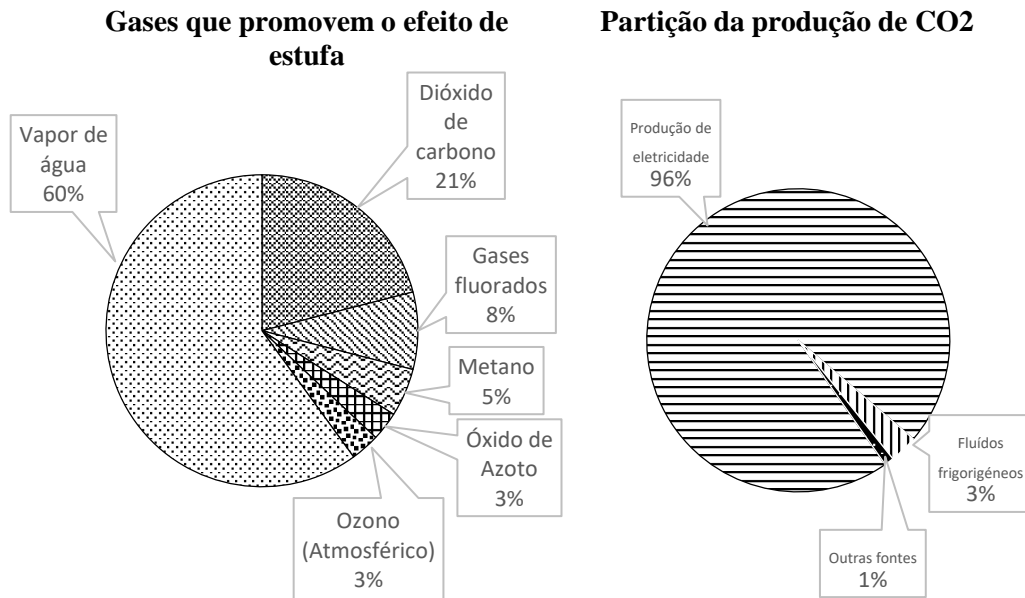


Figura 2.1 - Gases de efeito de estufa e fontes de produção de CO₂. Adaptado de [1].

Para o cálculo do GWP de uma mistura são consideradas as frações em massa e GWP de cada substância nesta presente a fim de obter uma média ponderada. Os valores de GWP dos vários fluídos frigoríficos foram tabelados inicialmente pelo IPCC Second Assessment Report em 1996 e substituídos em 2007 pelo IPCC Fourth Assessment Report. Na tabela 2.5 encontra-se apresentado o GWP de alguns fluídos frigoríficos onde é possível verificar a clara vantagem, ao nível da proteção ambiental, da utilização de CO₂ dados os valores elevados dos HFCs [9,30].

Tabela 2.5 - Valores de GWP de vários fluídos frigoríficos. Adaptado de [30].

	AR2 1996	AR4 2007
CO ₂	1	1
HFC-32	650	675
HFC-134a	1300	1430
HFC-407a	1770	2107
HFC-407c	1526	1774
HFC-404a	3260	3922
HFC-410a	1725	2088
HFC-507	3300	3985
HFC-422d	2232	2729
HFC-427a	1828	2138

Para classificar os sistemas de refrigeração quanto ao seu impacto ambiental ao nível do Aquecimento Global é analisado o seu TEWI – Total Equivalent Warming Impact que, segundo a norma NP EN 378, contabiliza tanto a contribuição direta das emissões de fluído frigorigéneo para a atmosfera como a contribuição indireta das emissões de GEE na produção de energia para o seu funcionamento. No caso dos isolamentos utilizados na instalação também possuem a possibilidade de emitir GEE, deve ser feito um cálculo adicional a fim de obter o GWP dos mesmos [6].

2.5.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), implementado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (QCNUAC), tem como objetivo auxiliar os países a cumprir as metas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto. Baseado num sistema de créditos de carbono, denominada Redução Certificada de Emissão, que contabiliza a redução de toneladas de emissão de carbono, o MDL pretende contribuir para o desenvolvimento sustentável com a redução de emissão de GEE [31].

Neste modelo, ao implantar tecnologias mais limpas, os países em desenvolvimento são premiados com uma quantidade equivalente de créditos de carbono que podem ser vendidos. Estes países, que têm maior probabilidade de cumprir as metas estabelecidas no Protocolo de Quioto, poderão vender os créditos de carbono obtidos a países que ultrapassam as suas cotas. Desta forma os países desenvolvidos, que possuem cotas de redução de emissões de GEE, podem adquirir créditos de patrocinadores de projetos em países em desenvolvimento a fim de garantir o cumprimento das metas em vez de investirem em medidas mais dispendiosas no seu próprio território [31].

2.5.4. Programa Nacional para as Alterações Climáticas

Constituinte do Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPIC), o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2020/2030) assume a visão de desenvolvimento para Portugal num contexto de Crescimento Verde. Englobando todos os sectores da economia nacional, este identifica objetivos de política climática alinhados

com o potencial custo-eficaz de redução de emissões a fim de garantir a permanência do país num percurso de baixo carbono.

Os objetivos a alcançar pelo PNAC são [32]:

- Promover a transição para uma economia de baixo carbono, gerando mais riqueza e emprego, contribuindo para o crescimento verde;
- Assegurar uma trajetória sustentável de redução das emissões nacionais de GEE de forma a alcançar uma meta de -18% a -23% em 2020 e de -30% a -40% em 2030 em relação a 2005, garantindo o cumprimento dos compromissos nacionais de mitigação e colocando Portugal em linha com os objetivos europeus;
- Promover a integração dos objetivos de mitigação nas políticas setoriais.

2.5.5. Regulamento F-GAS

No seguimento da adoção do Protocolo de Quioto foi publicado o regulamento (CE) n.º 842/2006, também conhecido como Regulamento F-gas. Este Regulamento, que se debruça sobre determinados gases fluorados com efeito de estufa (GFEE), foi revogado mais tarde pelo Regulamento (EU) n.º 517/2014 aplicável a partir de 1 de janeiro de 2015. O atual Regulamento tem por objetivo proteger o ambiente mediante a redução das emissões de GFEE e apoia-se nas seguintes medidas [9,33]:

- Estabelece regras em matéria de confinamento, utilização, recuperação e destruição de gases fluorados com efeito de estufa e em matéria de medidas auxiliares conexas;
- Impõe condições à colocação no mercado de produtos e equipamentos específicos que contenham, ou cujo funcionamento dependa de gases fluorados com efeito de estufa;
- Impõe condições às utilizações específicas de gases fluorados com efeito de estufa;
- Estabelece limites quantitativos à colocação de HFCs no mercado.

Na Tabela 2.6 encontram-se listadas as restrições na utilização de HFCs no mercado tanto na introdução de novos equipamentos como na manutenção e assistência técnica.

Tabela 2.6 - Restrições na introdução no mercado, manutenção e assistência técnica de equipamentos de refrigeração. Adaptado de [34].

Novos equipamentos colocados no mercado

Aplicação	Restrição	A partir de:
Frigoríficos e congeladores domésticos	Proibição de HFCs com PAG superior a 150	1 de janeiro de 2015
Frigoríficos e congeladores para utilização comercial (hermeticamente fechados)	Proibição de HFCs com PAG superior a 2500 (R404A, R507, R422d (MO29), R422a (MO79))	1 de janeiro de 2020
	Proibição de HFCs com PAG superior a 150	1 de janeiro de 2022
Equipamentos fixos de refrigeração (ex: refrigeração industrial, unidades de condensação, <i>chillers</i> , etc.)	Proibição de HFCs com PAG superior a 2500, exceto para temperaturas inferiores a -50°C	1 de janeiro de 2020
Sistemas múltiplos de refrigeração centralizada para utilização comercial com capacidade nominal superior a 40 kW	Proibição de HFCs com PAG superior a 150, exceto no circuito primário de um sistema em cascata nos quais podem ser utilizados HFCs com PAG inferior a 1500	1 de janeiro de 2022
Sistemas de ar condicionado em dois componentes que contenham menos de 3 kg	Proibição de HFCs com PAG superior a 750 (R410A, R407C)	1 de janeiro de 2025

Manutenção e Assistência técnica

Aplicação	Exemplos	Restrição	A partir de:
Equipamentos de refrigeração	Supermercados, refrigeração industrial, armários e câmaras frigoríficas, etc.	Proibição de HFCs com PAG superior a 2500 acima das 40 toneladas equivalentes de CO ₂ (p. e. 10,2 kg R404A)	1 de janeiro de 2020

3. Refrigeração comercial com fluidos naturais

A redução do uso de HFCs na refrigeração é apenas uma parte do processo de proteção ambiental. A utilização de energia pelos sistemas de refrigeração corresponde a cerca de 65% das emissões totais enquanto os restantes 35% são originados por emissões diretas. Tendo em conta que as superfícies comerciais assumem 3-4% do consumo anual de energia nos países industrializados e que os sistemas de refrigeração são responsáveis por 35-50% desse consumo, é necessário ter em mente uma filosofia de eficiência energética no desenvolvimento dos mesmos [35].

Hoje em dia existe um elevado número de soluções para sistemas de refrigeração com recurso a fluidos frigorigéneos naturais. De seguida, serão apresentadas algumas destas soluções mais aplicadas na refrigeração comercial.

3.2. Hidrocarbonetos

A utilização de hidrocarbonetos na refrigeração limita-se sobretudo a equipamentos de dimensões reduzidas. Como referido anteriormente, existem impedimentos na utilização destes fluidos em cargas superiores às utilizadas pelos pequenos equipamentos, dado o seu risco de explosão. Desta forma os circuitos tendem a ser simples, herméticos, com o menor número de ligações possível e sem a utilização de dispositivos elétricos que possibilitem a ocorrência de faíscas. Adicionalmente, a oferta de compressores no mercado, embora vasta, também permite apenas capacidades muito reduzidas. No entanto, as propriedades termodinâmicas e de transporte vantajosas dos hidrocarbonetos associado à utilização de óleos de maior viscosidade, a fim de garantir um tempo de vida superior dos compressores, torna os sistemas com hidrocarbonetos uma solução viável para o tipo de equipamentos a que são destinados. Os equipamentos de uso comercial em que é utilizada a solução dos hidrocarbonetos são maioritariamente autónomos como expositores frigoríficos, máquinas de venda, terminais de água e cerveja, caves de vinho, máquinas de gelo, balcões e armários refrigerados, entre outros [36,37].

Enquanto que a utilização do isobutano (R600a) é predominante nos equipamentos domésticos, na refrigeração comercial são utilizados outros

hidrocarbonetos como o propano (R290) e o propeno (R1270). Adicionalmente, ainda podem ser desenvolvidas misturas dos mesmos a fim de obter curvas de pressão de vapor aproximadas de vários fluídos frigoríficos como o R12, R22, R134a e R407C [37].

O fabricante *Unilever* introduziu no mercado arcaas frigoríficas destinadas ao armazenamento de gelados com a capacidade de 250 W e com uma carga de 90 g de propano. Com as medidas preventivas implementadas foram registados aumentos de eficiência na ordem dos 9%. O fabricante *Manitowoc Ice, Inc.*, com a utilização de uma série de soluções desenvolvidas pelo fabricante *Danfoss*, introduziu no mercado máquinas produtoras de gelo com operação a R290. Em comparação com as suas antecessoras, que operavam com R404A, estas máquinas produtoras de gelo com R290 permitiram obter produções semelhantes, com cargas de propano dentro dos limites legais, com uma poupança energética entre 20 e 30% [37,38].

Introduzidos recentemente no mercado, o fabricante *Huayi Compressor Co, LTD* desenvolveu novos compressores de propano com capacidades entre os 30 e 6300 W. O mesmo garante que os novos compressores garantem poupanças energéticas até 30% e aumentos no COP até 43% em relação aos seus antecessores com R404A. A utilização de compressores com velocidade variável nos equipamentos mencionados é aconselhável. Segundo o estudo desenvolvido pelo fabricante *Secop*, a aplicação deste tipo de compressores em comparação com os mesmos sem esta tecnologia permitiu obter reduções no consumo de energia na ordem dos 30%. No mesmo estudo é possível ainda verificar uma melhoria nos consumos em 9% quando utilizado R290. A Figura 3.1 ilustra os resultados mencionados [39,40].

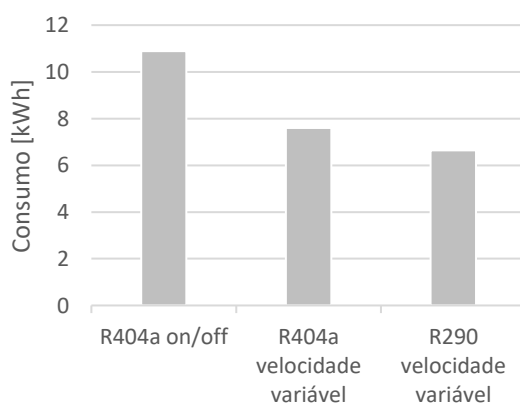


Figura 3.1 – Comparação entre consumos obtidos na utilização de compressores com R404A em on/off, com R404A com velocidade variável e R290 com velocidade variável [39].

Com o crescimento tecnológico e investimento de algumas empresas do sector é possível implementar *Chillers*, operados com R290 em quantidades muito reduzidas, como circuito arrefecedor de outros circuitos que poderão funcionar, por exemplo, com CO₂. O recurso a esta solução permite obter consumos energéticos muito reduzidos, segundo o fabricante *Danfoss*. Mais adiante, no subcapítulo 3.4.2, é abordada novamente a utilização deste tipo de *Chiller* com R290 juntamente com R744 [41].

A utilização de hidrocarbonetos em sistemas *Coolbox/Waterloop* pode vir a ser uma solução viável nos próximos anos. Este sistema é abordado mais adiante, no subcapítulo 4.1, e baseia-se na instalação de unidades de produção de frio na proximidade dos evaporadores. Por sua vez, estes rejeitam calor para um circuito de condensação com água. A instalação da mesma em mais de 1900 supermercados permitiu obter menores gastos totais em cerca de 16% [42].

3.3. Dióxido de Carbono ou R744

Como mencionado anteriormente, um sistema com dióxido de carbono, também denominado R744, em que a condensação se dá abaixo do ponto crítico é denominado um sistema subcrítico. No entanto, visto que o ponto crítico do R744 situa-se nos 31,1 °C e 73,6 bar, torna-se difícil desenvolver um sistema que consiga operar nos dias mais quentes do ano de muitas zonas do planeta Terra. Por esta razão este tipo de solução não costuma ser implementada com a simplicidade de outros sistemas com gases fluorados. No entanto, é possível a incorporação desta solução num número considerável de sistemas, apresentados mais adiante, no subcapítulo 3.3, como circuito de BT permitindo um COP muito elevado em climas mais frios [1].

Visto que o funcionamento de um sistema com R744 em regime subcrítico gera problemas quanto à sua condensação em temperaturas superiores ao seu ponto crítico, para contornar esta limitação, é implementado um sistema com compressores capazes de elevar a pressão do R744 até níveis superiores ao ponto crítico. Este tipo de sistema, que oscila entre um estado subcrítico e sobrecrítico, denomina-se sistema transcrito. Assim, como a pressão do R744 em sistemas subcríticos é muito superior à pressão de funcionamento de outros fluídos frigoríficos em sistemas semelhantes, e tendo em conta que a passagem para o regime sobrecrítico significa um aumento considerável da pressão

do sistema, todos os componentes do sistema devem encontrar-se especialmente preparados para sustentar a pressão de funcionamento do R744 [1]. Na Figura 3.2 é apresentada, de forma simplificada, a constituição de um sistema transcrito com R744.

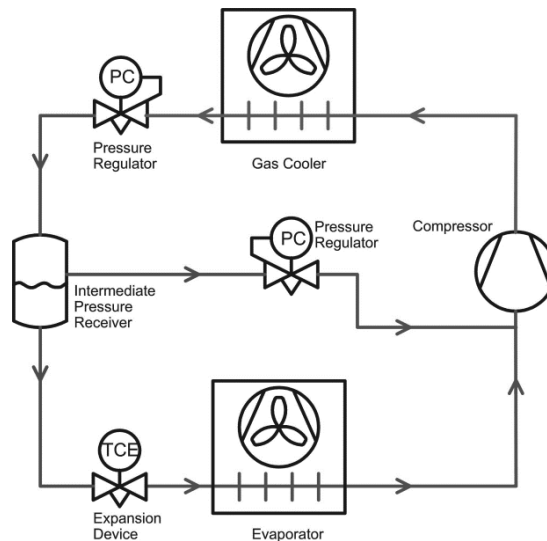


Figura 3.2 – Exemplo da constituição de um sistema transcrito com R744 [27].

Uma das diferenças ao nível dos equipamentos do sistema transcrito em relação ao sistema subcrítico é a substituição do habitual condensador por um *gas cooler*. Este equipamento proporciona o arrefecimento do fluido frigorigéneo, no estado gasoso, sem que este mude de fase. Nos sistemas transcritos habituais o controlo da pressão do *gas cooler* é realizado a fim de obter uma capacidade ótima ou uma eficiência máxima, mantendo sempre a pressão abaixo do máximo permitido. Para tal, são instaladas duas válvulas e um reservatório, como é possível verificar na Figura 3.2. A primeira válvula, instalada a jusante do *gas cooler*, tem como objetivo regular a pressão do mesmo. Esta é controlada pela pressão no interior do *gas cooler* e pela temperatura de saída do mesmo. O reservatório, também denominado *flash tank*, encontra-se a uma pressão intermédia entre o *gas cooler* e o evaporador. A segunda válvula, ou válvula do *flash gas*, controla a pressão no depósito intermédio permitindo um *by-pass* para a admissão do compressor [27].

Neste tipo de sistema a capacidade e eficiência variam significativamente com a variação da temperatura ambiente e pressão no sistema. Para uma determinada temperatura de saída do *gas cooler*, a variação da pressão de funcionamento do mesmo determina tanto o trabalho de compressão como a capacidade frigorífica do sistema. Como é possível verificar na Figura 3.3, o ciclo frigorífico em que o trabalho de

compressão é inferior proporciona uma capacidade frigorífica também reduzida. No entanto, embora permita obter uma capacidade frigorífica e eficiência superiores ao primeiro caso, o ciclo frigorífico com maior trabalho de compressão não apresenta a melhor eficiência possível. Esta situação resulta do incremento no trabalho de compressão ser superior ao incremento de capacidade frigorífica. Desta forma, ao dimensionar um sistema transcrito, é necessária a análise dos parâmetros de funcionamento a fim de definir a pressão e temperatura de funcionamento mais corretos para a finalidade do sistema. É também necessário definir a dimensão ótima do *gas cooler* a fim de obter uma eficiência ótima do sistema [27].

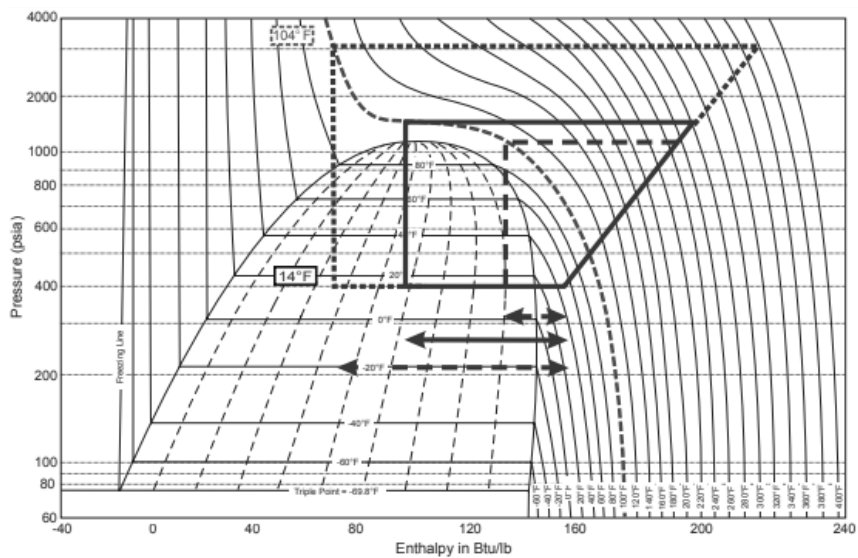


Figura 3.3 – Variação da eficiência do sistema transcrito com R744 consequente da variação da pressão de saída do gas cooler [27].

Os sistemas transcritos de R744 possuem algum interesse em pequenas aplicações de refrigeração comercial, bombas de calor, ar condicionado portátil e supermercados instalados em grandes superfícies comerciais [1].

3.4. Sistemas em cascata

Os sistemas em cascata podem também denominar-se híbridos de dois estágios. Este tipo de sistemas compreendem a utilização de dois fluidos frigoríficos diferentes em circuitos diferentes. Desta forma é possível garantir eficiências vantajosas com fluidos

próprios para os regimes de temperatura atribuídos aos mesmos até em climas mais quentes [28,43].

Este tipo de sistemas compreendem a permuta térmica entre os dois circuitos através de um permutador de calor que funciona como condensador/evaporador consoante o circuito em destaque. Desta forma o calor absorvido no circuito de baixa temperatura (BT) é rejeitado para o circuito de média temperatura (MT) através deste mesmo permutador e, por sua vez, é rejeitado de novo para o exterior através de um condensador.

Num estudo em que é feita a comparação do COP e TEWI entre vários sistemas em cascata, com diferentes fluídos em andares de alta temperatura (AT), foi possível concluir que os fluídos com maior eficiência e menor impacto ambiental são os naturais, mais especificamente o R717 e os vários hidrocarbonetos. Verificou-se ainda em qualquer sistema um claro ganho em eficiência energética em relação ao sistema R744/R744, que naturalmente não é tão viável no andar de AT. Adicionalmente, com eficiências e contribuições ambientais equivalentes aos fluídos naturais, surge o R152a não apresentando consequências a nível de inflamabilidade e toxicidade como os restantes. No entanto este fluído não é natural e possui um GWP de 124 pelo que não será analisado [44].

Nos subcapítulos seguintes encontram-se apresentados os sistemas em cascata mencionados, sendo estes o sistema com R744/R717 e os sistemas com *Chillers* a operar com fluídos naturais.

3.4.1. Dióxido de Carbono e Amoníaco (R744/R717)

No sistema em cascata, com R744 a operar no circuito de BT e R717 no circuito de MT, cada um dos circuitos possui um fluído apropriado, em termos de eficiência energética, ao intervalo de temperaturas dos mesmos. Este tipo de sistema é habitualmente utilizado quando não é possível alcançar as temperaturas de evaporação e condensação requeridas apenas com a aplicação de um fluído num ciclo de compressão de vapor. Na Figura 3.4 é possível verificar o funcionamento do ciclo descrito. Os dois circuitos encontram-se interligados por um permutador de calor onde o circuito com R744

rejeita temperatura para o circuito com R717. Este, através de um condensador, rejeita calor para o exterior com uma eficiência energética favorável [45].

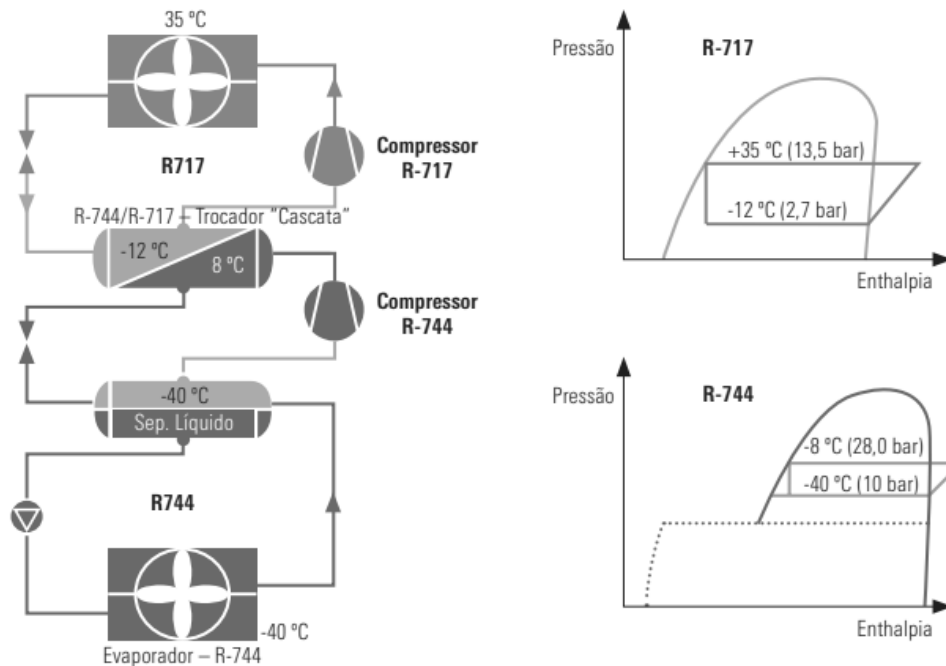


Figura 3.4 – Sistema em cascata R744/R717 e respetivos diagramas P-h de cada circuito [45].

Existem variações nas configurações possíveis desta solução. Além da configuração observada na Figura 3.4, outra configuração compreende a existência de um circuito de MT, habitualmente com água glicolada, a fim de promover o arrefecimento dos equipamentos de MT com a menor carga possível de R717. Este circuito possui um permutador de calor que o liga ao circuito com amoníaco (R717). Outra configuração possível compreende a utilização de água glicolada como ponte entre o amoníaco e o dióxido de carbono. Nesta configuração o dióxido de carbono alimenta o circuito de MT no estado líquido e o circuito de BT em expansão direta. O sistema com o circuito de MT alimentado por água glicolada apresenta vantagens relativamente ao apresentado na Figura 3.4 com base no menor custo de bombeamento da água glicolada e na prevenção da formação de carbonato de amônio pelo contacto entre os dois andares [43].

Em comparação com um sistema que utilize HFCs, o sistema de cascata R744/R717 requer equipamento de menor dimensão e menos andares de compressão. Adicionalmente, a utilização de fluídos naturais evita a preocupação com legislação para eliminação dos mesmos e o seu preço de aquisição é menor [46].

Este sistema é especialmente eficiente com temperaturas de evaporação muito reduzidas. O sistema apresentado na Figura 3.4, para temperaturas de condensação constantes, torna-se mais eficiente que o sistema a operar unicamente com amoníaco para temperaturas de evaporação abaixo dos $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Adicionalmente é possível obter eficiências semelhantes, entre estes dois sistemas, com temperaturas de evaporação entre os $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e os $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na generalidade o circuito de BT do sistema da figura 3.4, com R744, é mais eficiente quando a temperatura de condensação do mesmo se encontra nos $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ [43].

3.4.2. Com *Chiller* a Propano (R290) ou Amoníaco (R717)

Os sistemas de cascata com a adição de um *Chiller* também podem ser energeticamente viáveis. Na Figura 3.5 encontra-se ilustrado um sistema composto por evaporadores alimentados por R744, inundados e de expansão direta, que rejeita calor para um *Chiller*. Este sistema é composto por um depósito de líquido onde R744 é circulado, através de uma bomba, até aos evaporadores de MT retornando ao depósito. Paralelamente, após a bomba e através de uma válvula de expansão, é circulado também o fluído para o circuito de BT e retorna ao depósito com passagem nos compressores do circuito de BT. A parte vaporizada presente dentro do depósito de líquido é circulada através de um permutador de calor onde condensa e retorna ao depósito.

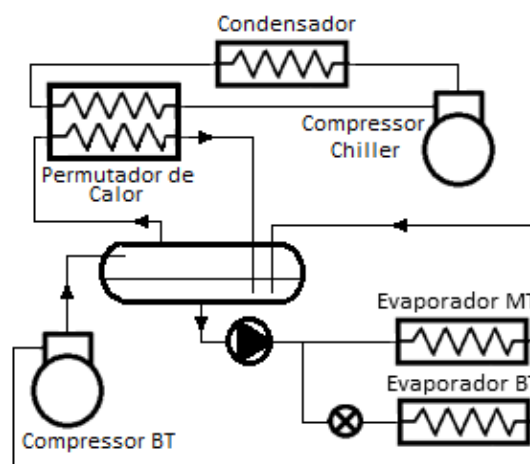


Figura 3.5 - Circuito em cascata com Chiller.

Para completar o sistema é necessário um circuito de condensação, nomeadamente um *Chiller*, para processar a rejeição de calor do sistema para o exterior. Este

equipamento pode ser operado por vários fluídos frigoríficos, mas, seguindo o âmbito do trabalho, serão apenas considerados o R290 e o R717.

As principais vantagens obtidas pela utilização deste tipo de sistema provêm do estabelecimento da temperatura de condensação reduzida do R744, limitando a função de ajuste à temperatura exterior variável ao *Chiller*. Desta forma é possível obter boas eficiências energéticas, mesmo em climas quentes, com quantidades muito reduzidas de fluído frigorífico no *Chiller*. Adicionalmente, estudos mostram que os custos de instalação de R744 como fluído secundário são equivalentes ao custo dos sistemas habitualmente implementados com água glicolada garantindo ainda uma poupança energética até 20%. A empresa *Euroklimat*, produtora de *Chillers* desde 2006, apresentou este ano equipamentos com R290 que permitem obter eficiências entre 3 a 7% maiores do que os respetivos *Chillers* com R449a [28,47].

Embora a utilização de *Chillers* com R717 seja mais comum no sector industrial, dada a capacidade elevada comum nestes equipamentos, esta solução possibilita obter também vantagens ao nível de eficiência energética mantendo a carga reduzida deste fluído no sistema.

Na Figura 3.6 é possível verificar, segundo o fornecedor *Danfoss*, o nível de poupança energética dos sistemas com *Chiller* com fluídos naturais em relação ao sistema em cascata com R744/R404A em vários locais com climas distintos. Verifica-se que a utilização dos sistemas com *Chiller* a R290 ou R717 garante vantagens energéticas em relação ao sistema de cascata R404A/R744, com o R404A para o circuito de MT e o R744 para o circuito de BT com ambos em expansão direta, para qualquer localização analisada. Sobressai também que o sistema com *Chiller* a R717 permite uma poupança energética superior em relação ao sistema com *Chiller* a R290 em qualquer local considerado. Adicionalmente, é possível verificar que ambos os sistemas garantem um maior ganho energético nos locais mais quentes, dado o incremento no consumo energético do sistema R744/R404A neste tipo de climas. Para climas menos quentes é possível verificar vantagens nos consumos do sistema *Booster* de R744. Este sistema e as suas vantagens e desvantagens serão analisados no capítulo 3.4 [28].

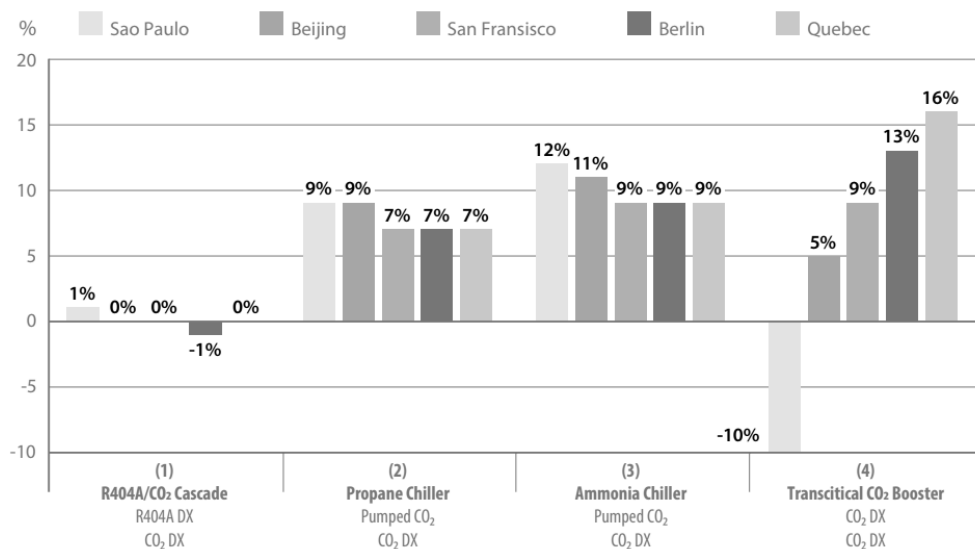


Figura 3.6 – Comparação da eficiência energética de várias soluções com fluídos naturais em diferentes locais [28].

3.5. Sistema *Booster*

O sistema *Booster* baseia-se na utilização única de R744 para ambos os circuitos de BT e MT. Para garantir o funcionamento do sistema, o R744 encontra-se ciclicamente a funcionar no regime transcrito ou subcrítico. A utilização de dois estágios de compressão é necessária dada a temperatura de descarga do R744 ser elevada, provocando a deterioração do óleo [27].

Na Figura 3.7 encontra-se ilustrado, de forma simplificada, o sistema *Booster*. O fluído frigorígeno dos evaporadores de BT é comprimido em compressores de regime subcrítico e alcança a tubagem de admissão dos compressores de regime transcrito. Simultaneamente, o fluído frigorígeno, proveniente dos evaporadores de MT, também alcança a tubagem de admissão dos compressores de regime transcrito. Assim como no sistema transcrito apresentado no subcapítulo 3.2, encontra-se a jusante do condensador um depósito (*flash tank*) a partir do qual provem fluído frigorígeno no estado gasoso (*flash gas*) que, juntamente com o fluído frigorígeno proveniente dos evaporadores de MT, proporciona arrefecimento ao fluído frigorígeno comprimido nos compressores BT. Pode ainda ser utilizado arrefecimento adicional através de um sistema de recuperação de calor. Desta forma é evitada a deterioração do óleo lubrificante [27].

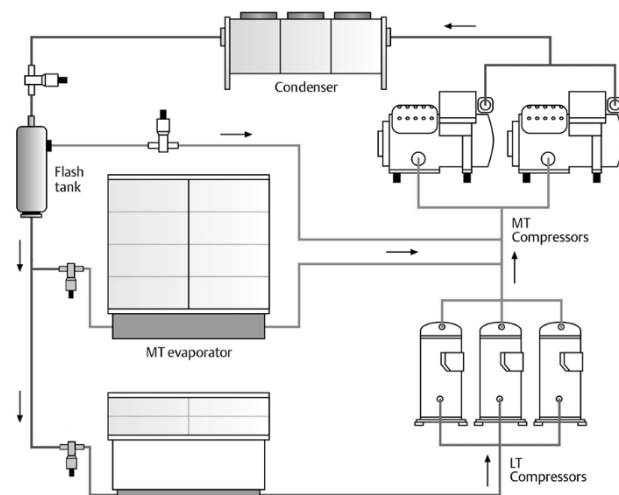


Figura 3.7 – Sistema Booster [48].

Este tipo de sistema permite obter consumos de energia semelhantes e até menores do que os sistemas com R404A, sendo preferível a sua instalação em climas menos quentes. Este tipo de sistemas permite aplicar recuperação de calor com alta eficiência, graças à elevada capacidade de transferência de calor própria do R744, garantindo eficiências ainda superiores do sistema. Na Figura 3.6 é possível verificar a perda de rendimento em climas quentes deste tipo de sistema. No entanto, particularmente em climas mais frios, o ganho em eficiência energética pode ser considerável ultrapassando os sistemas em cascata [28].

Num estudo que compara o consumo e emissões atmosféricas do sistema *Booster*, do sistema em cascata com R744 e R134a e do sistema centralizado com R404A em quatro cidades norte-americanas foi possível concluir que o sistema *Booster* permite obter entre 3 e 15% menores consumos energéticos e entre 56 e 63% menos emissões [27].

3.5.1. Injeção e Compressão em paralelo

A ineficiência dos sistemas *Booster* em climas quentes torna esta solução de aplicação limitada. Para combater esta inadaptabilidade foram introduzidas nestes sistemas tecnologias de compressão em paralelo e injeção múltipla que permitem obter ganhos de eficiência principalmente em climas quentes.

A compressão em paralelo substitui a recirculação de *flash gas* a montante do compressor. Para reduzir o trabalho de compressão, o *flash gas* é direcionado para um

compressor adicional ou até para uma das câmaras de compressão dos compressores de AT. Nesta solução, o compressor adicional comprime uma parte do fluido frigorífero do sistema com uma razão de pressões inferior e, portanto, com menor trabalho de compressão. Desta forma, o compressor original irá comprimir apenas uma parte do fluido frigorífero do sistema, consumindo menos energia. Esta tecnologia permite obter maiores eficiências resultantes de menores potências de compressão e razões de pressão [49].

Um injetor é um dispositivo que converte a energia potencial do fluido frigorífero, proveniente do *gas cooler*, em energia cinética. O fluido com pressão elevada entra no injetor onde, através da mudança de geometria interna do mesmo, acelera consideravelmente alcançando velocidades supersónicas e pressões baixas. Esta baixa pressão vai permitir a entrada de fluido proveniente da jusante dos equipamentos de MT proporcionando uma mistura de ambos. No difusor o fluido vai reduzir a sua velocidade aumentando gradualmente a sua pressão até atingir uma pressão final que é superior à pressão do fluido admitido na fase intermédia deste processo [50].

Existem uma série de formas de aplicação das tecnologias apresentadas anteriormente, e que podem ser verificadas na Figura 3.8. O sistema “*LP Multi Ejector system*” opera de forma a recuperar energia, habitualmente perdida no processo de expansão, para aumentar a pressão a montante dos compressores MT. Já o sistema “*HP Multi Ejector system*” pretende utilizar a pressão elevada do fluido frigorífero proveniente do *gas cooler* para encaminhar o fluido frigorífero da linha de aspiração dos compressores de MT para os compressores instalados em paralelo. Por último, o sistema de injeção de líquido possui um depósito separador de líquido, denominado acumulador de aspiração, que recebe fluido frigorífero proveniente dos evaporadores de MT, do depósito *flash tank* e da jusante dos compressores de BT. O fluido frigorífero no estado líquido é encaminhado para o injetor enquanto o mesmo em estado gasoso é comprimido nos compressores de MT. Estes sistemas possuem dois equipamentos desenvolvidos pelo fabricante *Danfoss* nomeadamente um controlador e um conjunto de injetores. Este conjunto de injetores é capaz de estabelecer etapas de funcionamento a fim de regular a capacidade frigorífica do sistema obtendo poupanças energéticas [51].

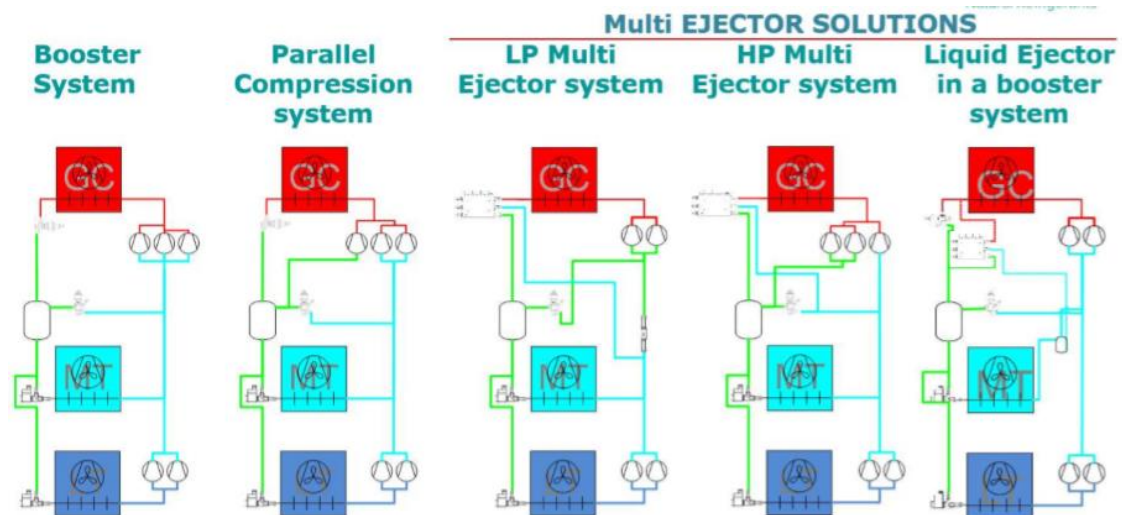


Figura 3.8 – Soluções de aplicação das tecnologias de compressão em paralelo e injeção [51].

Este tipo de soluções permitem obter melhorias na eficiência, em comparação com sistemas *Booster* padrão, entre 2 e 17% dependendo do clima e da arquitetura dos sistemas em que são implementados. A redução da capacidade necessária no compressor também resulta em reduções do custo inicial das instalações [50].

Em estudos desenvolvidos pela Danfoss é possível verificar as vantagens energéticas e económicas na utilização deste tipo de alternativas em comparação com sistemas em cascata com R404A e R744. Os resultados do estudo que analisa várias cidades do mundo com climas diferentes é apresentado na Figura 3.9. Como mencionado anteriormente e verificável no estudo, o sistema *Booster* não é preferível ao sistema com R404A em climas quentes. No entanto, apresenta vantagens energéticas nos climas mais frios. Com a aplicação correta dos sistemas de compressão em paralelo ou de injeção múltipla nos casos apropriados, é possível obter poupanças energéticas consideráveis em relação ao sistema com R404A em praticamente todos os locais analisados. Verifica-se ainda que a poupança energética obtida com o recurso às soluções de injeção múltipla é superior, em qualquer clima, à solução com compressão paralela. É possível também obter períodos de retorno financeiro bastante reduzidos (até 2 anos) com esta tecnologia a operar em ambientes quentes em comparação com o sistema *Booster* [50,51].

O recente sistema *eCO2 Boost System*, composto por compressão em paralelo e sistema de injeção múltipla, do fabricante Kysor Warren permite obter poupanças energéticas entre 5-10% em comparação com sistemas com HFCs [52].

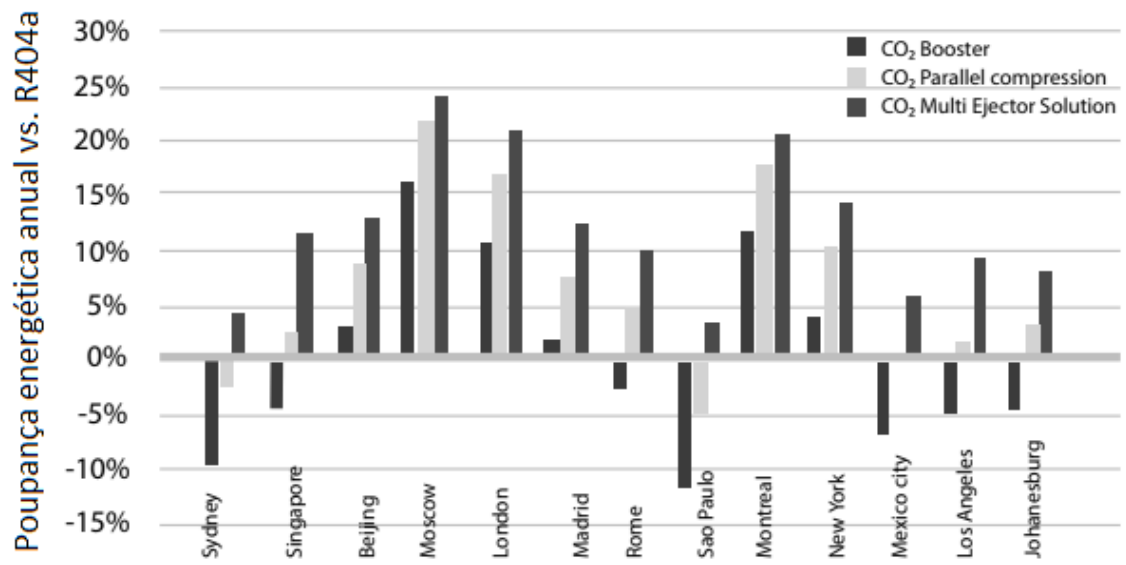


Figura 3.9 – Comparação do *consumo* energético entre vários sistemas em diferentes locais [50].

4. Caso de estudo

4.2. Enquadramento

No decorrer do estágio no Departamento de Operações de Refrigeração Sul da RACE S.A., foi possível acompanhar as várias fases de conceção e implementação de sistemas de refrigeração comercial. Este acompanhamento foi constituído por várias atividades como deslocações a obras em execução, tanto de instalações novas como de remodelações de instalações antigas, nas várias fases das mesmas, e visita com diversas finalidades a instalações já concluídas. Adicionalmente, a participação em reuniões de obra, acompanhamento da resolução de problemas e modificações em obra e acompanhamento de grande parte da logística inerente ao decorrer de obras de instalação de sistemas de refrigeração comercial permitiram ampliar a minha experiência e conhecimento a nível teórico, técnico e profissional. A proximidade experienciada com as instalações permitiu acompanhar as tendências no que toca à tipologia dos sistemas implementados. Foi verificado que esta é fortemente influenciada pelos regulamentos ambientais em vigor.

Com o objetivo de contribuir para a preservação do meio ambiente, a RACE S.A. oferece um conjunto de soluções de refrigeração comercial com reduzido impacto ambiental. Dentro deste conjunto destaca-se o sistema *Coolbox/Waterloop* de aplicação em supermercados e lojas com pequenas e médias exigências frigoríficas. Este sistema baseia-se na instalação, junto aos armários frigoríficos e câmaras, de unidades satélite de produção de frio *Coolbox*, produzidas pela RACE S.A., interligadas num circuito fechado de condensação por água *Waterloop* como apresentado na Figura 4.1.

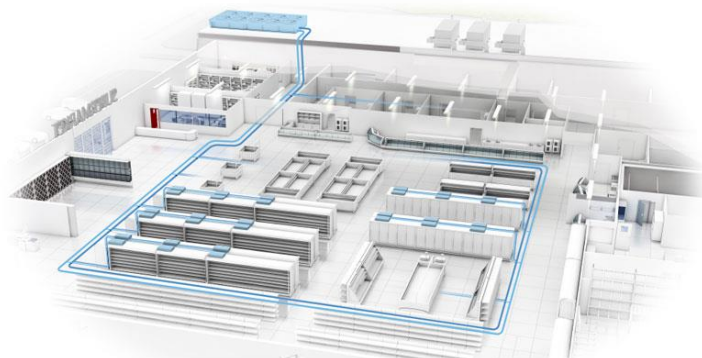


Figura 4.1 - Exemplo de implementação da solução *Coolbox/Waterloop* numa superfície comercial [53].

As unidades *Coolbox* são equipamentos compactos, para instalação na base ou no topo das câmaras ou armários frigoríficos. Estas compreendem os vários elementos de um ciclo de refrigeração, excetuando o evaporador situado no interior da câmara ou expositor frigorífico. Existe um único andar de compressão e condensação através de um permutador, alimentado por água como fluido secundário, como apresentado na Figura 4.2 [54].

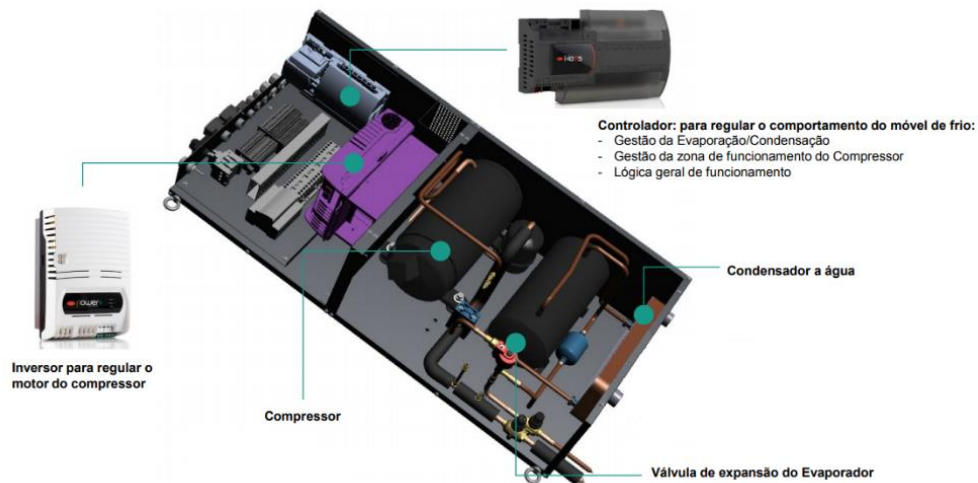


Figura 4.2 - Componentes e respetiva disposição no interior de uma unidade satélite de produção de frio Coolbox [54].

O recurso a esta solução prevê benefícios quanto a várias problemáticas, nas quais se destacam [54]:

- Diminuição substancial (cerca de 80%) da carga de fluido frigorigéneo na instalação contribuindo assim para uma elevada redução da contribuição direta da mesma para o TEWI. Na Figura 4.3 é possível verificar os dados apresentados pela RACE S.A. com uma redução substancial, de 42% para 3%, da contribuição direta para o TEWI;

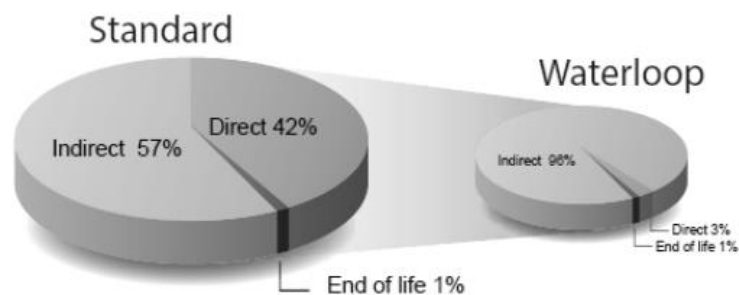


Figura 4.3 - Comparação das emissões totais entre sistemas tradicionais e a solução Coolbox/Waterloop [54].

- Redução quase total (cerca de 96%) das fugas de fluido frigorigéneo resultante da montagem e teste em fábrica. Este tipo de instalação reduz a necessidade de soldaduras em campo que resulta em menor exposição do público em geral ao fluído frigorigéneo e poluição do meio ambiente;
- Aumento da liberdade para alterações da disposição dos equipamentos frigoríficos na loja assim como introdução de novos;
- Aumento da área de vendas resultante da redução do espaço reservado à central de frio dada a sua substituição por um grupo de bombagem da água que circula no circuito de condensação;
- Facilidade na manutenção através de intervenções localizadas e sem impacto nos restantes equipamentos de produção de frio. Possibilita ainda a substituição rápida de unidades com recurso a conectores rápidos.

É, no entanto, necessário ter em conta que a implementação deste tipo de sistema exige mais tempo no arranque das instalações dada a necessidade de arrancar cada unidade satélite em separado, para além do arranque do sistema de condensação. Com a finalidade de comprovar a viabilidade da adoção da solução apresentada pela RACE para preservar o meio ambiente, ao nível dos sistemas de refrigeração, foram elaboradas análises energéticas e económicas comparativas compostas por alguns sistemas de refrigeração comercial tradicionais, com e sem recurso a fluídos naturais, e com a solução *Coolbox/Waterloop*. Esta abordagem compreende a utilização do fluido frigorigéneo base utilizado atualmente nestas unidades (R410A), assim como os fluídos frigorigéneos naturais R744, R717 e R290. Como base para o dimensionamento de cada sistema, foi considerada a arquitetura, exigências frigoríficas, entre outras informações disponibilizadas pela RACE S.A., de um supermercado na região de Lisboa em que foi adotada a solução *Coolbox/Waterloop*.

4.2.1. Caracterização do supermercado

Como mencionado anteriormente, o supermercado considerado para as análises comparativas situa-se na região de Lisboa. De modo a manter o sigilo, não será mencionado o nome do supermercado nem o local exato do mesmo. É previsto que as

condições dentro do supermercado se mantenham aproximadamente constantes e assumam os valores fornecidos pela RACE S.A. apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Condições interiores do supermercado.

Temperatura ambiente	25 °C
Humidade relativa	60%

As condições exteriores na região de Lisboa foram obtidas através do *software Pack Calculation Pro*. Após a análise dos dados deste mesmo *software*, verificou-se que a temperatura de bolbo seco máxima foi verificada no mês de julho com um valor de 36,8 °C, como é possível observar na Figura 4.4. A temperatura de bolbo húmido máxima foi verificada no mês de agosto com um valor de 21,2 °C, como é possível observar na Figura 4.5.

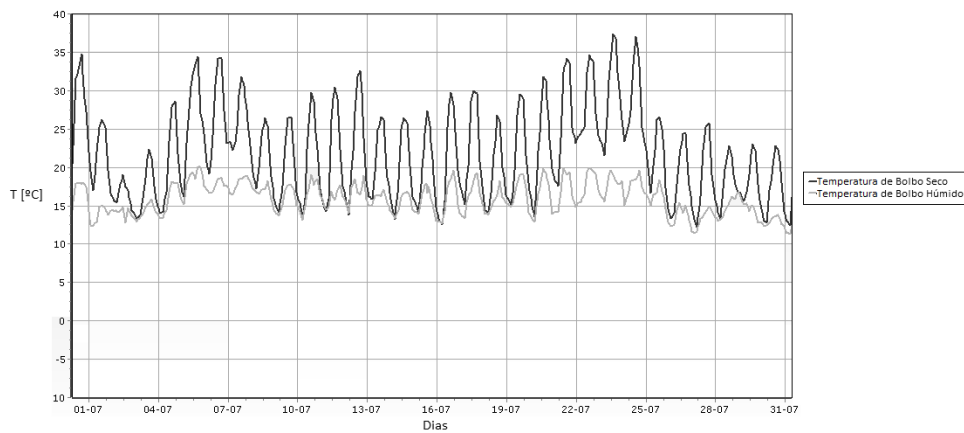


Figura 4.4 - Variação das temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido, no mês de julho em Lisboa, obtidas através do *software Pack Calculation Pro*.

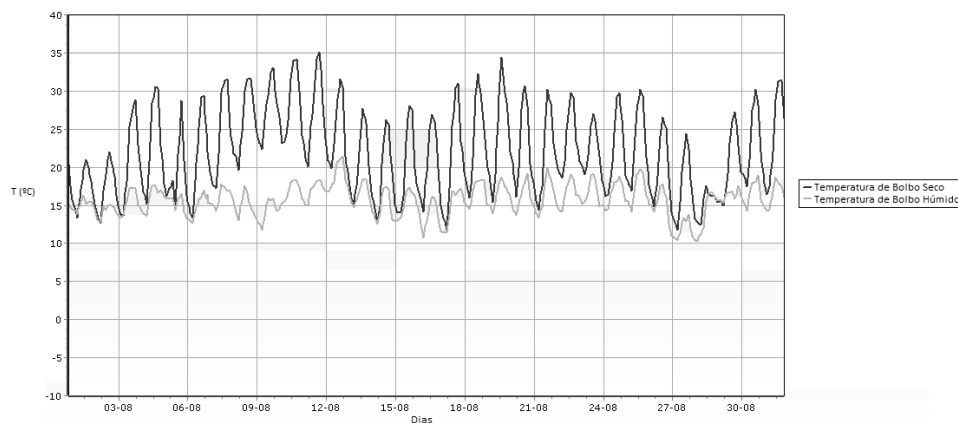


Figura 4.5 - Variação das temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido, no mês de agosto em Lisboa, obtidas através do *software Pack Calculation Pro*.

O supermercado considerado tem a disposição apresentada no anexo A e é constituído pela área de vendas, onde se situam os expositores frigoríficos, e a área das câmaras frigoríficas. Adicionalmente, junto à zona das câmaras encontra-se a zona técnica, local onde são implementadas as centrais de produção de frio, bombeamento, equipamentos de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), AQS e quadros elétricos. Considera-se ainda que o supermercado se encontra aberto ao público entre as 9h e as 21h no decorrer de toda a semana.

As câmaras implementadas dividem-se em quatro regimes de funcionamento distintos, congelados, refrigerados, climatizados e neutros. Para as análises comparativas não foram consideradas as câmaras neutras visto que estas são climatizadas com recurso à instalação de AVAC. Tanto os regimes de funcionamento como as exigências frigoríficas das câmaras foram fornecidos pela RACE S.A. não sendo necessário o cálculo dos mesmos e não sendo o objeto de estudo neste trabalho. As câmaras frigoríficas consideradas, dispostas segundo o anexo A, e as suas características de funcionamento encontram-se na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Dados técnicos das câmaras frigoríficas instaladas.

Número	Designação	Dimensões [m] (L x C x A)	Regime de Funcionamento	Exigência frigoríficas [kW]
4.1.1	Câmara de Congelados	5,3 x 4,0 x 2,5	-20°C / -18°C	3,74
4.1.2	Câmara de Congelados Padaria	2,75 x 4,33 x 2,5	-20°C / -18°C	2,56
4.2.1	Câmara da Charcutaria	3,42 x 3,8 x 2,5	+2°C / +4°C	3,68
4.2.2	Câmara de Lacticínios	5,05 x 3,8 x 2,5	+2°C / +4°C	4,95
4.2.3	Câmara do Talho	5,05 x 3,8 x 2,5	-1°C / +1°C	5,34
4.2.4	Câmara de Aves	1,87 x 2,05 x 2,5	0°C / +2°C	1,68
4.2.5	Câmara do Peixe	4,1 x 3,05 x 2,5	+2°C / +4°C	3,96
4.2.6	Câmara de Bacalhau	4,1 x 2,45 x 2,5	+2°C / +4°C	3,77
4.2.7	Câmara da Padaria	2,87 x 5,08 x 2,5	+2°C / +4°C	4,51
4.3.2	Câmara de Preparação do Talho	3,05 x 2,7 x 3	+10°C / +12°C	1,44
4.3.3	Sala do Lixo	3,6 x 2,7 x 3	+10°C / +12°C	1,56

Existe ainda um equipamento produtor de gelo em escamas na Câmara do Peixe cuja potência frigorífica não foi considerada para a análise. Foi tomada esta opção dado o funcionamento deste equipamento produtor de gelo ser autónomo e já se encontrar preparado para ser posto em operação sem ligação à restante instalação frigorífica.

O isolamento térmico das câmaras frigoríficas de congelados é composto por painel *sandwich* de poliuretano, com revestimento interior lacado de 120 mm de espessura nas paredes e teto e de 100 mm no solo das câmaras. O isolamento térmico das câmaras frigoríficas de refrigerados é composto pelo mesmo material das câmaras de congelados mas com 60 mm de espessura nas paredes e teto e sem isolamento no solo. As câmaras frigoríficas de congelados possuem ainda um vazio sanitário.

Seguindo uma abordagem semelhante à adotada para as câmaras, os expositores frigoríficos também se dividem em diferentes regimes de funcionamento. Desta forma, os mesmos encontram-se divididos em expositores de congelados, refrigerados, neutros e quentes. Existem no supermercado expositores de funcionamento autónomo (Frio Incorporado e Quentes) que, por não se encontrarem conectados à instalação de refrigeração, não foram considerados nas análises comparativas. Os expositores considerados, dispostos segundo o anexo A, e as suas características de funcionamento, fornecidos pela RACE S.A., encontram-se na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Dados técnicos dos expositores frigoríficos instalados.

Número	Designação	Modelo	Regime de Funcionamento	Potência frigorífica [kW]
3.1.1	Ilha de Peixe Congelado	SALO G4	-20°C / -18°C	0,66
3.2.1	Vitrina de Talho AT	REPUS 4	-1°C / +1°C	1,69
3.2.2	Semi-Mural de Peixe Embalado	REPUS 4	-1°C / +1°C	0,89
3.2.3 A	Semi-Mural Especialidades	REPUS 4	+2°C / +4°C	3,56
3.2.3 B		REPUS 4		3,56
3.2.3 C		REPUS 4		1,81
3.2.3 D		REPUS 4		1,81
3.2.4 A	Semi-Mural Take-away	REPUS 4	+2°C / +4°C	3,56
3.2.4 B		REPUS 4		3,56
3.2.4 C		REPUS 4		1,81
3.2.4 D		REPUS 4		1,81
3.2.5 A	Mural Talho/Aves	OSAKA 3 P 70/203	-1°C / +1°C	2,54
3.2.5 B		OSAKA 3 P 70/203		2,54
3.2.6 A	Mural Iogurtes	OSAKA 3 P 70/203	+2°C / +4°C	2,41
3.2.6 B		OSAKA 3 P 70/203		2,41
3.2.7 A	Mural Gorduras	OSAKA 3 P 70/203	+2°C / +4°C	1,61
3.2.7 B		OSAKA 3 P 70/203		1,21
3.2.8 A	Mural Charcutaria LS	OSAKA 3 P 70/203	+2°C / +4°C	2,41
3.2.8 B		OSAKA 3 P 70/203		2,41
3.2.9 A		PANAMA 3 P 70/203		2,65
3.2.9 B		PANAMA 3 P 70/203		2,65

As potências de arrefecimento dos expositores resultam da capacidade de arrefecimento dos evaporadores embutidos nos mesmos. Estas são obtidas pelo fabricante, a fim de garantir o correto funcionamento dos expositores, tendo em conta

diversos fatores como amplitude térmica, entrada e saída de produtos, número e duração de abertura de portas, entre outros.

No decorrer dos cálculos não foi considerada a necessidade de adaptação dos evaporadores dos expositores ao fluido de trabalho. No entanto, para uma correta elaboração de um projeto, esta alteração é indispensável para os cálculos posteriores e para um correto funcionamento do sistema.

4.3. Solução Coolbox/Waterloop

A solução *Coolbox/Waterloop* baseia-se em unidades satélite constituídas pelos vários elementos de um ciclo frigorífico de um andar de compressão localizadas no topo ou na base dos expositores e câmaras frigoríficas. Estas unidades podem ser monocircuito ou multicircuito consoante alimentam apenas um ou mais evaporadores, respetivamente. As unidades satélite foram implementadas no supermercado tendo em conta a proximidade aos equipamentos que pretendem alimentar e o equilíbrio das exigências frigoríficas dos equipamentos. A atribuição das unidades satélite e exigências frigoríficas resultantes, das mesmas, encontram-se nas Tabelas 4.4A e 4.4B..

Tabela 4.4 a- Atribuição de unidades satélite às várias câmaras/expositores.

Número	Designação	Exigência frigorífica [kW]		Número da unidade satélite
3.2.1	Vitrina de Talho AT	1,69		
3.2.5 A	Mural Talho/Aves	2,54	6,77	1
3.2.5 B		2,54		
3.2.2	Semi-mural peixe embalado	0,89	0,89	2
3.2.3 A	Semi-mural especialidades	3,56	7,12	3
3.2.3 B		3,56		
3.2.3 C		1,81	3,62	4
3.2.3 D		1,81		
3.2.4 A	Semi-mural take-away	3,56	7,12	5
3.2.4 B		3,56		
3.2.4 C		1,81	3,62	6
3.2.4 D		1,81		
3.2.6 A	Mural Iogurtes	2,41	4,82	7
3.2.6 B		2,41		
3.2.7 A	Mural Iogurtes	1,61	2,82	8
3.2.7 B	Mural Gorduras	1,21		
3.2.8 A	Mural Charcutaria LS	2,41	4,82	9

Tabela 4.4 b- Atribuição de unidades satélite às várias câmaras/expositores (continuação).

Número	Designação	Exigência frigorífica [kW]		Número da unidade satélite
3.2.8 A	Mural Charcutaria LS	2,41	4,82	9
3.2.8 B		2,41		
3.2.9 A	Mural Charcutaria LS	2,65	5,30	10
3.2.9 B		2,65		
4.2.1	Câmara Charcutaria	3,68	3,68	11
4.2.3	Câmara Talho	5,34	7,02	12
4.2.4	Câmara Aves	1,68		
4.2.6	Câmara Bacalhau	3,77	3,77	13
4.2.7	Câmara Padaria	4,51	4,51	14
4.2.5	Câmara Peixe	3,96	3,96	15
4.2.2	Câmara Lacticínios	4,95	4,95	16
4.3.2	Preparação Talho	1,44	1,44	17
4.3.3	Sala Lixo	1,56	1,56	18
3.1.1	Ilha de Peixe Congelado	0,66	0,66	19
4.1.1	Câmara Congelados	1,87	1,87	20
		1,87	1,87	21
4.1.2	Câmara Congelados Padaria	1,28	1,28	22
		1,28	1,28	23

No anexo B é possível verificar a distribuição das unidades satélite na planta do supermercado e o traçado da tubagem de água desenvolvidos no *software AutoCAD*.

O circuito de água consiste num sistema capaz de absorver o calor rejeitado pelas unidades satélite. Como tal, esta solução é composta por uma rede de água, bombeada na zona técnica, que tem como objetivo alcançar todas as unidades satélite e ainda o arrefecedor localizado no exterior do edifício. Em cada unidade satélite a água do circuito de ida absorve o calor rejeitado pelo fluido frigorigéneo, através do condensador, e retorna à zona técnica pelo circuito de retorno. De seguida, a água do circuito de retorno é encaminhada para o arrefecedor onde esta rejeita para o exterior todo o calor absorvido nas unidades satélite. Posteriormente, a água arrefecida é bombeada para o circuito de ida de novo.

A RACE S.A. aconselha estabelecer 22/26 °C como a temperatura da água circulante na rede. Este regime de temperaturas é problemático dada a temperatura de bolbo seco exterior de projeto ser de 36,8 °C, impedindo a implementação de um

arrefecedor por ar forçado. Perante esta contrariedade é comum a utilização de um *Chiller* na zona técnica que assiste o arrefecedor quando a temperatura exterior assim o exige. Estes equipamentos possuem sistemas que operam com fluidos frigoríficos não naturais, HFCs habitualmente. O presente estudo pretende obter uma comparação entre soluções puramente naturais e uma solução centralizada. Para conseguir apresentar um estudo correto é imprescindível que os sistemas estudados possuam as mesmas premissas a fim de obter uma análise comparativa entre fluidos frigoríficos e não entre sistemas. Para obter dimensionamentos de sistemas puramente naturais não é possível considerar a utilização de um equipamento que promova o arrefecimento da água do sistema *Waterloop* com base na utilização de um fluido frigorífico não natural. Como tal, para garantir o arrefecimento da água que entra no arrefecedor a 26 °C, é utilizado um arrefecedor evaporativo. Visto que a temperatura de bolbo húmido de projeto é de 21,2 °C, o equipamento mencionado garante o arrefecimento da água.

Como mencionado anteriormente, o funcionamento habitual de uma unidade satélite da solução *Coolbox/Waterloop* compreende a utilização do fluido frigorífico R410A. No entanto, foram elaborados estudos para verificar a possibilidade e a viabilidade da implementação dos fluidos naturais R717, R744 e R290 como fluido frigorífico de um sistema de unidades satélite semelhante à solução *Coolbox/Waterloop*. Para garantir a comparabilidade dos estudos desenvolvidos é necessário que estes apresentem características semelhantes como o tipo de sistema, temperaturas de evaporação e condensação, entre outras.

4.3.1. R410A

A fim de obter os valores económicos da implementação, operação e ainda calcular o TEWI da solução apresentada pela RACE S.A., é apresentado de seguida o dimensionamento do sistema baseado na solução *Coolbox/Waterloop* com R410A. Com o dimensionamento deste sistema é possível obter elementos comparáveis não só com outros fluidos implementados com a solução da RACE S.A., mas também com fluidos implementados com a solução centralizada.

4.3.1.1. Evaporadores

Como já mencionado, os evaporadores dos expositores frigoríficos são dimensionados pelo fabricante a fim de garantir o arrefecimento dos mesmos tendo em conta os seus ganhos térmicos. Estes já se encontram previamente selecionados com os modelos de expositores frigoríficos, definidos pela RACE S.A., considerados na Tabela 4.3. Como tal, apenas são selecionados, para os vários fluidos frigoríficos, os evaporadores das câmaras frigoríficas.

O dimensionamento dos evaporadores das câmaras frigoríficas é baseado na exigência frigorífica, dimensões e geometria da câmara onde se encontram inseridos. Esta exigência resulta de vários fatores como o volume e isolamento da câmara, equipamentos inseridos na mesma, o tipo de produto armazenado e o fluxo do mesmo, circulação de pessoas, entre outros. Em algumas câmaras são exigidos evaporadores com parâmetros de funcionamento específicos. Na Câmara de Peixe (4.2.5), o produto armazenado é muito suscetível à perda de qualidade quando utilizado um evaporador com ventilação. Como tal, nesta câmara frigorífica existe a necessidade da instalação de um evaporador estático. Adicionalmente, na Câmara de Preparação de Talho (4.3.2) encontram-se colaboradores por prolongados períodos, exigindo assim a instalação de evaporadores com reduzida ventilação e ruído a fim de garantir um maior conforto aos mesmos.

Para a seleção dos evaporadores a instalar é necessário ter em conta alguns ajustes para garantir a sua escolha adequada. Inicialmente é necessário ter em conta as temperaturas das baterias de frio e das câmaras frigoríficas a que os evaporadores se destinam. Para obter o fator de correção (RC_m) para os regimes de temperatura mencionados são utilizadas tabelas próprias para cada modelo de evaporador. Na Tabela 4.5 é possível verificar o exemplo da tabela de conversão para os modelos MT da *Centauro*.

Tabela 4.5 - Exemplo de tabela de cálculo do fator de conversão para diferentes temperaturas da câmara e da bateria de frio [56].

RC _m	DT _m [K]							
		10	9	8	7	6	5	4
TC [°C]	+5	1,298	1,168	1,039	0,909	0,781	0,679	0,564
	+2	1,200	1,080	1,000	0,857	0,741	0,638	0,517
	0	1,140	1,026	0,912	0,797	0,682	0,585	0,470
	-2	1,111	1,001	0,909	0,794	0,680	0,582	0,466

O estabelecimento da temperatura pretendida no interior da câmara frigorífica (TC) e do diferencial entre a temperatura do ar no interior da câmara e a temperatura da superfície do evaporador (DTm) permite obter o RCm para os cálculos.

Para as unidades satélite, visto que cada uma apresenta um ciclo frigorífico a operar com regimes de temperatura específicos, foi considerado um gradiente entre a temperatura das câmaras frigoríficas e das baterias de frio de 5 K. De seguida, é necessário obter o fator de conversão para o material das alhetas (FC2) através da Tabela 4.6. Foi sempre considerada a utilização de alhetas de alumínio sendo o valor deste fator de conversão 1,00.

Tabela 4.6 - Fatores de conversão do material das alhetas do evaporador [56].

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
	1,00	0,97	1,03

Finalmente é necessário ter em conta o ajuste dos cálculos quanto ao fluido frigorigéneo utilizado no evaporador. O fator de conversão do fluido frigorigéneo (FC1_{MP}) encontra-se tabelado para alguns fluídos como é apresentado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Fatores de conversão do fluido frigorigéneo utilizado [56].

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	0,94	1,01	0,95	0,99

No entanto, como é possível verificar na Tabela 4.7, não se encontra tabelado o fator de conversão para nenhum dos fluídos utilizados. Foi contactada a empresa Centauro a fim de obter os fatores de conversão para os fluídos utilizados neste trabalho. Uma vez que estes fluídos não possuem fator de conversão universal, foram analisados alguns exemplos de seleção de evaporadores fornecidos pela Centauro. Foi então possível obter valores aproximados dos fatores de conversão para a seleção de evaporadores. Desta forma, na seleção dos evaporadores, foi considerado um fator de conversão de 0,89 para o R410A.

Após obter todos os fatores de conversão necessários, aplica-se a equação 4.1 a fim de corrigir a capacidade original do evaporador e assim assegurar a sua correta seleção. [56]

$$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RC_m \times FC1_{MP} \times FC2 \quad (4.1)$$

Em que:

Q_{0m} – Capacidade corrigida [kW];

Q_{Sm} – Capacidade total [kW];

RC_m – Fator de conversão do regime de temperaturas da câmara e do diferencial entre a bateria de frio e a mesma [-];

$C1_{MP}$ – Fator de conversão do fluido frigorigéneo [-];

$FC2$ – Fator de conversão do material das alhetas [-];

Para obter uma seleção de evaporadores mais aproximada da realidade, no dimensionamento do sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A, foram assumidos os evaporadores selecionados originalmente pela RACE S.A. Desta forma, os modelos de evaporadores de R410A do sistema *Coolbox/Waterloop* considerados para os cálculos encontram-se listados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Seleção de evaporadores Centauro para o sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A.

Número	Designação	Exigência frigorífica [kW]	Modelo de evaporador
4.1.1	Câmara de Congelados	3,74	BWK/E 6A2/37
4.1.2	Câmara de Congelados Padaria	2,56	TAL/E 2317
4.2.1	Câmara da Charcutaria	3,68	MT 4E1/5
4.2.2	Câmara de Lacticínios	4,95	MT 4C2/6
4.2.3	Câmara do Talho	5,34	MT/E 4E2/9
4.2.4	Câmara de Aves	1,68	TA/E 2314
4.2.5	Câmara do Pe963.ixe	3,96	22 ECT/E 30 (V)
4.2.6	Câmara de Bacalh0.0au	3,77	MT 4C1/3 + HR%
4.2.7	Câmara da Padaria	4,51	MT/E 4C3/8
4.3.2	Câmara de Preparação do Talho	1,44	ERK 304/420
4.3.3	Sala do Lixo	1,56	TA 238

4.3.1.2. Tubagem R410A

Para a escolha dos compressores adequados para cada unidade satélite é necessário conhecer a perda de carga existente na tubagem e nos respetivos equipamentos do circuito. Para tal, é necessário o dimensionamento da tubagem que interliga as unidades satélites aos evaporadores alimentados por estas. No anexo C é apresentado o traçado da tubagem, das várias unidades satélite, desenvolvido em *software AutoCAD*.

O dimensionamento dos vários troços de tubagem foi desenvolvido com recurso ao *software Coolselector*, fornecido pela empresa *Danfoss*. O *software* mencionado requer a introdução dos seguintes dados para o correto dimensionamento:

- Linha (líquido, aspiração ou descarga);
- Fluido frigorífero;
- Material da tubagem (Cobre DIN ou ANSI, Aço inoxidável DIN ou ANSI);
- Carga térmica a que o circuito está sujeito [kW];
- Temperatura de evaporação e respetivo sobreaquecimento pretendido [°C];
- Temperatura de condensação e respetivo subarrefecimento pretendido [°C];
- Comprimento da tubagem [m].

Após a introdução dos dados acima enumerados, o *software* permite definir critérios de seleção baseados na velocidade de escoamento pretendida ou na perda de carga máxima admissível. Estes critérios podem assumir valores fornecidos pelo *software* ou ser definidos por valores fornecidos pelo utilizador. No decorrer do dimensionamento foi sempre considerado como critério de seleção a perda de carga máxima admissível recomendada pelo *software*.

Como já referido anteriormente, as unidades satélite contêm vários elementos do circuito frigorífico no seu interior. Como tal, o comprimento da tubagem de ligação entre estes equipamentos é muito reduzido. Desta forma, tendo em conta que apenas as tubagens de aspiração e líquido têm um comprimento considerável, não foi considerada a perda de carga da tubagem de descarga.

Os elementos implementados ao longo da tubagem foram selecionados com base em sistemas semelhantes ou próximos fornecidos pela RACE S.A. e consideradas as suas respetivas perdas de carga. Tanto os equipamentos como a tubagem das unidades satélite são compostos por cobre denominado no *software* por “Tubo de cobre ANSI”.

Para uma troca térmica eficiente é necessário que exista um gradiente térmico entre a serpentina do evaporador e o ar no interior da câmara. Com esta necessidade em mente, foi definido que este gradiente para todos os evaporadores assume o valor de 5 °C. Para garantir o correto funcionamento do sistema *Coolbox/Waterloop*, a RACE S.A. aconselha não só que a água de condensação das unidades satélite opere a 22/26 °C mas também que seja estabelecida a temperatura de condensação em 30 °C.

A Tabela 4.9 contém tanto a informação introduzida no *software* assim como o dimensionamento da tubagem e respetiva perda de carga associada para as unidades satélite do sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A atribuídas na Tabela 4.4.

Tabela 4.9 - Dimensionamento da tubagem das unidades satélite com R410A.

Nº <i>Coolbox</i>	Carga térmica [kW]	Temp. evap [°C]	Temp. cond. [°C]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
				Linha de Líquido	Linha de Aspiração	Linha de Líquido	Linha de Aspiração	
1	6,77	-5,00	30,00	1/2	3/4	0,012	0,043	0,180
2	0,89	-5,00	30,00	1/4	3/4	0,016	0,001	0,066
3	7,12	-2,00	30,00	1/2	3/4	0,007	0,024	0,108
4	3,62	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,014	0,024	0,129
5	7,12	-2,00	30,00	1/2	3/4	0,009	0,025	0,117
6	3,62	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,011	0,024	0,120
7	4,82	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,017	0,030	0,156
8	2,82	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,006	0,011	0,066
9	4,82	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,018	0,032	0,165
10	5,30	-2,00	30,00	3/8	3/4	0,033	0,021	0,177
11	3,68	-3,00	30,00	3/8	3/4	0,007	0,011	0,069
12	7,02	-5,00	30,00	1/2	3/4	0,010	0,037	0,156
13	3,77	-3,00	30,00	3/8	5/8	0,008	0,015	0,084
14	4,51	-3,00	30,00	3/8	5/8	0,007	0,013	0,075
15	3,96	-3,00	30,00	3/8	5/8	0,009	0,016	0,090
16	4,95	-3,00	30,00	3/8	3/4	0,018	0,012	0,105
17	1,44	7,00	30,00	5/16	1/2	0,004	0,005	0,042
18	1,56	7,00	30,00	5/16	1/2	0,006	0,008	0,047
19	0,66	-25,00	30,00	1/4	3/8	0,009	0,047	0,183
20	1,87	-25,00	30,00	5/16	5/8	0,008	0,010	0,069
21	1,87	-25,00	30,00	5/16	5/8	0,001	0,002	0,024
22	1,28	-25,00	30,00	1/4	1/2	0,004	0,004	0,039
23	1,28	-25,00	30,00	1/4	1/2	0,013	0,015	0,099

Verifica-se que as tubagens onde existe maior perda de carga correspondem às unidades satélite 1, 10 e 19. Estes valores elevados correspondem às tubagens que possuem maiores comprimentos ou com subidas e descidas de tubagem mais acentuadas, maior número de curvas, tês e outros equipamentos. Também é possível observar que a tubagens em que existe menor perda de carga corresponde à unidade satélite 21 sendo esta a tubagem com menor comprimento de todas as calculadas.

4.3.1.3. Compressores

Conhecidos os regimes de funcionamento, exigências frigoríficas e perdas de carga da tubagem, foram dimensionados os compressores existentes em cada unidade satélite. A dimensão reduzida das unidades satélite e a sua proximidade ao público consequente da sua presença na área de vendas resulta numa exigência da implementação

de compressores do tipo *Scroll* nas mesmas. Este tipo de compressores possibilita obter não só um funcionamento silencioso, mas também a implementação dos mesmos na horizontal reduzindo a dimensão da unidade satélite [1].

Os compressores a utilizar na instalação foram selecionados com recurso aos *softwares CoolSelector 2* da *Danfoss* e *Bitzer Software 6.6* da *Bitzer*. Para a seleção de compressores no *CoolSelector 2* é necessária a introdução de uma série de parâmetros, a fim de obter a solução ótima disponibilizada pela *Danfoss*, apresentados de seguida:

- Tipo de aplicação – Apenas considerados compressores utilizados em refrigeração;
- Fluido Frigorigéneo;
- Alimentação de energia – Frequência de funcionamento fixa (50 ou 60 Hz) ou com controlo de capacidade;
- Tipo de compressor – Reciprocidade, tecnologia *scroll* e variação de velocidade;
- Carga térmica;
- Evaporação – Utilizada a temperatura de evaporação definida anteriormente para cada unidade satélite e considerado um sobreaquecimento de 5 K;
- Condensação – Utilizada a temperatura de condensação definida anteriormente para cada unidade satélite e considerado um subarrefecimento de 5 K.

Para a seleção no *Bitzer Software 6.6*, os parâmetros introduzidos são muito semelhantes aos referidos anteriormente.

Na Tabela 4.10 encontra-se as exigências apresentadas por cada circuito de refrigeração, os modelos dos compressores implementados em cada unidade satélite e ainda alguns parâmetros de funcionamento dos mesmos. Todas as fichas técnicas dos compressores das unidades satélite encontram-se no anexo D.

Com esta seleção comprova-se a possibilidade da utilização de compressores do tipo *Scroll* nas unidades satélite que funcionam com R410A, viabilizando, como seria previsível, a utilização do fluido frigorigéneo neste sistema.

Tabela 4.10 - Escolha dos compressores das unidades satélite com R410A.

Nº coolbox	Carga térmica [kW]	Temp. evap. [°C]	Temp. cond. [°C]	Perda de carga total [bar]	Modelo do compressor	Potência frigorífica máxima do compressor [kW]	EER
1	6,77	-5,00	30,00	0,180	VRJ028-K	7,31	3,98
2	0,89	-5,00	30,00	0,066	VRJ028-K	1,63	3,39
3	7,12	-2,00	30,00	0,108	VRJ028-K	7,48	4,57
4	3,62	-2,00	30,00	0,129	VRJ028-K	3,9	4,67
5	7,12	-2,00	30,00	0,117	VRJ028-K	7,48	4,57
6	3,62	-2,00	30,00	0,120	VRJ028-K	3,9	4,67
7	4,82	-2,00	30,00	0,156	VRJ028-K	5,33	4,61
8	2,82	-2,00	30,00	0,066	VRJ028-K	3,2	4,53
9	4,82	-2,00	30,00	0,165	VRJ028-K	5,33	4,61
10	5,30	-2,00	30,00	0,177	VRJ028-K	5,33	4,61
11	3,68	-3,00	30,00	0,069	VRJ028-K	3,74	4,42
12	7,02	-5,00	30,00	0,156	VRJ035-K	7,31	3,98
13	3,77	-3,00	30,00	0,084	VRJ028-K	4,43	4,4
14	4,51	-3,00	30,00	0,075	VRJ028-K	5,12	4,39
15	3,96	-3,00	30,00	0,090	VRJ028-K	4,43	4,4
16	4,95	-3,00	30,00	0,105	VRJ028-K	5,12	4,39
17	1,44	7,00	30,00	0,042	VRJ028-K	2,68	6,74
18	1,56	7,00	30,00	0,047	VRJ028-K	2,68	6,74
19	0,66	-25,00	30,00	0,183	VRJ028-K	0,98	1,12
20	1,87	-25,00	30,00	0,069	VRJ028-K	1,97	1,3
21	1,87	-25,00	30,00	0,024	VRJ028-K	1,97	1,3
22	1,28	-25,00	30,00	0,039	VRJ028-K	1,49	1,26
23	1,28	-25,00	30,00	0,099	VRJ028-K	1,49	1,26

A grande maioria dos compressores selecionados para os sistemas com R410A correspondem ao mesmo modelo. Esta situação deve-se à utilização de controlo de capacidade nos mesmos, resultando em capacidades frigoríficas máximas diferentes em modelos semelhantes.

4.3.1.4. Tubagem Água

Para o dimensionamento da tubagem do circuito de ida e retorno é necessário, inicialmente, definir o caudal de água a circular em cada unidade satélite a fim de absorver o calor rejeitado pelos condensadores (permutadores de calor). Para tal, é fundamental conhecer a quantidade de calor rejeitado pelo condensador em cada unidade satélite. Este valor é dado pelo fornecedor e é possível ser consultado nas fichas técnicas dos compressores selecionados no anexo D.

Para o cálculo do caudal de água necessário em cada unidade satélite é aplicada a equação 4.2,

$$\dot{q} = \frac{CTR}{(h_{Saida} - h_{Entrada})} \times v \times 3600 \quad (4.2)$$

Em que:

CTR - Calor total rejeitado pelo circuito da unidade satélite para a água [kW];

\dot{q}_{US} - Caudal volúmico de água necessário para a absorção do calor rejeitado pela unidade satélite [L/h];

h – Entalpia específica [kJ/kg];

v – Volume específico da água [dm³/kg].

O valor da entalpia específica da água saturada no estado líquido a 26 °C e 22 °C é, respetivamente, 109,06 kJ/kg e 92,32 kJ/kg segundo iterações efetuadas. Foi ainda obtido o valor do volume específico da água no estado de líquido saturado, para as mesmas temperaturas, que pode ser arredondado para 1,003 dm³/kg [7].

Na Tabela 4.11 encontram-se os caudais volúmicos de água de arrefecimento calculados, segundo a equação 4.2, para as várias unidades satélite da instalação.

Tabela 4.11 - Calor Total Rejeitado e Caudal Volúmico de Água calculado para o arrefecimento das unidades satélite com R410A.

Nº Coolbox	Calor Total Rejeitado [kW]	Caudal Volúmico de Água [L/h]	Nº Coolbox	Calor Total Rejeitado [kW]	Caudal Volúmico de Água [L/h]
1	9,14	1971,9	13	5,44	1172,8
2	2,11	455,8	14	6,29	1356,7
3	9,12	1966,1	15	5,44	1172,8
4	4,74	1021,3	16	6,29	1356,7
5	9,12	1966,1	17	3,08	663,7
6	4,74	1021,3	18	3,08	663,7
7	6,49	1399,2	19	1,85	399,5
8	3,93	847,9	20	3,48	751,3
9	6,49	1399,2	21	3,48	751,3
10	6,49	1399,2	22	2,67	575,5
11	4,58	988,8	23	2,67	575,5
12	9,14	1971,9	Total	119,86	25847,9

Conhecidos os caudais volúmicos de água necessário em cada unidade satélite, é definido o traçado de tubagem de água desde a zona técnica até às unidades. O traçado implementado, apresentado no anexo B, pretende representar uma instalação otimizada

no que toca a perdas de carga ao longo da mesma. Através do traçado implementado são retiradas as medidas das várias secções da tubagem a fim de dimensionar as mesmas e obter a perda de carga a vencer pela central de bombagem. Para o dimensionamento e cálculo das perdas de carga nas várias secções da tubagem foi adaptada uma tabela de dimensionamento de tubagem disponibilizada na Unidade Curricular de Instalações Técnicas Especiais do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. A mesma encontra-se apresentada no anexo E.

Inicialmente é definido o material da tubagem com a finalidade de não só seleccionar os diâmetros de tubagem no dimensionamento, mas também obter um coeficiente de rugosidade para os cálculos futuros. Para este efeito é considerado que toda a tubagem é composta por tubos e equipamentos de aço inoxidável com um coeficiente de rugosidade de 150 [7].

A fim de garantir o correto funcionamento da instalação, é aconselhável que a velocidade da água se mantenha entre 0,5 e 2 m/s ao longo de toda a tubagem. Para o cálculo da velocidade da água no interior da tubagem, equivalente ao diâmetro de tubagem seleccionado, são utilizadas as equações 4.3 e 4.4 [55].

$$A = \frac{\pi \times D_i^2}{4} \quad (4.3)$$

$$v = \frac{\dot{q}}{A} \quad (4.4)$$

Em que:

A – Secção de passagem da tubagem [m²];

D_i – Diâmetro interno da tubagem [m];

v – Velocidade da água no interior da tubagem [m/s];

\dot{q} – Caudal volúmico de água na tubagem [m³/s].

Para o cálculo da perda de carga linear (PCL) em cada troço da tubagem é utilizado o método de Hazen-Williams descrito na equação 4.5. Este método foi utilizado em alternativa aos métodos de Darcy-Weisbach e de Colebrook uma vez que a tabela utilizada, apresentada no anexo E, já se encontrava automatizada para o mesmo. É ainda obtido o valor de perda total linear através da equação 4.6 [7].

$$PCL = 6,819 \times \left(\frac{v}{C}\right)^{1,852} \times \left(\frac{1}{D_i}\right)^{1,167} \times \rho \times g \quad (4.5)$$

$$PCTT = PCL \times L \quad (4.6)$$

Em que:

PCL – Perda de carga linear [Pa/m];

C – Coeficiente de rugosidade do material;

ρ – Massa específica da água a 25 °C [kg/dm³] [7];

g – Aceleração da gravidade [m/s²];

$PCTT$ – Perda de carga total na tubagem [kPa];

L – Comprimento da tubagem [m].

Para o cálculo das perdas de carga em curvas, são utilizadas as equações 4.7 e 4.8 [7]. A equação 4.8 é também utilizada para o cálculo da perda de carga em tês (PCT).

$$Pd = \frac{\rho \times v^2}{1000} \quad (4.7)$$

$$PCC = Pd \times K \times Q \quad (4.8)$$

Em que:

Pd – Pressão dinâmica [kPa];

PCC – Perda de carga em curvas [kPa];

K – Coeficiente de perda de carga da curva segundo a dimensão da tubagem [-];

Q – Quantidade de curvas na secção da tubagem [curvas].

A obtenção da perda de carga em equipamentos depende de valores facultados pelo fabricante. Estes equipamentos foram seleccionados e obtidas as perdas de carga dos mesmos com o apoio da RACE S.A.

A perda de carga total de cada secção de tubagem resulta do somatório das perdas de carga em linha, curvas, tês e equipamentos como demonstrado na equação 4.9.

$$PCTS = PCL + PCC + PCT + PCE \quad (4.9)$$

Em que:

$PCTS$ – Perda de carga total na secção [kPa];

$PCTT$ – Perda de carga total na tubagem [kPa];

PCC – Perda de carga em curvas [kPa];

PCT – Perda de carga em tês [kPa];

PCE – Perda de carga em equipamentos [kPa].

Ao obter a perda de carga total em cada seção da tubagem, com o objetivo de não sobredimensionar o conjunto de bombagem a instalar, é definida a linha crítica. Esta corresponde ao conjunto de secções de tubagem, de alimentação direta de uma unidade satélite, com a maior perda de carga total de toda a instalação. Tendo em conta que é sobre este valor que o conjunto de bombagem será dimensionado, é ainda considerado um coeficiente de segurança de 1,25 a fim de garantir o correto funcionamento da instalação uma vez que este já se encontra definido na tabela do anexo E. É possível verificar, na disposição de tubagem no anexo B e na tabela de dimensionamento da tubagem de água no anexo E, que, para a disposição de tubagem desenvolvida, a linha crítica corresponde à tubagem de alimentação da unidade satélite 5 com um valor de perda de carga total de 120,12 kPa.

4.3.1.5. Arrefecedor de água

Como mencionado anteriormente, o regime de temperaturas de operação do sistema de condensação das unidades satélite exige a implementação de um arrefecedor evaporativo para rejeição de calor para o exterior. Este arrefecedor evaporativo deverá conseguir ter capacidade suficiente para rejeitar a soma do calor rejeitado por cada unidade satélite. O calor rejeitado por cada unidade satélite pode ser consultado nas fichas técnicas dos compressores no anexo D.

Tendo em conta a exigência de rejeição de calor da instalação, foi selecionado o arrefecedor de modelo LRC-128 do fornecedor *EVAPCO*. O catálogo de onde foi selecionado encontra-se para consulta no anexo F e a Tabela 4.12 apresenta a comparação entre as exigências de capacidade do arrefecedor do sistema e a capacidade do arrefecedor selecionado.

Tabela 4.12 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos arrefecedores selecionados para o sistema Coolbox/Waterloop com R410A.

Exigências calculadas	119,8 kW
Capacidade do arrefecedor	128 kW

Como é possível verificar na Tabela 4.12, o arrefecedor evaporativo selecionado garante a rejeição total do calor do sistema.

4.3.1.6. Bombas

Conhecida a perda de carga a vencer na tubagem de água, foram selecionadas duas bombas do modelo CME10-1 A-R-A-E-AVBE da *Grundfos*. É necessário que a central de bombagem possua a capacidade de bombear o caudal mássico de água calculado e vencer as perdas de carga obtidas. A ficha técnica encontra-se no anexo G para consulta e a Tabela 4.13 apresenta a comparação entre as características nominais das bombas e os valores calculados no subcapítulo 4.2.1.4.

Tabela 4.13 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade das bombas selecionadas para o sistema Coolbox/Waterloop com R410A.

	Caudal Volúmico [l/h]	Perda de Pressão [kPa]
Exigências calculadas	25848,2	120,12
Valores da central de bombagem	30940	120,9

4.3.2. R290

Embora com a utilização do fluido frigorigéneo R290 seja possível garantir o funcionamento do sistema com compressores do tipo *Scroll* e às temperaturas exigidas, a utilização deste hidrocarboneto na solução *Coolbox/Waterloop* verificou-se desapropriada.

Foi desenvolvido o dimensionamento das tubagens e dos compressores das unidades satélite, seguindo um método semelhante ao apresentado nos subcapítulos 4.2.1.2 e 4.2.1.3. Os resultados deste dimensionamento encontram-se apresentados no anexo H.

Os compressores que operam a R290 apresentam uma capacidade reduzida, consequência do perigo de combustão, sendo limitada a presença do fluido em altas quantidades. Como tal, para garantir que as exigências térmicas dos circuitos são correspondidas, na maioria dos circuitos é necessária a implementação de mais do que um compressor. Esta necessidade origina problemas relativamente à carga do hidrocarboneto próximo do cliente, aumento das consequências de uma eventual fuga e/ou explosão e ainda a incompatibilidade dimensional entre os compressores e o invólucro da unidade satélite.

Com este problema em mente, não é possível considerar o R290 como um fluido frigorígeno apto para funcionar nesta instalação sob estas condições. No entanto, este fluido natural é utilizado habitualmente em circuitos de refrigeração de expositores de menor dimensão chamados “autónomos”. Estes equipamentos são fornecidos com a vantagem de apenas ser necessária a conexão à alimentação elétrica de forma semelhante à fornecida nos frigoríficos domésticos.

4.3.3. R717

A utilização de R717, ou amoníaco, nas unidades satélite é uma opção inconcebível pela natureza das incompatibilidades existentes entre as exigências de uma unidade satélite e as consequências da utilização deste fluido.

A proximidade das unidades satélite ao cliente e a natureza tóxica do R717, que não permite que o mesmo seja utilizado na proximidade do público, resulta numa limitação quanto à utilização de R717 nas unidades satélite. Num sistema centralizado poderia ser utilizado um fluido secundário, como uma solução aquosa com propileno glicol, para garantir a permanência do R717 apenas na zona técnica. No entanto na solução *Coolbox/Waterloop* não é possível implementar este tipo de instalação visto que o circuito principal de refrigeração se encontra também fora da zona técnica. Adicionalmente, o fluido frigorígeno R717 é utilizado apenas em compressores de tipo aberto não sendo possível a sua implementação em compressores do tipo *Scroll*.

4.3.4. R744

O dimensionamento da solução *Coolbox/Waterloop* com R744, também denominado Dióxido de Carbono, como fluido frigorígeno para esta instalação revelou uma série de incompatibilidades que resultam na impossibilidade da aplicação deste fluido frigorígeno para a solução *Coolbox/Waterloop*.

A principal incompatibilidade surge relativamente às temperaturas de condensação pretendidas. O R744, para além de pressões de funcionamento muito altas, apresenta um ponto crítico muito baixo, a cerca de 31 °C. Os compressores, independentemente do tipo, com funcionamento subcrítico não conseguem garantir a

operação com temperaturas de condensação superiores a 15/20 °C. Dada a impossibilidade da utilização de compressores subcríticos, foi considerada a utilização de compressores transcíticos a operar em regime subcrítico. Este tipo de compressores garante o funcionamento a temperaturas muito superiores à do ponto crítico, embora implique a utilização de equipamento mais dispendioso [7]. A utilização de compressores transcíticos resulta no surgimento de outra incompatibilidade dada a inexistência dos mesmos em configuração *Scroll*. Hoje em dia é possível encontrar no mercado, embora ainda não se encontrem amplamente distribuídos, modelos de compressores de R744 do tipo *Scroll*. No entanto, este tipo de compressores apresenta o mesmo problema mencionado anteriormente relativamente à temperatura de condensação e, como foi estabelecida a utilização de compressores capazes de operar em regimes transcíticos para garantir o funcionamento das unidades satélite, não é possível implementar compressores do tipo *Scroll* que funcionem com este regime. Desta forma, será necessária a seleção de compressores alternativos com emissões sonoras muito superiores ao que será aceitável na área de vendas, dimensões que tornariam impossível a sua aplicação dentro da estrutura da unidade satélite e consideravelmente sobredimensionados para as exigências das mesmas.

A última incompatibilidade surge nas temperaturas de evaporação praticadas nos circuitos de congelação. Para uma eficaz troca térmica entre o ar da câmara a refrigerar e o fluido frigorigéneo a circular no evaporador, é necessária a existência de um gradiente térmico entre os mesmos. Os limites de temperaturas de evaporação mínimas nos compressores de R744 tendem a ser muito reduzidos para sistemas com temperaturas de condensação inferiores a 5 °C. No entanto, considerando a utilização de temperaturas de condensação de 30 °C, estes apenas garantem temperaturas de evaporação na ordem dos -20 °C. Embora esta limitação não se revele um problema para os circuitos de refrigerados, não garante o funcionamento dos circuitos de congelados às temperaturas exigidas. Para garantir o correto funcionamento dos evaporadores, será então necessário o estabelecimento de temperaturas de evaporação inferiores a -20 °C. Como os compressores não conseguem garantir o funcionamento neste regime de temperaturas, esta torna-se uma incompatibilidade na utilização de R744 nos circuitos desta instalação.

4.4. Solução Centralizada

Para posterior comparação com a solução *Coolbox/Waterloop* anteriormente considerada, encontra-se de seguida o dimensionamento parcial de sistemas de refrigeração comercial baseados numa solução centralizada. Esta solução compreende sistemas centralizados, em que os equipamentos consumidores de energia elétrica e produtores de grandes níveis de ruído se encontram nas zonas técnicas, com tubagem a alimentar os evaporadores das câmaras e expositores frigoríficos desde a zona técnica. Será inicialmente desenvolvido um sistema centralizado com R410A a fim de verificar as vantagens da utilização da solução *Coolbox/Waterloop* neste supermercado. De seguida, para analisar as vantagens da utilização de fluidos naturais comparativamente ao R410A, foram dimensionados sistemas de refrigeração com a solução centralizada com aplicação dos fluidos frigorigéneos R290, R717 e R744.

Para melhor comparabilidade entre sistemas, cada sistema desenvolvido divide-se em circuito de refrigerados e circuito de congelados. É pretendido que o fluido frigorigéneo à entrada dos evaporadores do circuito de congelados se encontre a uma temperatura de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e que o mesmo no circuito de refrigerados se encontre a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Desta forma é possível garantir que, em todos os evaporadores, exista pelo menos um gradiente térmico de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ relativamente à temperatura da câmara ou do expositor. Novamente para garantir uma melhor comparabilidade entre soluções e assemelhando-se às condições estipuladas para a solução *Coolbox/Waterloop*, é pretendido que a condensação ocorra aos $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ com recurso a um condensador evaporativo.

4.4.1. R410A

A fim de tentar obter um sistema semelhante ao desenvolvido na solução *Coolbox/Waterloop*, o sistema centralizado com R410A é composto por dois circuitos separados, um de congelados e um de refrigerados, em que cada um apenas possui um andar de compressão. Cada um dos circuitos possui um condensador evaporativo dedicado situado no exterior do edifício. As centrais de frio de cada circuito encontram-se na zona técnica da loja, apresentada no anexo A.

4.4.1.1. Evaporadores

Para a seleção de evaporadores do sistema centralizado com R410A foi utilizado o método de cálculo apresentado no subcapítulo 4.2.1.1. É necessário ter em conta que as temperaturas de evaporação dos circuitos de congelados e refrigerados são as mesmas para todas as câmaras dos mesmos e, portanto, o DT_m é variável para cada caso. Quando ao fator de correção do fluido frigorífero (FC_{1MP}), foi utilizado o valor de 0,89 como mencionado anteriormente. Na Tabela 4.14 é apresentada a seleção de evaporadores para cada uma das câmaras frigoríficas do sistema centralizado com R410A. O catálogo utilizado na seleção dos evaporadores encontra-se disponível para consulta no anexo I.

Tabela 4.14 - Seleção de evaporadores do sistema centralizado com R410A.

Número	Designação	Exigência frigorífica [kW]	Modelo de evaporador
4.1.1	Câmara de Congelados	3,74	BWK/E 6A3/47
4.1.2	Câmara de Congelados Padaria	2,56	BWK/E 6 ^a 2/32
4.2.1	Câmara da Charcutaria	3,68	MT 4E1/5
4.2.2	Câmara de Lacticínios	4,95	MT 4C3/8
4.2.3	Câmara do Talho	5,34	MT/E 4C3/10
4.2.4	Câmara de Aves	1,68	TA/E 2316
4.2.5	Câmara do Peixe	3,96	22 ECT/E 30 (V)
4.2.6	Câmara de Bacalhau	3,77	MT 4C2/6 + HR%
4.2.7	Câmara da Padaria	4,51	MT/E 4C2/6
4.3.2	Câmara de Preparação do Talho	1,44	ERK 304/413
4.3.3	Sala do Lixo	1,56	ERK 304/413

4.4.1.2. Tubagem

A fim de proceder à escolha dos compressores adequados ao funcionamento do sistema, é necessário o dimensionamento e cálculo das perdas de carga na tubagem. Para efetuar este cálculo foi considerado o traçado de tubagem apresentado no anexo J desenvolvido em *software AutoCAD*. Foi ainda tido em conta a implementação de elementos ao longo da tubagem segundo exemplos de sistemas próximos, fornecidos pela RACE S.A., e consideradas as respetivas perdas de carga dos mesmos.

Seguindo uma metodologia semelhante à apresentada no subcapítulo 4.2.1.2, o dimensionamento da tubagem foi desenvolvido recorrendo ao *software Coolselector* fornecido pela empresa *Danfoss*. No anexo L encontram-se apresentados tanto os valores

de dimensão da tubagem de refrigerados e perda de carga na mesma obtidos a partir do *software*, como também o valor de perda de carga total existente em cada secção de tubagem para o R410A.

Tendo em conta os valores apresentados no anexo L e a disposição de tubagem apresentada no anexo J, conclui-se que o caminho crítico do circuito de refrigerados do sistema com R410A corresponde à tubagem de alimentação do expositor 3.2.9 B com uma perda de carga total de 3,154 bar.

Na Tabela 4.15 encontram-se apresentados tanto os valores de dimensão da tubagem de congelados e respetiva perda de carga obtidos a partir do *software*, como também o valor de perda de carga total existente em cada secção de tubagem para o R410A.

Tabela 4.15 - Dimensionamento da tubagem do circuito de congelados com R410A.

Nº Troço	Carga térmica [kW]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
		Linha de Líquido	Linha de Aspiração	Linha de Líquido	Linha de Aspiração	
1	6,96	5/16	3/4	0,073	0,031	0,327
2	6,3	1/4	1/2	0,071	0,074	0,450
3	1,28	1/4	5/16	0,002	0,033	0,120
4	5,02	1/4	1/2	0,019	0,019	0,129
5	1,87	1/4	5/16	0,002	0,025	0,096
6	3,15	1/4	3/8	0,010	0,050	0,195
7	1,28	1/4	5/16	0,002	0,033	0,120
8	1,87	1/4	3/8	0,015	0,076	0,288
9	0,66	1/4	1/2	0,036	0,033	0,222

Tendo em conta os valores apresentados na Tabela 4.15 e a disposição de tubagem apresentada no anexo J, conclui-se que o caminho crítico do circuito de congelados do sistema com R410A corresponde à tubagem de alimentação do segundo evaporador da Câmara de congelados com uma perda de carga total de 1,389 bar.

4.4.1.3. Compressores

Estabelecido o regime de funcionamento do sistema, exigências frigoríficas e perdas de carga da tubagem, foram dimensionados os compressores a instalar. Para otimizar energeticamente o funcionamento dos compressores, considerou-se a instalação de patamares de capacidade. Desta forma, ao instalar-se vários compressores em paralelo é possível que estes apenas entrem em funcionamento quando a exigência frigorífica

assim o exigir. Adicionalmente é implementado num dos compressores um variador de frequência que garante uma resposta de potência mais adequada às exigências variáveis do sistema.

Os compressores a utilizar na instalação foram selecionados segundo o método apresentado no dimensionamento de compressores para as unidades satélite com R410A, no subcapítulo 4.2.1.3.

Para garantir que o sistema opera corretamente, os compressores a selecionar devem garantir que conseguem vencer a perda de carga no sistema, assim como funcionar nos andares de pressão de evaporação e condensação enquanto possuem capacidade frigorífica necessária para o sistema nestas condições. Para o circuito de refrigerados foi considerada a instalação de quatro compressores em paralelo da marca *Bitzer* e modelo 4DDC-7Y-40S. Para o circuito de congelados selecionou-se dois compressores também instalados em paralelo da marca *Bitzer* e modelo 4FDC-5Y-40S. A informação técnica dos compressores selecionados encontra-se apresentada no anexo M. A Tabela 4.16 apresenta a comparação entre as exigências dos circuitos dimensionados e a capacidade dos compressores selecionados.

Tabela 4.16 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos compressores selecionados para o sistema centralizado com R410A.

	Refrigerados	Congelados
Exigências calculadas [kW]	77,79	6,96
Capacidade dos compressores [kW]	79,80	11,22

Como é possível verificar na tabela 4.16, os compressores de ambos os circuitos capacidade frigorífica suficiente para as exigências do sistema.

4.4.1.4. Condensadores

Como referido anteriormente, para garantir uma maior comparabilidade entre soluções, foi considerada a instalação de condensadores evaporativos na presente instalação. Como é pretendido que os circuitos de congelados e refrigerados sejam independentes, é selecionado um condensador evaporativo para cada. É necessário que estes garantam a rejeição do calor de cada circuito que pode ser verificado nas fichas técnicas dos compressores no anexo M.

Foi selecionado o modelo LRC 101 e LRC 25 do fornecedor *EVAPCO* para o circuito de refrigerados e congelados, respectivamente. O catálogo utilizado para a seleção dos mesmos encontra-se para consulta no anexo F e a Tabela 4.17 apresenta a comparação entre as exigências de capacidade dos condensadores do sistema e a capacidade dos condensadores selecionados.

Tabela 4.17 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos condensadores selecionados para o sistema centralizado com R410A.

	Refrigerados	Congelados
Exigências calculadas [kW]	99,2	16,3
Capacidade dos condensadores [kW]	101	25

Como é possível verificar na Tabela 4.17, os condensadores evaporativos selecionados garantem a rejeição total do calor do sistema.

4.4.2. R290

Como mencionado anteriormente, o R290 é um fluido natural altamente combustível e a sua presença em elevadas quantidades tem como consequência um risco acrescido para o público e local próximo do mesmo. Como tal, os compressores que operam com R290 são tendencialmente do tipo *Scroll* e apresentam capacidades de refrigeração muito reduzidas. Na análise da utilização deste fluido nas unidades satélite verificou-se que praticamente todas as unidades teriam de possuir dois ou mais compressores a fim de garantir resposta às exigências frigoríficas de cada expositor/câmara frigorífica. Num sistema centralizado, como o analisado neste caso, este problema agrava-se dado que é pretendido que os compressores tenham a capacidade total superior à exigência frigorífica dos vários elementos a refrigerar. Como tal, a única solução seria instalar um número exorbitante de compressores em paralelo na zona técnica a fim de dar resposta às exigências frigoríficas da instalação. Não só esta não é uma solução viável como a quantidade de hidrocarboneto presente na tubagem representaria um risco extremo de explosão na instalação. Dado isto, não é possível considerar o R290 numa instalação centralizada com esta dimensão.

4.4.3. R717

Foi desenvolvido um sistema a operar com R717 composto por um circuito de refrigerados e outro de congelados. Tal como mencionado anteriormente, o amoníaco é um fluido extremamente tóxico, o que obriga à sua permanência apenas na zona técnica. Desta forma a solução que permite a aplicação deste fluido sem consequências graves para a saúde do público é a incorporação de um circuito secundário, com um líquido não nocivo, bombeado e capaz de não solidificar com as temperaturas praticadas, principalmente no circuito de congelados. Como as tubagens de alimentação e saída dos evaporadores funcionam com temperaturas de $-25/-20$ °C no circuito de congelados e de $-5/0$ °C no circuito de refrigerados, não é possível considerar a utilização de água pura dado o congelamento garantido da mesma. Como solução foi considerada a utilização de uma solução aquosa de propileno glicol, com uma concentração de 50% no circuito de congelação e 20% no circuito de refrigeração a fim de garantir um ponto de congelação inferior à temperatura praticada no respetivo circuito.

Dado que são pretendidas temperaturas nos evaporadores semelhantes às praticadas nos outros sistemas dimensionados, é necessário que as temperaturas atingidas pelo R717 no permutador sejam de pelo menos 5 °C inferiores à temperatura da solução aquosa a arrefecer. Tendo esta solução em conta, definiu-se que a temperatura do R717 à entrada do permutador seja -30 °C para o circuito de congelação e de -10 °C para o circuito de refrigeração.

4.4.3.1. Evaporadores

Para a seleção de evaporadores do sistema centralizado com R717 foi utilizado o método de cálculo apresentado no capítulo 4.2.1.1. É necessário ter em conta que o fluido utilizado para absorver o calor das câmaras frigoríficas é o monopropileno glicol e, por isso, ter em conta o FC_{1MP} do mesmo. Este valor foi obtido através de exemplos de seleção de evaporadores fornecidos pela *Centauro* e foi determinado que o mesmo é 0,58. Na Tabela 4.18 é apresentada a seleção de evaporadores para cada uma das câmaras frigoríficas do sistema centralizado com R717. O catálogo utilizado na seleção dos evaporadores encontra-se disponível para consulta no anexo I.

Tabela 4.18 - Seleção de evaporadores do sistema centralizado com R717.

Número	Designação	Exigência frigorífica [kW]	Modelo de evaporador
4.1.1	Câmara de Congelados	3,74	CBL/E 7B3/7
4.1.2	Câmara de Congelados Padaria	2,56	BWK/E 6A3/47
4.2.1	Câmara da Charcutaria	3,68	MT 4C3/8
4.2.2	Câmara de Lacticínios	4,95	MT 4C3/10
4.2.3	Câmara do Talho	5,34	MT/E 4E4/18
4.2.4	Câmara de Aves	1,68	RWK/E 4A2/53
4.2.5	Câmara do Peixe	3,96	22 ECT/E 30 (V)
4.2.6	Câmara de Bacalhau	3,77	MT 4C3/8 + HR%
4.2.7	Câmara da Padaria	4,51	MT/E 4E2/10
4.3.2	Câmara de Preparação do Talho	1,44	ERK 304/413
4.3.3	Sala do Lixo	1,56	ERK 304/420

4.4.3.2. Tubagem dos circuitos secundários

No dimensionamento da tubagem de cada circuito é necessário, inicialmente, definir o caudal de solução aquosa com propileno glicol necessário nos evaporadores de cada expositor/câmara frigorífica. O valor de calor a absorver pelo fluido corresponde à exigência frigorífica de cada expositor/câmara frigorífica. Estes valores podem ser consultados nas Tabelas 4.2 e 4.3.

Para o cálculo do caudal de água necessário em cada evaporador é aplicada a equação 4.10,

$$\dot{q} = \frac{EF}{C_v \times (T_{Saída} - T_{Entrada})} \times v \times 3600 \quad (4.10)$$

Em que:

\dot{q} - Caudal volúmico de água necessário para o arrefecimento no evaporador [L/h];

EF – Exigência frigorífica de cada evaporador [kW];

C_v – Calor específico da mistura água com propileno glicol [kJ/(kg·K)];

T – Temperatura [°C];

v – Volume específico da mistura água com propileno glicol [dm³/kg].

Para o calor e volume específicos foram considerados os valores de 3,812 kJ/(kg·K) e 0,967 dm³/kg, respetivamente, para o circuito de refrigerados e de

3,473 kJ/(kg·K) e 0,952 dm³/kg, respetivamente, para o circuito de congelados obtidos através de tabelas da *ASHRAE*. Foi ainda considerado um gradiente de temperatura da mistura entre a entrada e saída dos evaporadores de 5 °C [7].

Nas Tabelas 4.19 e 4.20 encontram-se os caudais volúmicos de água de arrefecimento calculados em ambos os circuitos, segundo a equação 4.10, para os vários evaporadores da instalação.

Tabela 4.19 - Caudal de solução aquosa de propileno glicol em cada evaporador do circuito de refrigerados do sistema centralizado com R717.

Nº	Carga térmica [kW]	Caudal [L/h]	Nº	Carga térmica [kW]	Caudal [L/h]
3.2.1	1,69	308,66	3.2.7 B	1,21	220,99
3.2.2	0,89	162,55	3.2.8 A	2,41	440,17
3.2.3 A	3,56	650,21	3.2.8 B	2,41	440,17
3.2.3 B	3,56	650,21	3.2.9 A	2,65	484,00
3.2.3 C	1,81	330,58	3.2.9 B	2,65	484,00
3.2.3 D	1,81	330,58	4.2.1	3,68	672,13
3.2.4 A	3,56	650,21	4.2.2	4,95	904,09
3.2.4 B	3,56	650,21	4.2.3	5,34	975,32
3.2.4 C	1,81	330,58	4.2.4	1,68	306,84
3.2.4 D	1,81	330,58	4.2.5	3,96	723,27
3.2.5 A	2,54	463,91	4.2.6	3,77	688,57
3.2.5 B	2,54	463,91	4.2.7	4,51	823,73
3.2.6 A	2,41	440,17	4.3.2	1,44	263,01
3.2.6 B	2,41	440,17	4.3.3	1,56	284,93
3.2.7 A	1,61	294,05	Total	77,79	14207,90

Tabela 4.20 - Caudal de solução aquosa de propileno glicol em cada evaporador do circuito de congelados do sistema centralizado com R717.

Nº	Carga térmica [kW]	Caudal [L/h]	Nº	Carga térmica [kW]	Caudal [L/h]
3.1.1	0,66	130,26	4.1.2 A	1,28	252,62
4.1.1 A	1,87	369,07	4.1.2 B	1,28	252,62
4.1.1 B	1,87	369,07	Total	6,96	1373,64

Foi utilizada uma metodologia semelhante à apresentada no dimensionamento da tubagem de água da solução *Coolbox/Waterloop*, no subcapítulo 4.2.1.4. A partir da implementação de tubagem apresentada no anexo J, para o dimensionamento e cálculo das perdas de carga nas várias secções da tubagem da solução aquosa com propileno glicol foi adaptada uma tabela de dimensionamento de tubagem disponibilizada na U.C. de Instalações Técnicas Especiais, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, apresentada nos anexos N e O.

Concluído o dimensionamento de cada secção de tubagem, é possível verificar que, para a disposição considerada, a linha crítica do circuito de refrigerados corresponde à tubagem de alimentação do evaporador da câmara 4.2.6. “Câmara de Bacalhau” com um valor de perda de carga total de 96,03 kPa. Adicionalmente, a linha crítica do circuito de congelados corresponde à tubagem de alimentação do expositor 3.1.1. “Ilha de Peixe Congelado” com um valor de perda de carga total de 32,16 kPa.

4.4.3.3. Bombas

Para garantir uma otimização energética do funcionamento das bombas foi considerada a implementação de duas bombas na central de bombagem de cada um dos circuitos. Desta forma é possível adaptar de uma maneira mais eficaz o funcionamento das mesmas consoante as exigências de refrigeração das câmaras/expositores.

Conhecida a perda de carga a vencer na tubagem dos circuitos de mistura de água com propileno glicol, foram selecionadas duas bombas CM10-2 A-R-A-E-AQQE da *Grundfos* para o circuito de refrigerados e duas bombas TP 25-90/2 A-O-A-BQQE da *Grundfos* para o circuito de congelados. As fichas técnicas das mesmas encontram-se no anexo P para consulta e as Tabelas 4.21 e 4.22 apresentam a comparação entre as características nominais das bombas selecionadas e as exigências calculadas ao longo do dimensionamento da tubagem.

Tabela 4.21 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade das bombas selecionadas para o circuito de refrigerados da solução centralizado com R717.

	Caudal Volúmico [l/h]	Perda de Pressão [kPa]
Exigências calculadas	14207,9	96,03
Valores da central de bombagem	14210	101,2

Tabela 4.22 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade das bombas selecionadas para o circuito de congelados da solução centralizado com R717.

	Caudal Volúmico [l/h]	Perda de Pressão [kPa]
Exigências calculadas	1373,64	32,16
Valores da central de bombagem	1374	35,86

4.4.3.4. Tubagem dos circuitos primários

Dimensionados os circuitos que solucionam a impossibilidade do R717 coexistir no mesmo espaço que o público, é possível dimensionar a tubagem de R717 de cada um dos circuitos do sistema. Esta parte de cada circuito tem apenas os objetivos de arrefecer a mistura de água e propileno glicol e rejeitar calor para o exterior permanecendo apenas na zona técnica e no exterior.

Para efetuar este dimensionamento foi considerado o traçado de tubagem apresentado no anexo J desenvolvido em *software AutoCAD*. Foi ainda tida em conta a implementação de equipamentos ao longo da tubagem segundo exemplos de sistemas próximos, fornecidos pela RACE S.A., e consideradas as respetivas perdas de carga. Seguindo uma metodologia semelhante à apresentada no dimensionamento da tubagem do sistema centralizado com R410A, o presente cálculo foi desenvolvido recorrendo ao *software Coolselector* fornecido pela empresa *Danfoss*.

Dada a proximidade entre os compressores de R717 e o permutador de calor que processa a troca entre o R717 e solução aquosa com propileno glicol, só foi considerada a perda de carga na tubagem dos troços compressores/condensador e condensador/permutador deste circuito. Foi ainda considerada a utilização de aço inoxidável em toda a extensão de tubagem dada a incompatibilidade entre o cobre e o R717. Os valores obtidos no dimensionamento da tubagem são apresentados na Tabela 4.23.

Tabela 4.23 - Dimensionamento da tubagem dos circuitos primários do sistema centralizado com R717.

Circuito	Carga térmica [kW]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
		Linha de Líquido	Linha de Descarga	Linha de Líquido	Linha de Descarga	
Refrigerados	77,79	3/8	1 1/4	0,123	0,051	0,537
Congelados	6,96	1/8	1/2	0,034	0,038	0,231

Obtida a perda de carga de ambos os circuitos de refrigerados e congelados, é agora possível selecionar os compressores a instalar em cada um dos mesmos.

4.4.3.5. Compressores

Estabelecido o regime de funcionamento do sistema, exigências frigoríficas e perdas de carga da tubagem, foram dimensionados os compressores a instalar. Assim, como nos restantes sistemas da solução centralizada, para otimizar energeticamente o funcionamento dos compressores, considerou-se a instalação de patamares de capacidade e de um variador de frequência num dos compressores.

Os compressores a utilizar na instalação foram selecionados segundo o método apresentado anteriormente no dimensionamento de compressores da solução *Coolbox/Waterloop* com R410A (ver subcapítulo 4.2.1.3).

Para o circuito de refrigerados foi considerada a instalação de quatro compressores abertos, instalados em paralelo, da marca *Bitzer* e modelo W4TA. Para o circuito de congelados foi selecionado um compressor de parafuso aberto da marca *Bitzer* e modelo OSNA5351-K. Dado o considerável regime de temperaturas praticado e a baixa exigência frigorífica existente, a seleção deste compressor resulta num considerável sobredimensionamento do circuito. A informação técnica dos compressores selecionados encontra-se apresentada no anexo Q. A Tabela 4.24 apresenta a comparação entre os valores das exigências de ambos os circuitos e a capacidade total dos compressores selecionados para a instalação.

Tabela 4.24 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos compressores selecionados do sistema centralizado com R717.

	Refrigerados	Congelados
Exigências calculadas	77,79	6,96
Capacidade dos compressores	94,8	27,4

4.4.3.6. Condensadores

Assim como no sistema centralizado com R410A, é pretendido que os circuitos de congelados e refrigerados sejam independentes. Desta forma deverá ser selecionado um condensador evaporativo para cada um dos circuitos. É necessário que estes garantam a rejeição do calor de cada circuito que pode ser verificado nas fichas técnicas dos compressores no anexo Q.

Foi selecionado o modelo LRC 128 e LRC 35, do fornecedor *EVAPCO*, para o circuito de refrigerados e congelados, respectivamente. O catálogo utilizado para a seleção dos mesmos encontra-se para consulta no anexo F e a Tabela 4.25 apresenta a comparação entre as exigências de capacidade dos condensadores do sistema e a capacidade dos condensadores selecionados. Como é possível verificar na Tabela 4.25, os condensadores evaporativos selecionados garantem a rejeição total do calor do sistema.

Tabela 4.25 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos condensadores selecionados do sistema centralizado com R717.

	Refrigerados	Congelados
Exigências calculadas [kW]	117,6	32,1
Capacidade dos condensadores [kW]	128	35

4.4.4. R744/717

Como verificado anteriormente, os compressores de R744 não asseguram o funcionamento num regime de temperatura com evaporação a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e condensação a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Adicionalmente, a grave aproximação do ponto crítico torna a implantação de qualquer circuito com condensação a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ impraticável. Visto isto, não é possível desenvolver o dimensionamento de um sistema centralizado a R744 com o regime de temperaturas considerado. Adicionalmente, no dimensionamento do sistema centralizado com R717 verificou-se inconvenientes como a impossibilidade deste fluido circular em toda a área da superfície comercial e o sobredimensionamento do compressor do circuito de congelados. Com a finalidade de ultrapassar os impedimentos verificados em ambos os sistemas, é pretendido o desenvolvimento de um sistema que permita a implementação do R717, sem ser sobredimensionado, e do R744 de forma a que estes anulem em parte as incompatibilidades um do outro. Visto que o R744 não permite a condensação à temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, este deverá ser utilizado apenas no circuito de congelados viabilizando assim a sua implementação. Seguindo a mesma solução utilizada no dimensionamento de um sistema centralizado com R717, foi considerada a implementação de uma mistura de água e propileno glicol com a finalidade de absorver calor dos evaporadores das câmaras/expositores de refrigerados limitando a permanência do R717 apenas na zona técnica e no exterior. Resumindo, o sistema considerado é composto por um circuito de congelados a R744 que rejeita calor, através de um

permutador, para o R717, um circuito de refrigerados onde circula uma solução aquosa de propileno glicol que, assim como o circuito de congelados, rejeita calor para o R717 e um circuito de R717 que absorve calor de ambos os circuitos de refrigerados e congelados e que rejeita calor para o exterior. Tal como no sistema centralizado, a existência de um permutador para o arrefecimento da solução aquosa de propileno glicol exige que a temperatura do R717 à entrada do mesmo seja de -10 °C. Tendo em conta esta decisão, foi estabelecida a mesma temperatura para a entrada do permutador onde é condensado o R744.

4.4.4.1. Evaporadores

Para a seleção de evaporadores do sistema com R744 e R717 foi utilizado o método de cálculo apresentado no capítulo 4.2.1.1. Assim como no sistema centralizado com R717, é necessária a utilização de uma solução aquosa com monopropileno glicol no circuito de refrigerados. O valor do fator de correção do fluído utilizado é o mesmo mencionado anteriormente, no subcapítulo 4.3.3.1, de 0,58. Quanto ao circuito de congelados, foi obtido o fator de correção, correspondente á utilização de R744 no circuito, através de exemplos de seleção de evaporadores fornecidos pela *Centauro*. Desta forma o valor do fator de correção do fluído quando utilizado R744 é de 1,2. Na Tabela 4.26 é apresentada a seleção de evaporadores para cada uma das câmaras frigoríficas do sistema com R744 e R717. O catálogo utilizado na seleção dos evaporadores encontra-se disponível para consulta no anexo I.

Tabela 4.26 - Seleção de evaporadores do sistema com R744 e R717.

Número	Designação	Exigência frigorífica [kW]	Modelo de evaporador
4.1.1	Câmara de Congelados	3,74	BWK/E 6A2/42
4.1.2	Câmara de Congelados Padaria	2,56	TAL/E 2315
4.2.1	Câmara da Charcutaria	3,68	MT 4C3/8
4.2.2	Câmara de Lacticínios	4,95	MT 4C3/10
4.2.3	Câmara do Talho	5,34	MT/E 4E4/18
4.2.4	Câmara de Aves	1,68	RWK/E 4A2/53
4.2.5	Câmara do Peixe	3,96	22 ECT/E 30 (V)
4.2.6	Câmara de Bacalhau	3,77	MT 4C3/8 + HR%
4.2.7	Câmara da Padaria	4,51	MT/E 4E2/10
4.3.2	Câmara de Preparação do Talho	1,44	ERK 304/413

4.4.4.2. Tubagem R744

A fim de proceder à escolha dos compressores adequados ao funcionamento do circuito de congelados, é necessário o dimensionamento e cálculo das perdas de carga na tubagem. Para efetuar este cálculo foi considerado o traçado de tubagem apresentado no anexo J desenvolvido em *software AutoCAD*. Foi ainda tida em conta a implementação de equipamentos ao longo da tubagem segundo exemplos de sistemas próximos, fornecidos pela RACE S.A., e consideradas as respetivas perdas de carga dos mesmos.

Seguindo uma metodologia semelhante à utilizada nos restantes dimensionamentos de tubagem de fluido frigorígeno, o dimensionamento da tubagem foi desenvolvido recorrendo ao *software Coolselector* fornecido pela empresa *Danfoss*. Na Tabela 4.27 encontram-se apresentados tanto os valores de dimensão da tubagem e perda de carga na mesma obtidos a partir do *software*, como também o valor de perda de carga total existente em cada secção de tubagem para o R744.

Tabela 4.27 - Dimensionamento da tubagem do circuito de congelados com R744.

Nº Troço	Carga térmica [kW]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
		Linha de Líquido	Linha de Aspiração	Linha de Líquido	Linha de Aspiração	
1	6,96	5/16	1/2	0,066	0,066	0,411
2	6,3	1/4	1/2	0,066	0,018	0,267
3	1,28	1/4	1/4	0,002	0,028	0,105
4	5,02	1/4	5/16	0,016	0,072	0,279
5	1,87	1/4	1/4	0,002	0,024	0,093
6	3,15	1/4	5/16	0,008	0,034	0,141
7	1,28	1/4	1/4	0,002	0,028	0,105
8	1,87	1/4	3/8	0,014	0,018	0,111
9	0,66	1/4	3/8	0,032	0,041	0,234

Tendo em conta os valores apresentados na Tabela 4.27 e a disposição de tubagem apresentada no anexo J, conclui-se que o caminho crítico do circuito de congelados do sistema com R744 corresponde à tubagem de alimentação do segundo evaporador da Câmara de congelados com uma perda de carga total de 1,209 bar.

4.4.4.3. Compressores R744

Após o dimensionamento da tubagem do circuito de congelados e obtenção das perdas de carga nos seus vários troços, é possível seleccionar os compressores a instalar. Assim como nos restantes sistemas da solução centralizada, para otimizar

energeticamente o funcionamento dos compressores, considerou-se a instalação de patamares de capacidade e de um variador de frequência num dos compressores. Os compressores a utilizar na instalação foram selecionados segundo o método apresentado anteriormente nos dimensionamentos de compressores de sistemas tradicionais. Para o circuito de congelados foram selecionados dois compressores semi-herméticos da marca *Bitzer* e modelo 2MSL-07K-40S com capacidade frigorífica de 8,1 kW. A informação técnica dos compressores selecionados encontra-se apresentada no anexo R.

4.3.4.4. Tubagem propileno glicol

As exigências dos evaporadores de refrigerados da instalação são semelhantes às exigências do sistema a R717 anteriormente desenvolvido. Desta forma, o circuito desenvolvido para o sistema a R717 pode ser aplicado ao circuito de mistura de água com propileno glicol. Como tal, mantêm-se a concentração de propileno glicol na mistura, as dimensões e perda de carga da tubagem e as bombas selecionadas. Os cálculos para o dimensionamento do circuito de refrigerados podem ser verificados no capítulo 4.3.3.2.

4.3.4.5. Tubagem R717

Dimensionados ambos os circuitos de congelados e refrigerados é necessário o dimensionamento do circuito de condensação a R717. Este sistema absorve através de permutadores o calor rejeitado pelos circuitos de refrigerados e congelados, libertando-o para o exterior. Dada a proximidade entre os compressores de R717 e os permutadores onde é absorvido o calor rejeitado pelos circuitos de congelados e refrigerados, só foi considerada a perda de carga na tubagem dos troços compressores/condensador e condensador/permutador deste circuito. Foi ainda considerada a utilização de aço inoxidável em toda a extensão de tubagem dada a incompatibilidade entre o cobre e o R717.

Embora a quantidade de calor transferido entre o circuito de refrigerados e o circuito de condensação seja equivalente à soma das necessidades frigoríficas dos evaporadores de refrigerados, o mesmo não acontece com o calor transferido entre o circuito de congelados e o circuito de condensação. Este valor será equivalente à quantidade de calor rejeitado pelo R744 na sua condensação e pode ser obtido através da

ficha técnica dos compressores do circuito de congelação. Desta forma, como apresentado no anexo R, o valor máximo de calor rejeitado pelos compressores de R744 é de 9,68 kW. Concluindo, a exigência de refrigeração no circuito de condensação corresponde à soma do calor rejeitado pelos circuitos de refrigeração e congelação com um valor total de 87,47 kW.

Para efetuar este dimensionamento foi considerado o traçado de tubagem apresentado no anexo J desenvolvido em *software AutoCAD*. Foi ainda tida em conta a implementação de equipamentos ao longo da tubagem segundo exemplos de sistemas próximos, fornecidos pela RACE S.A., e consideradas as respetivas perdas de carga dos mesmos. Seguindo uma metodologia semelhante à apresentada no dimensionamento da tubagem do sistema centralizado com R410A, o presente cálculo foi desenvolvido recorrendo ao *software Coolselector* fornecido pela empresa *Danfoss*. Na Tabela 4.28 encontram-se apresentados os valores de dimensão de tubagem e perda de carga obtidos no dimensionamento.

Tabela 4.28 - Dimensionamento da tubagem do circuito de condensação com R717.

Circuito	Carga térmica [kW]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
		Linha de Líquido	Linha de Descarga	Linha de Líquido	Linha de Descarga	
Condensação	87,47	3/8	1 1/2	0,020	0,040	0,195

4.3.4.6. Compressores R717

Dimensionada a tubagem de R717, é agora possível seleccionar os compressores a instalar neste circuito. Assim, como nos restantes sistemas da solução centralizada, para otimizar energeticamente o funcionamento dos compressores, considerou-se a instalação de patamares de compressão e de um variador de frequência num dos compressores. Os compressores a utilizar na instalação foram seleccionados segundo o método apresentado anteriormente no subcapítulo 4.2.1.3.

Foi considerada a instalação de quatro compressores abertos, instalados em paralelo, da marca *Bitzer* e modelo W4TA. A informação técnica dos compressores seleccionados encontra-se apresentada no anexo R. A Tabela 4.29 apresenta a comparação entre os valores das exigências de ambos os circuitos e a capacidade total dos compressores seleccionados para a instalação.

Tabela 4.29 - Comparação de valores entre as exigências dos circuitos inferiores e a capacidade dos compressores de R717.

	Refrigerados	Congelados
Exigências calculadas	77,79	9,68
Capacidade dos compressores	94,8	

4.3.4.7. Condensadores

Dado que, no sistema com R744 e R717, apenas existe um circuito com condensação no exterior, é necessário apenas um condensador evaporativo para o circuito com R717. É necessário que estes garantam a rejeição do calor deste mesmo circuito que pode ser verificado nas fichas técnicas dos compressores no anexo R.

Tendo em conta a capacidade do condensador exigida para o circuito, foi selecionado o modelo LRC 128 do fornecedor *EVAPCO*. O catálogo utilizado para a seleção dos mesmos encontra-se para consulta no anexo F e a Tabela 4.30 apresenta a comparação entre as exigências de capacidade do condensador do sistema e a capacidade do condensador selecionado.

Tabela 4.30 - Comparação de valores entre as exigências da instalação e a capacidade dos condensadores selecionados do sistema R744/R717.

Exigências calculadas [kW]	117,6
Capacidade do condensador [kW]	128

Como é possível verificar na Tabela 4.30, os condensadores evaporativos selecionados garantem a rejeição total do calor do sistema.

4.4. Análise energética

Com o objetivo de concluir quanto às vantagens e desvantagens energéticas da utilização de cada sistema desenvolvido, foi desenvolvido uma análise energética comparativa dos mesmos com base no *software Pack Calculation Pro*. Este *software* tem como finalidade o cálculo do consumo energético, impacto económico e de emissões de carbono de sistemas de refrigeração e bombas de calor baseado no:

- Tipo de sistema;
- Fluido(s) frigorigéneo(s);

- Perfis climatéricos e de utilização;
- Compressores existentes no mercado.

Para iniciar a preparação da simulação no *software*, é necessária a definição do sistema a simular. Inicialmente pode ser definido o tipo de sistema como de um único andar de compressão, dois andares de compressão, sistema em cascata, entre outros. Após a seleção do tipo de sistema, são introduzidas as suas características de funcionamento ao nível dos evaporadores e dos condensadores como a exigência frigorífica, temperatura de evaporação, temperatura ambiente de projeto, sobreaquecimento, perfis de utilização do expositor/câmara já definidos pelo *software*, tipo de condensação, temperatura de condensação, subarrefecimento, entre outros. De seguida são introduzidos no *software* os compressores, anteriormente selecionados para cada sistema dimensionado. É possível obter valores exatos de operação dos compressores selecionados, dado que o *software* possui uma vasta base de dados com a maioria dos compressores dos principais fornecedores, obtendo assim uma simulação mais fiável. Na Tabela 4.31 encontra-se alguma informação inserida no *software*, resultante dos dimensionamentos anteriores, para realizar as simulações.

Tabela 4.31 - Informação inserida no *software Pack Calculation Pro* para simulação.

Sistema	Coolbox/Waterloop R410A	R410A	R717/MPG	R744/R717/MPG
Tipo de Sistema	Um estágio	Dois de um estágio	Dois de um estágio com circuitos secundários	Cascata com circuito secundário
Condensador	Evaporativo	Evaporativo	Evaporativo	Evaporativo
Capacidade frigorífica LT [kW]	Variável	6,96	6,96	6,96
Capacidade frigorífica MT [kW]	Variável	77,79	77,79	77,79
Temperatura ambiente [°C]	36,8	36,8	36,8	36,8
Evaporação LT [°C]	Variável	-5 °C	-5 °C	-5 °C
Evaporação MT [°C]	-25 °C	-25 °C	-25 °C	-25 °C
Sobreaquecimento [K]	5	5	5	5
Subarrefecimento [K]	5	5	5	5
Compressores LT	VRJ028-K	4FDC-5Y-40S	OSNA5351-K	2MSL-07K-40S
Compressores MT	VRJ028-K	4DDC-7Y-40S	W4TA	W4TA
Bombas	CME10-1 A-R-A-E-AVBE	-	CM10-2 A-R-A-E-AQQE TP 25-90/2 A-O-A-BQQE	CM10-2 A-R-A-E-AQQE

Após a definição do sistema de refrigeração, é necessário escolher o perfil climatérico do local a ter em consideração para as simulações em causa. Para este passo foi selecionado o perfil climatérico de Lisboa que corresponde ao mencionado no capítulo 4.1.1. É ainda necessária a introdução do período de funcionamento do supermercado entre outros horários necessários para os cálculos.

Definidos os parâmetros para a simulação de cada um dos projetos efetuados, são obtidos os valores dos consumos energéticos de cada sistema. Na Figura 4.6 encontra-se a comparação dos valores de consumo mensal e na Tabela 4.32 os consumos totais de cada sistema.

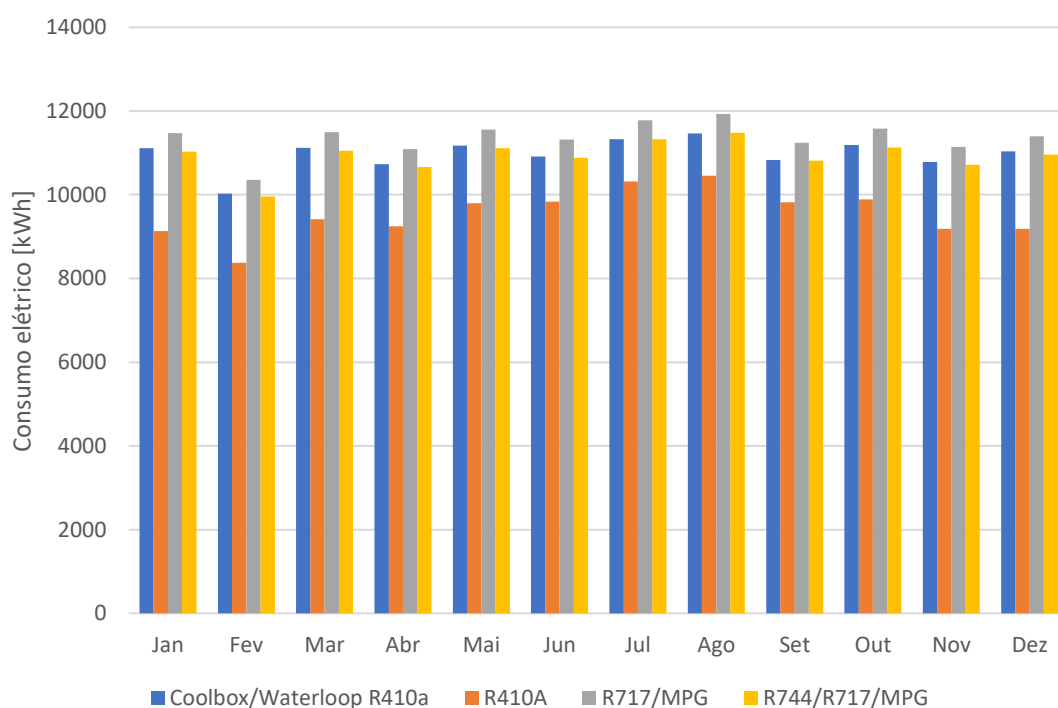


Figura 4.6 – Comparação dos consumos elétricos mensais dos sistemas desenvolvidos.

Na Figura 4.6 verifica-se que, naturalmente não sendo iguais, o consumo mensal de cada sistema não apresenta diferenças muito acentuadas entre os meses de verão e inverno. Esta proximidade de consumos é consequência da utilização de condensadores evaporativos. Uma vez que a variação anual da temperatura de bolbo húmido exterior é menos acentuada do que a de bolbo seco exterior e que a condensação por um condensador evaporativo se rege por esta primeira, é possível obter consumos mensais mais próximos entre os meses de verão e inverno.

Tabela 4.32 - Comparação do consumo elétrico anual dos sistemas dimensionados.

Sistema	Coolbox/Waterloop R410A	R410A	R717/MPG	R744/R717/MPG
Consumo anual [kWh]	131704,7	114652,9	136361,4	131117

Como é possível verificar, o sistema centralizado com R410A é o mais económico ao nível do consumo elétrico enquanto que o sistema centralizado com R717 e monopropileno glicol (MPG) revela-se o maior consumidor. Estes consumos resultam de uma série de fatores sendo um deles a diferença de eficiências energéticas dos compressores de cada sistema. Na Tabela 4.33 é possível verificar os valores de EER totais de cada circuito e de cada sistema. É importante mencionar que estes valores não são equivalentes aos apresentados nas fichas técnicas dos mesmos. Enquanto nas fichas técnicas dos compressores os valores de eficiência são calculados para os dados de dimensionamento introduzidos, na simulação é tido em conta o perfil anual de temperatura exterior sendo o valor obtido uma média anual da eficiência do funcionamento do sistema. Adicionalmente, dado que o *software* baseia a simulação nas curvas de funcionamento dos compressores selecionados, estes são os valores mais aproximados da realidade.

Tabela 4.33 - Comparação do EER de cada circuito dos sistemas dimensionados.

Sistema	Coolbox/Waterloop	R410A	R410A	R717/MPG	R744/R717/MPG
EER LT	1,29	2,1	1,76	6,24	
EER MT	3,99	4,08	3,65	3,66	

Verifica-se que o EER MT (circuito de refrigerados) do sistema centralizado com R410A é ligeiramente superior aos demais sistemas enquanto que o ERR LT (circuito de congelados) do sistema que incorpora tanto R717 como R744 é muito superior aos restantes. Tal como esperado, o elevado EER do R744 verifica a melhor capacidade de desempenho do mesmo em circuitos de congelados com condensação num permutador de calor com um circuito de condensação do que a operar todo o sistema. No entanto, o EER muito superior do R744 no circuito de congelados não é suficiente para tornar este sistema mais eficiente do que o sistema centralizado a R410A. Esta incapacidade resulta da elevada diferença de exigência frigorífica entre os circuitos de congelados e refrigerados. A exigência dos circuitos de congelados dos sistemas dimensionados corresponde a 6,97 kW enquanto que a dos circuitos de refrigerados corresponde a 77,8 kW. Dado que o circuito de congelados corresponde a pouco mais do que 8% da exigência

frigorífica total do sistema, o EER dos compressores deste circuito tem uma contribuição muito reduzida para o desempenho energético do sistema.

Adicionalmente, a utilização de bombas de circulação de água, para além das utilizadas nos condensadores evaporativos que são comuns a todos os circuitos, ou de misturas aquosas de propileno glicol resulta num consumo adicional de energia elétrica por parte dos sistemas que possuem as mesmas. Dado que o sistema centralizado com R410A é o único que não possui estas bombas circuladoras, é natural que se verifique um decréscimo no consumo comparativamente aos restantes sistemas.

Embora todos os sistemas alternativos ao sistema centralizado com R410A apresentem consumos elétricos superiores ao mesmo, estes apresentam consumos algo semelhantes encontrando-se todos a consumir entre 14 a 19% mais de energia elétrica.

Concluindo, com esta análise comparativa é possível verificar que a implementação da solução *Coolbox/Waterloop* com R410A, embora signifique um crescimento no consumo elétrico comparativamente com o sistema centralizado com R410A, resulta em consumos semelhantes aos obtidos na implementação dos sistemas tradicionais operados por fluídos naturais.

4.5. Análise de emissões

Embora nenhum dos fluídos frigorigéneos considerados seja prejudicial à camada de ozono ($ODP = 0$), o R410A apresenta um elevado potencial de aquecimento global (GWP) comparativamente aos restantes [7]. A Tabela 4.34 resume os potenciais de aquecimento global dos fluídos frigorigéneos considerados ao longo dos dimensionamentos.

Tabela 4.34 - GWP dos fluídos frigorigéneos considerados [7].

Fluído frigorigéneo	Classe	GWP
		[kg CO ₂ /kg fluído frigorigéneo]
R410A	HFC	1920
R290	Natural	5
R717	Natural	0
R744	Natural	1

Após o cálculo dos consumos energéticos dos sistemas dimensionados é possível obter o TEWI de cada um dos mesmos. Este valor é obtido através da equação 4.11 [6]:

$$TEWI = GWP \times F \times n + GWP \times m \times (1 - \alpha) + n \times E \times \beta \quad (4.11)$$

Em que,

- TEWI - Impacto de aquecimento total equivalente [kg CO_{2equi}];
- GWP - Potencial de aquecimento global do fluido refrigerante [kg CO_{2equi}/kg fluido refrigerante];
- F - Fugas anuais do sistema [kg/ano];
- n - Tempo de vida útil do sistema [anos];
- m - Carga de fluido refrigerante do sistema [kg];
- α - Quantidade de fluido refrigerante recuperado no final de vida do sistema [%];
- E - Consumo anual de energia [kWh/ano];
- B - Emissões de CO₂ na produção de energia [kg CO_{2equi}/kWh].

À exceção do sistema *Coolbox/Waterloop*, todos os sistemas são centralizados sendo considerada uma percentagem de fugas anuais de 15% para os mesmos. O sistema *Coolbox/Waterloop*, como mencionado anteriormente no subcapítulo 4.1, apresenta uma percentagem de fugas muito reduzida que será estimada como 2%.

A fim de obter um cálculo mais realista, com o auxílio da RACE S.A., foi estimada a quantidade de fluido refrigerante em cada sistema dimensionado baseada em sistemas semelhantes. As quantidades de fluido refrigerante encontram-se na Tabela 4.35. Considera-se ainda que o fluido é todo recuperado no fim de vida dos sistemas ($\alpha = 1$) e que o tempo de vida útil dos sistemas é de vinte anos.

Tabela 4.35 - Carga aproximada de fluido refrigerante de cada sistema dimensionado.

Sistema	Carga de fluido refrigerante [kg]
Coolbox/Waterloop R410A	30
R410A	250
R717/MPG	50
R744/R717/MPG	50-50

Relativamente às emissões de CO₂ para a atmosfera na produção de energia foi adotado o valor de 2009 de 0,375 kg(CO_{2equi})/kWh [57]. Tendo em conta que o *software Pack Calculation Pro* possui uma ferramenta para realizar o cálculo das emissões diretas e indiretas de CO₂ para a atmosfera, este foi utilizado para desenvolver a presente análise. É apresentada na Figura 4.7 a comparação das emissões dos sistemas dimensionados.

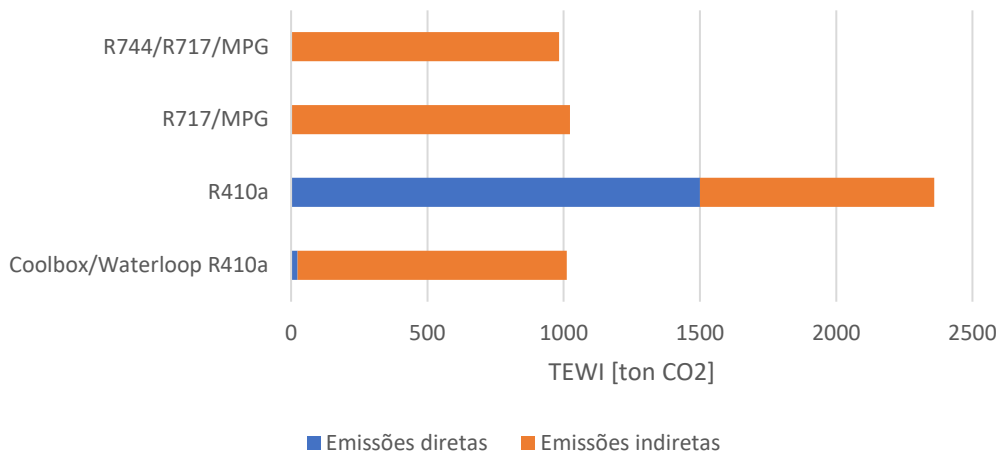


Figura 4.7 - TEWI de cada instalação dimensionada.

Como seria previsível é possível verificar na Figura 4.7 que não só o sistema centralizado com R410A apresenta um TEWI muito superior aos restantes sistemas dimensionados (cerca de 140% mais) como que esta diferença se deve praticamente toda às emissões diretas do mesmo visto que os sistemas apresentam todos consumos muito próximos e, como tal, emissões indiretas semelhantes. A existência deste elevado valor de emissões diretas no sistema centralizado com R410A prendesse tanto a este apresentar uma grande quantidade de fluido frigorígeno em circulação como também à taxa de fugas típicas de um sistema centralizado.

Relativamente aos sistemas tradicionais com fluídos naturais dimensionados, estes apresentam apenas emissões indiretas dado que os fluídos circulantes no sistema têm GWP praticamente nulo.

Devido à redução substancial da taxa de fugas e da massa de fluido circulante relativamente ao sistema centralizado com R410A, o sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A apresenta emissões diretas residuais resultando num TEWI semelhante aos sistemas com fluídos naturais dimensionados.

4.6. Análise económica

Obtidos os valores do consumo anual de energia elétrica fornecidos pelo *software*, é possível desenvolver também uma análise económica de cada um dos sistemas dimensionados a fim de concluir quanto às vantagens e desvantagens financeiras da implementação de cada um dos mesmos.

Dada a necessidade de obter os custos de implementação de cada sistema, a RACE S.A. facultou estes mesmos custos aproximados a fim de obter uma análise mais correta. No entanto, a fim de manter o sigilo, os valores dos custos de implementação dos sistemas encontram-se apresentados num registo percentual. Na Tabela 4.36 encontram-se apresentados os custos de implementação de cada sistema em comparação com a solução centralizada com R410A.

Tabela 4.36 - Diferença percentual do custo de instalação aproximado de cada sistema.

Sistema	R410A	Coolbox/Waterloop R410A	R717/MPG	R744/R717/MPG
Custo de instalação [%]	-	-16,7%	-9,3%	+9,3%

Foi utilizada a ferramenta de cálculo económico do *software Pack Calculation Pro* para obter o custo total de implementação de cada sistema desenvolvido. Para desenvolver este cálculo é necessário fornecer os seguintes dados:

- Custo do equipamento e de implementação;
- Custo de manutenção;
- Consumo elétrico;
- Preço de compra do fornecimento elétrico;
- Tempo de vida útil da instalação;
- Taxa de juro e de inflação.

Visto que é pretendido um cálculo simplificado do custo de implementação dos sistemas, não foram consideradas as taxas de juro e de inflação para o cálculo. Embora existam diferenças nos custos de manutenção entre os sistemas desenvolvidos, devido à impossibilidade de obter os mesmos, também não foram considerados no cálculo. Em todos os cálculos foi considerado um período de funcionamento de vinte anos.

Visto que o *software* apenas permite a introdução de um valor para o custo de fornecimento de energia elétrica, foi necessário calcular uma média ponderada dos custos dos vários horários (ponta, cheias, vazio e super-vazio) para o fornecimento em Baixa Tensão Especial (BTE). O valor médio obtido e considerado para o *software* foi de 0,043 EUR/kWh. Na Figura 4.8 é possível verificar a diferença de custos da instalação ao fim de vinte anos de funcionamento. Pelos mesmos motivos, assim como na apresentação dos

custos de instalação, os custos de operação dos sistemas são apresentados em diferenças percentuais [58].



Figura 4.8 - Comparação do custo total dos sistemas implementados ao fim de 20 anos.

Dado que os consumos elétricos não diferem substancialmente entre os sistemas alternativos ao centralizado com R410A, como é possível verificar na tabela 4.32, a diferença nos custos de implementação e operação dos mesmos resulta numa comparação semelhante à desenvolvida na comparação apenas dos custos de implementação. Desta forma, e através da Figura 4.8, conclui-se que o sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A é o mais economicamente viável (poupança de 10,4%) mesmo não apresentando um menor consumo que o sistema centralizado com R410A. Embora o sistema centralizado com R717 seja o que apresenta maiores consumos elétricos, este revelou ser também um sistema mais económico (poupança de 2,9%) que o centralizado com R410A ao fim de vinte anos dado o seu custo de implementação inferior. No entanto, há que ressaltar que estas ilações não tiveram em conta o custo de manutenção como também os custos de produção das mesmas, o que poderá diminuir as diferenças encontradas nos resultados obtidos, entre os vários sistemas.

O sistema centralizado R744/R717 não só apresenta eficiência energética otimizada para ambos os circuitos, mas também o menor consumo dos sistemas que produzem menos emissões diretas para a atmosfera. No entanto, o custo de implementação de um sistema deste tipo é considerável e só se verificaria vantagens económicas quando implementado em sistemas de maiores dimensões.

Tendo em conta a dimensão reduzida do estabelecimento comercial, seria expectável antes da análise que o sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A fosse o mais vantajoso economicamente. Mesmo com o preço superior das unidades satélite, o reduzido custo de mão-de-obra de instalação das mesmas relativamente ao custo de mão-

de-obra da instalação de uma área técnica de um sistema centralizado resulta numa vantagem económica. Tendo em conta estes fatores, é ainda expectável que a implementação da solução *Coolbox/Waterloop* cesse de ser economicamente vantajosa em instalações com maior número de equipamentos produtores de frio.

5. Conclusões

Embora o pretendido no início da realização desta análise fosse obter uma comparação de fluídos a operarem em sistemas semelhantes, os impedimentos típicos da operação com fluídos naturais resultaram em alterações substanciais dos sistemas dimensionados. Dito isto, as conclusões seguintes foram retiradas tendo em conta uma série de limitações culminando no desenvolvimento de três sistemas tradicionais com R410A, R717 e R744 e um sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A.

Nos circuitos de congelados foi verificada uma clara vantagem do R744, quanto à eficiência energética do funcionamento dos compressores em circuitos com um andar de compressão, relativamente aos restantes sistemas analisados. Foi alcançando um valor de eficiência energética dos compressores cerca de três vezes superior ao segundo circuito com maior EER. Nos circuitos de refrigerados não foi verificada uma vantagem de eficiência energética significativa relativamente aos restantes circuitos dimensionados. No entanto o circuito de refrigerados do sistema centralizado com R410A revelou ser o mais eficiente dos mesmos dado operar com a menor diferença de temperaturas entre a evaporação e a condensação visto não possuir circuitos secundários.

Relativamente aos consumos elétricos, o sistema mais eficiente foi o centralizado com R410A. Tendo em conta que a exigência frigorífica do circuito de congelados é de apenas cerca de 8% comparativamente à mesma do circuito de refrigerados, é expectável que a eficiência energética dos compressores do circuito de refrigerados possuam um peso muito superior no consumo total da instalação. Embora não suceda no circuito de congelados, os compressores do circuito de refrigerados do sistema centralizado com R410A são os mais eficientes de todos os circuitos de refrigerados dimensionados resultando num consumo total inferior a qualquer outro sistema. Adicionalmente, a menor necessidade de implementação de bombas circuladoras neste sistema também favorece o menor consumo evidenciado pelo mesmo. Tanto o sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A como o sistema com R744 e R717 apresentam consumos próximos que excedem em cerca de 15% o consumo total do sistema centralizado com R410A. Finalmente o sistema centralizado com R717 apresentou o maior consumo total excedendo em cerca de 19% o sistema centralizado com R410A. Este resultado provém não só deste sistema possuir compressores sobredimensionados com a menor eficiência energética do circuito

de refrigerados de todos os sistemas dimensionados como também do número superior de bombas circuladoras instaladas.

Quanto à análise de emissões dos sistemas dimensionados verifica-se a necessidade de evitar a implementação de sistemas tradicionais com fluídos de elevado GWP. A análise revelou que o sistema centralizado com R410A apresenta um TEWI superior em cerca de 140% quando comparado aos restantes sistemas. Embora as emissões indiretas deste sistema sejam inferiores a qualquer outro, é evidente a contribuição das emissões diretas para o elevado TEWI correspondendo a mais de metade do mesmo. Os sistemas tradicionais com fluidos naturais e o sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A, apresentam emissões muito semelhantes entre si. Embora o sistema *Coolbox/Waterloop* opere com um fluido frigorígeno com elevado GWP, a reduzida taxa de fugas das unidades satélite e a menor necessidade de carga de fluido frigorígeno da instalação resulta numa diminuição drástica das emissões diretas deste sistema tornando-se residuais. Esta vantagem possibilita ao sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A apresentar um TEWI semelhante aos sistemas tradicionais com fluidos naturais dimensionados.

Com a análise financeira dos sistemas verifica-se que, num período de vinte anos e sem considerar os custos de manutenção ou o preço de manufatura das unidades satélite, o sistema *Coolbox/Waterloop* corresponde ao sistema mais económico seguindo-se o sistema centralizado com R717. Esta vantagem financeira resulta no reduzido custo de implementação do sistema *Coolbox/Waterloop* relacionado com o baixo custo de mão de obra para a sua implementação em relação a um sistema centralizado. Pelas razões apresentadas, esta análise não deve ser considerada suficiente para a determinação do melhor sistema a aplicar na realidade. O sistema com R744 e R717 revelou ser o mais dispendioso dado o considerável custo de instalação superior aos restantes sistemas.

Dada a semelhança dos valores de emissões totais dos três sistemas alternativos ao centralizado com R410A e apresentando o melhor custo de operação no prazo de 20 anos, é assumido que o sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A poderá, após contabilizados os custos de manutenção e manufatura das unidades satélite, apresentar de forma mais realista a melhor alternativa, dos sistemas analisados, para a implementação de um sistema com baixo TEWI neste supermercado.

5.1. Desenvolvimentos futuros

Como mencionado anteriormente quanto aos sistemas tradicionais, a análise apresentada foi desenvolvida segundo um ponto de vista que pouco reflete as boas práticas na implementação de sistemas de refrigeração comercial sendo composta por uma série de opções que pretendem otimizar a semelhança dos sistemas a fim de obter uma comparação de fluídos frigorigéneos diferentes e não de sistemas diferentes. Para obter uma análise com mais valor prático deverá ser desenvolvida uma série de análises semelhantes com base em sistemas habitualmente utilizados em projetos de refrigeração comercial. No caso da solução *Coolbox/Waterloop* será interessante verificar a viabilidade da implementação de um *Dry Cooler* complementado de um *Chiller* com R290 em vez de um arrefecedor evaporativo. Nos sistemas tradicionais poderá ser verificada a viabilidade da implementação de sistemas de R744 secundário com Chiller a R290 e Booster com injeção múltipla.

Referências bibliográficas

- [1] MONTEIRO, Victor M. S. (2015) - Refrigeração I Técnicas e Competências Ambientais: Bases e Fundamentos. Lisboa: ETEP.
- [2] SANTOS, F. M. Gonçalves dos (2008), Sebenta de Instalações Frigoríficas, Lisboa.
- [3] ALVES, Marco. (2018) – Como é que o gelo chegava a Lisboa há 400 anos?. Revista Sábado. [Consult. 12 jan. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.sabado.pt/vida/detalhe/como-e-que-o-gelo-chegava-a-lisboa-ha-400-anos>>
- [4] MARTINHO DA ARCADA (2014) – Acerca do Martinho da Arcada. [Consult. 12 jan. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <http://martinhodaarcada.pt/acerca.html>>
- [5] HUNDY, G. F., TROTT, A. R., WELCH, T. C. (2016) – Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps. Cambridge: Butterworth-Heinemann. ISBN: 978-0-08-100647-4
- [6] NP EN 378-1:2008+A2:2013-pt - Norma Portuguesa para Ar Condicionado e Refrigeração, Sistemas frigoríficos e bombas de calor, Requisitos de segurança e protecção ambiental Parte I: Requisitos básicos, definições, classificação e critérios de escolha. Caparica: IPQ. 75 p.
- [7] ASHRAE (2017) – 2017 ASHRAE handbook: Fundamentals. Atlanta, GA: ASHRAE
- [8] MONTEIRO, Victor M. S. (2015) - Refrigeração II Técnicas e Competências Ambientais: Aplicações e Certificação. Lisboa: ETEP.
- [9] Regulamento (UE) n°517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de abril de 2014 relativo aos gases fluorados com efeito de estufa e que revoga o Regulamento (CE) n°842/2006, 20 de maio de 2014.
- [10] ASHRAE 34:2010. 2010 - Designation and Safety Classification of Refrigerants.
- [11] MELO, Cláudio (2011) – Uso de Refrigerantes Alternativos em Refrigeração Doméstica e em Equipamentos Compactos de Refrigeração Comercial. Uso de Flúidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado: Artigos Técnicos. Brasília: MMA.
- [12] LINDE – Refrigerants Environmental Data: Ozone Depletion and Global Warming Potential. Pullach: Linde. [Consult. 26 mar. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.linde-gas.com/en/legacy/attachment?files=tcm:Ps17-111483,tcm:s17-111483,tcm:17-111483>>.
- [13] MAKHNATCH, Pavel (2015) – HFO refrigerants explained. [Consult. 26 mar. 2019]. Disponível em WWW: <URL:

- <https://www.kth.se/en/itm/inst/energiteknik/forskning/ett/projekt/koldmedier-med-lag-gwp/low-gwp-news/nagot-om-hfo-koldmedier-1.602602>>.
- [14] FERRAZ, Fábio, GOMES, Márcio (2008) – O Histórico da Refrigeração, Fluidos Refrigerantes, Ozônio/Processo de Formação/Destruição, Sistemas de Refrigeração, Componentes de um Sistema de Refrigeração. Santo Amaro – BA: CEFET-BA.
- [15] SILVA, Carlos (2006) - Análise de Fluidos Refrigerantes. Pernambuco: Univasf.
- [16] UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (2004) – Direct HFC and PFC Emissions from Use of Refrigeration and Air Conditioning Equipment: EPA. [Consult. 3 abr. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1004N8A.PDF?Dockkey=P1004N8A.PDF>>.
- [17] FILHO, Dr. E. P. Bandarra (2011) – Uso de Refrigerantes Alternativos em Refrigeração Doméstica e em Equipamentos Compactos de Refrigeração Comercial. Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado: Artigos Técnicos. Brasília: MMA.
- [18] VENTURINI, Osvaldo, PIRANI, Marcelo (2005) – Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial. Rio de Janeiro: Eletrobrás.
- [19] DANFOSS – Hidrocarbonetos. [Consult. 7 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.danfoss.com/pt-br/about-danfoss/our-businesses/cooling/refrigerants-and-energy-efficiency/refrigerants-for-lowering-the-gwp/hydrocarbons/>>.
- [20] ALMEIDA, I.M.G., BARBOSA, C.R.F., FONTES, F.A.O. (2011) – Thermodynamic and thermophysical assessment of hydrocarbons application in household refrigerator. Thermal Engineering. 9:01 e 02. 19-27.
- [21] FILHO, Dr. E. P. Bandarra (2008) – Uso de fluidos refrigerantes hidrocarbonetos – Estado atual e tendências. Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado: Artigos Técnicos. Brasília: MMA.
- [22] LINDE – R717 refrigerant grade ammonia. Pullach: Linde. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: https://www.linde-gas.pt/pt/images/R717%20Refrigerant%20Grade%20Ammonia_tcm310-110857.pdf>.
- [23] DRÄGER SAFETY AG & Co. KGaA – Refrigeração com amônia. Lübeck: Dräger. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.draeger.com/Library/Content/ammonia-lit-9104336-pt-br-1707-1.pdf>>.

- [24] DANFOSS – Amônia (NH₃). [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.danfoss.com/pt-br/about-danfoss/our-businesses/cooling/refrigerants-and-energy-efficiency/refrigerants-for-lowering-the-gwp/ammonia-nh3/>>.
- [25] LINDE – R744 refrigerant grade carbon dioxide. Pullach: Linde. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: https://www.linde-gas.com/en/images/R744%20Refrigerant%20Grade%20CO2%20Leaflet_tcm17-110858.pdf>.
- [26] DANFOSS – Carbon dioxide (CO₂). [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/cooling/refrigerants-and-energy-efficiency/refrigerants-for-lowering-the-gwp/carbon-dioxide-co2/>>.
- [27] EMERSON (2016) – Commercial CO₂ Refrigeration Systems: Guide for Subcritical and Transcritical CO₂ Applications. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://climate.emerson.com/documents/commercial-co%E2%82%82-refrigeration-systems-en-ca-3592874.pdf>>.
- [28] DANFOSS – Save energy and protect the environment with our CO₂ solutions. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC151086428838/DOC151086428838.pdf>>.
- [29] DANFOSS – Why CO₂ in industrial refrigeration?. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.danfoss.com/en/markets/refrigeration-and-air-conditioning/dcs/industrial-refrigeration/co2-in-industrial-refrigeration/why-co2/>>.
- [30] AIRAH (2012) – Methods of calculating Total Equivalent Warming Impact (TEWI) 2012. Fitzroy: AIRAH. [Consult. 6 abr. 2018]. Disponível em WWW: <URL: https://www.airah.org.au/Content_Files/BestPracticeGuides/Best_Practice_Tewi_June2012.pdf>.
- [31] APA – Protocolo de Quioto. [Consult. 2 jun. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=500>>.
- [32] APA – Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030). [Consult. 2 jun. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=117&sub3ref=1376>>.
- [33] APA – Gases Fluorados - Legislação. [Consult. 2 jun. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=117&sub3ref=1376>>.

- [34] ALDIFRIO – Regulamentos e diretivas europeias que condicionam a utilização de gases refrigerantes. [Consult. 2 jun. 2019]. Disponível em WWW: <URL: http://aldifrio.com/wp/index.php/legislacao/?fbclid=IwAR2rMkzN0DRETM5QD4B_fHVoEsroh9bI7-oDhBvnmvsyyFJK06jGCWVXXj8>.
- [35] REFRIGERANTS, NATURALLY! – Energy Efficiency. [Consult. 6 jun. 2019]. Disponível em WWW: <URL: http://www.refrigerantsnaturally.com/energy-efficiency/?fbclid=IwAR2lo-J_MB-hI9cWwUVtaaW7iTanZ-VNOAbK6oQ_yqR6KVZQOcDbuV01Y5A>.
- [36] DANFOSS (2014) – Keep cool with hydrocarbon refrigerants: Safety and maximum performance. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC137186418308/DOC137186418308.pdf>>.
- [37] PALM, Björn. (2008) – Hydrocarbons as refrigerants in small heat pump and refrigeration systems – A review. International Journal of Refrigeration. 31:4. 552-563.
- [38] DANFOSS (2012) – Energy eficiente hydrocarbon ice makers. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dcs/energy-efficient-hydrocarbon-ice-makers/>>.
- [39] SECOP – Case story AHT cooling systems: Energy eficiente propane plug-in cabinets en discount retail stores driven by slv compressor. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: http://hydrocarbons21.com/files/1813_secop_case_story_aht_slv_compressors.pdf>.
- [40] GUILABERT, Vicente (2018). R290 2HP hermetic compressorin na Upright Freezer: Anticipating the future. Huayi Compressors Barcelona. Comunicação apresentada em ATMOsphere Europe 2018. Lago di Garda. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=1487/>>.
- [41] DANFOSS (2011) – Safety always comes first. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dcs/safety-always-comes-first/>>.
- [42] PERRY, Clare (2018). Report launch: Energy efficiency in HFC-free commercialrefrigeration. Environmental Investigation Agency. Comunicação apresentada em ATMOsphere Europe 2018. Lago di Garda. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=1496&fbclid=IwAR0yeWuD3sKHthEIGLJxWpuWl2SU6Xa1Z81I6TWw5zNHqwMfSjK6XqWfLpU>>.

- [43] SILVA, Alessandro da (2011) – Aplicação dos Fluídos Naturais na Refrigeração para Supermercados: Sistema Cascata com CO₂/NH₃. Uso de Fluídos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado: Artigos Técnicos. Brasília: MMA.
- [44] BELLOS, Evangelos, TZIVANIDIS, Christos (2019) – A Theoretical Comparative Study of CO₂ Cascade Refrigeration Systems. Applied Sciences, 9:4, 790.
- [45] CLETO, Leonilton T. (2008) – Aplicações de CO₂ como fluido refrigerante no sector de refrigeração industrial. Uso de Fluídos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado: Artigos Técnicos. Brasília: MMA.
- [46] WARREN, Kysor (2018) – Ammonia/CO₂ Cascade System. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: http://www.r744.com/products/view/ammonia_cascade_system>.
- [47] FAVA, Giulia (2018). Case study: R290 Chiller for Low Temperature applicaton in Sicily - Italy. EUROKLIMAT. Comunicação apresentada em ATMOSphere Europe 2018. Lago di Garda. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=1506&fbclid=IwAR2KQZdnCOS33Rjp_lc0iS8hBf_ZgJlMGSI5b_WNUJsewXxII4BV8KISLIwhhttps://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dcs/energy-efficient-hydrocarbon-ice-makers/>.
- [48] EMERSON (2016) – CO₂ as a Refrigerant – Retail Booster Systems. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: <https://emersonclimateconversations.com/2016/03/10/co2-as-a-refrigerant-retail-booster-systems/>>.
- [49] Fritschi, H. et al (2017) – Efficiency increase in carbon dioxide refrigeration technology with parallel compression. International Journal of Low-Carbon Technologies. 12:2. 171-180.
- [50] DANFOSS (2018) – The Danfoss Multi Ejector range for CO₂ refrigeration: design, applications and beneficts. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dcs/the-danfoss-multi-ejector-range-for-co2-refrigeration/?fbclid=IwAR2wSZaqU0SrzhfV76W0kPI0wOs2yk_AZCcgBtyeFFJYvwjQRTsQr0Pmifg>.
- [51] NIELSEN, Mads H. (2018). System efficiency with parallel compression – gas and liquid ejectors – and where to apply wich CO₂ technology. Danfoss. Comunicação apresentada em ATMOSphere Europe 2018. Lago di Garda. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL:

- <http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=1483&fbclid=IwAR1xqaGckVXzUIDO7QsgWYHVI-9LqbRdW2knhTjiSDyKs2Xrh5oLdTQEBk0https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/dcs/energy-efficient-hydrocarbon-ice-makers/>>.
- [52] WARREN, Kysor (2018) – eCO₂ Boost System. [Consult. 10 mai. 2019]. Disponível em WWW: <URL: http://www.r744.com/products/view/eco2_boost_system>.
- [53] CAREL INDUSTRIES (2014) - Heos Sistema: High efficiency waterloop system. [Consult. 16 set. 2018]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.carel.com/documents/10191/0/+3000092EN/b21c83c6-8124-4f97-9bba-4f3820b0a5a6?version=1.2>>.
- [54] DAVID, L. (2018). Caso de estudo retalho alimentar: Integração de sistemas de refrigeração e AVAC. Comunicação apresentada em Jornadas da Climatização organizada pela Ordem dos Engenheiros, Lisboa. [Consult. 21 set. 2018]. Disponível em WWW: <URL: http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/4_9003771445a257ab7dbe9a.luis_david_integracaodesistemasderefrigeracaoavacpararetalhoalimentar.pdf>.
- [55] MENDES, C.A.S. (2014) - Redes de Fluídos. Secção de Mecânica de Fluídos do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- [56] Catálogo Evaporadores Centauro CTRC 2016-2 . [Consult. 16 mar. 2018]. Disponível em WWW: <URL: <centauro.pt/files/CTR/CTRC-2016-2.pdf>>
- [57] Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (INERPA), Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longas Distâncias (CLRTAP) (2011) – Dados de Portugal Continental, Fatores de Emissão Associados ao Consumo de Energia Elétrica. [Consult. 16 mai. 2018]. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=150>
- [58] Diretiva n.º 5/2019, Diário da República, 2ª Série – N.º 13 – 18 de janeiro de 2019.

Software utilizado

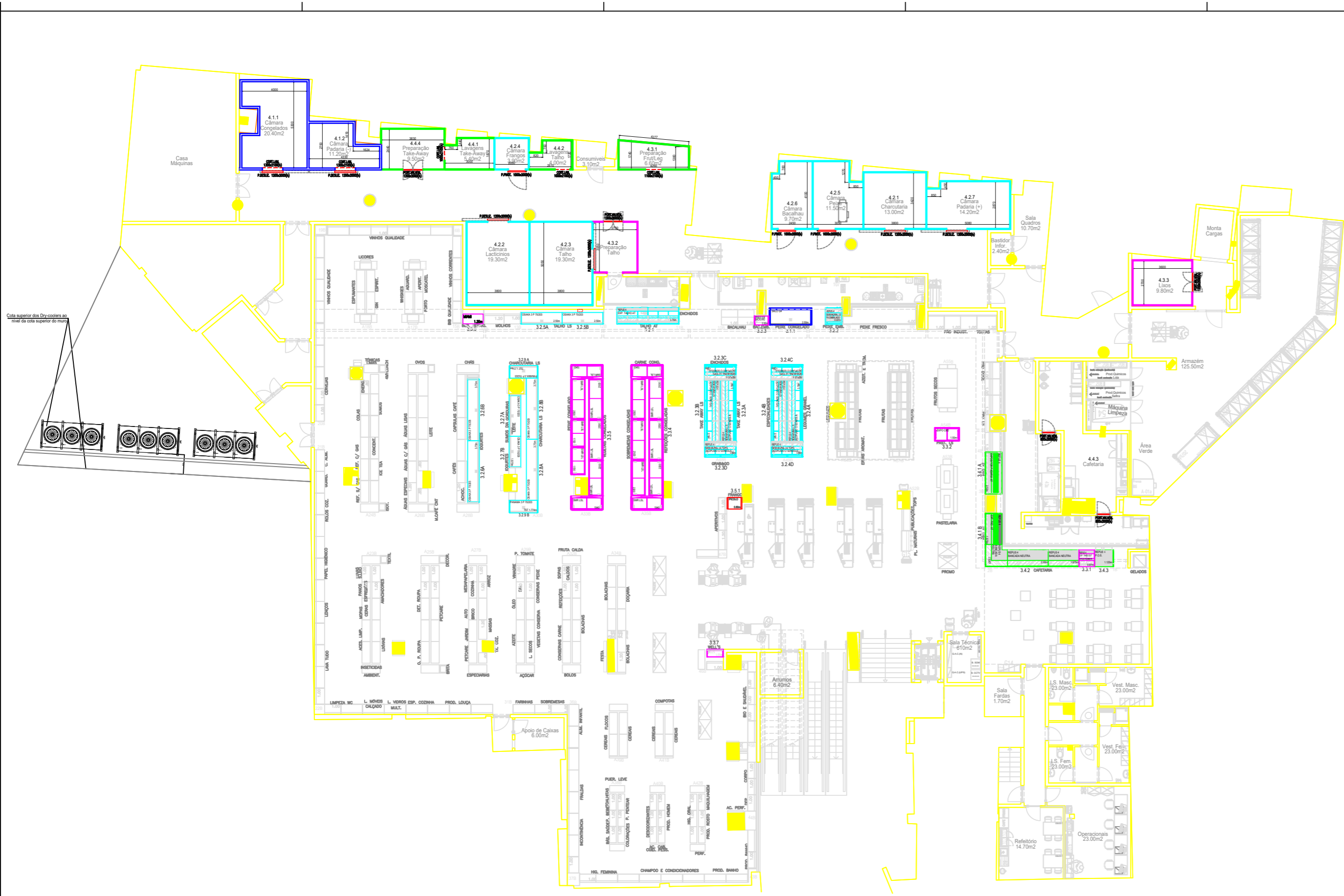
BITZER Software 6.6

Pack Calculation Pro

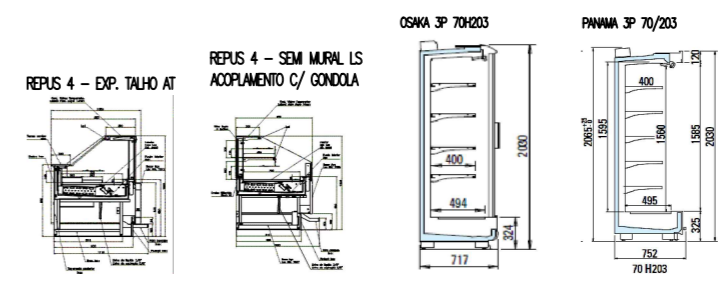
CoolSelector 2

AutoCAD 2018

Anexo A – Planta do Supermercado

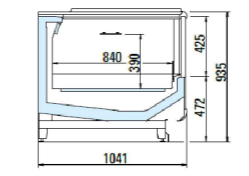


EXPOSITORES DE REFRIGERADOS

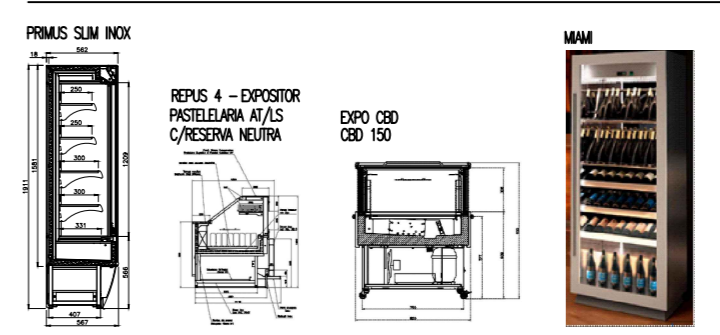


EXPOSITORES DE CONGELADOS

SALO G4



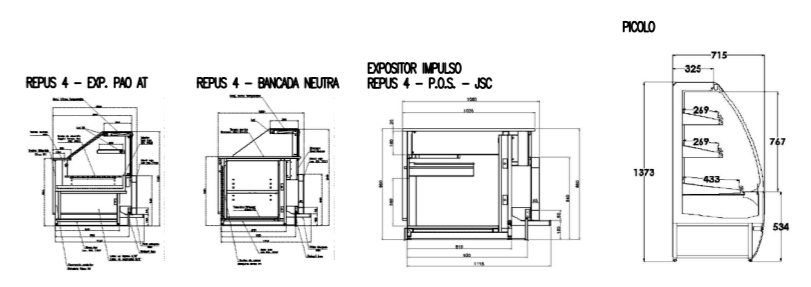
EXPOSITORES DE FRIO INCORPORADO



SMR LSL AD/VS 290



EXPOSITORES NEUTROS / QUENTES



LEGENDA

Nº	Câmara	CÂMARAS		Isolamento de Solo Esp.		Altura do Tecto
		Panel Vertical e Tecto	Expositor	Tradicional	Solo Panel	
4.1.1	Câmara Congelados	120mm	Lacado	---	100mm	0.24m+2.50m
4.1.2	Câmara Congelados Padaria	120mm	Lacado	---	100mm	0.24m+2.50m
4.2.1	Câmara Charcutaria	60mm	Lacado	---	---	2.50m
4.2.2	Câmara Laticínios	60mm	Lacado	---	---	2.50m
4.2.3	Câmara Talho	60mm	Lacado	---	---	2.50m
4.2.4	Câmara Frangos	60mm	Lacado	---	---	2.50m
4.2.5	Câmara Peixe	60mm	Lacado	---	---	2.50m
4.2.6	Câmara Bacalhau	60mm	Lacado	---	---	2.50m
4.2.7	Câmara Padaria	60mm	Lacado	---	---	2.50m
4.3.1	Prep. Frutas e Legumes	60mm	Lacado	---	---	3.00m
4.3.2	Preparação Talho	60mm	Lacado	---	---	3.00m
4.3.3	Sala Lixos	60mm	Lacado	---	---	3.00m
4.4.1	Lavagens Take away	60mm	Lacado	---	---	3.00m
4.4.2	Lavagens Talho	60mm	Lacado	---	---	3.00m
4.4.3	Zona Cafeteria	---	---	---	---	---
4.4.4	Preparação Take away	60mm	Lacado	---	---	3.00m

EXPOSITORES FRIGORÍFICOS

Nº	Expositor	Modelo	Composição do linear
3.1.1	Iha Peixe Congelado	SALO G4	2.50m
3.2.1	Vitina Talho AT	REFLUS 4	3.75m
3.2.2	Semi-mural Peixe Embalado	REFLUS 4	0.937m
3.2.3	Semi-mural Take away	REFLUS 4	2x3.75m + 2xTGI 90m
3.2.4	Semi-mural Espec. / Legum. Granal	REFLUS 4	2x3.75m + 2xTGI 90m
3.2.5	Mural Talho	OSAKA 3P 70/203	2x2.50m
3.2.6	Mural Iogurtes	OSAKA 3P 70/203	2x3.75m
3.2.7	Mural Iogurtes Sumos Deu Condoras	OSAKA 3P 70/203	1.875m + 2.50m
3.2.8	Mural Charcutaria	OSAKA 3P 70/203	2x3.75m
3.2.9	Topo Mural Charcutaria	PANAMA 3P 70/203	2xTGI 776m
3.3.1	Vitina Bebidas/Sandes	REFLUS 4	0.937m
3.3.2	Iha Promocional	EXPO CBD	1.50m
3.3.3	Mural Biscoitos Embalado	PRIMUS SLIM INOX	0.90m
3.3.4	Iha Congelados I	SMR LSL	2x2.20m + 4x2.50m + 2xTGI 94m
3.3.5	Iha Congelados II	SMR LSL	2x1.70m + 2.20m + 3x2.50m + 2xTGI 94m
3.3.6	Mural Bebidas	MIAMI	1.20m
3.3.7	Armário Wells	WELLS	1.00m
3.4.1	Vitina Pão AT	REFLUS 4	1.875m + 2.50m
3.4.2	Vitina Cafeteria AT	REFLUS 4	1.875m + 2.50m + CE30*
3.4.3	Movel Impulso	REFLUS 4	1.125m
3.5.1	Expositor Frango	PICLO	0.80m

LEGENDA:

EXPOSITORES

- Expositores Refrigerados
- Expositores Congelados
- Expositores Frio Incorporado
- Expositores Neutros
- Expositores Quentes

PAINEIS

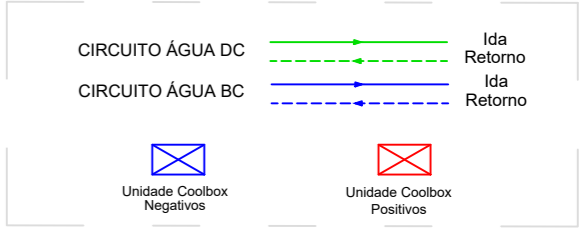
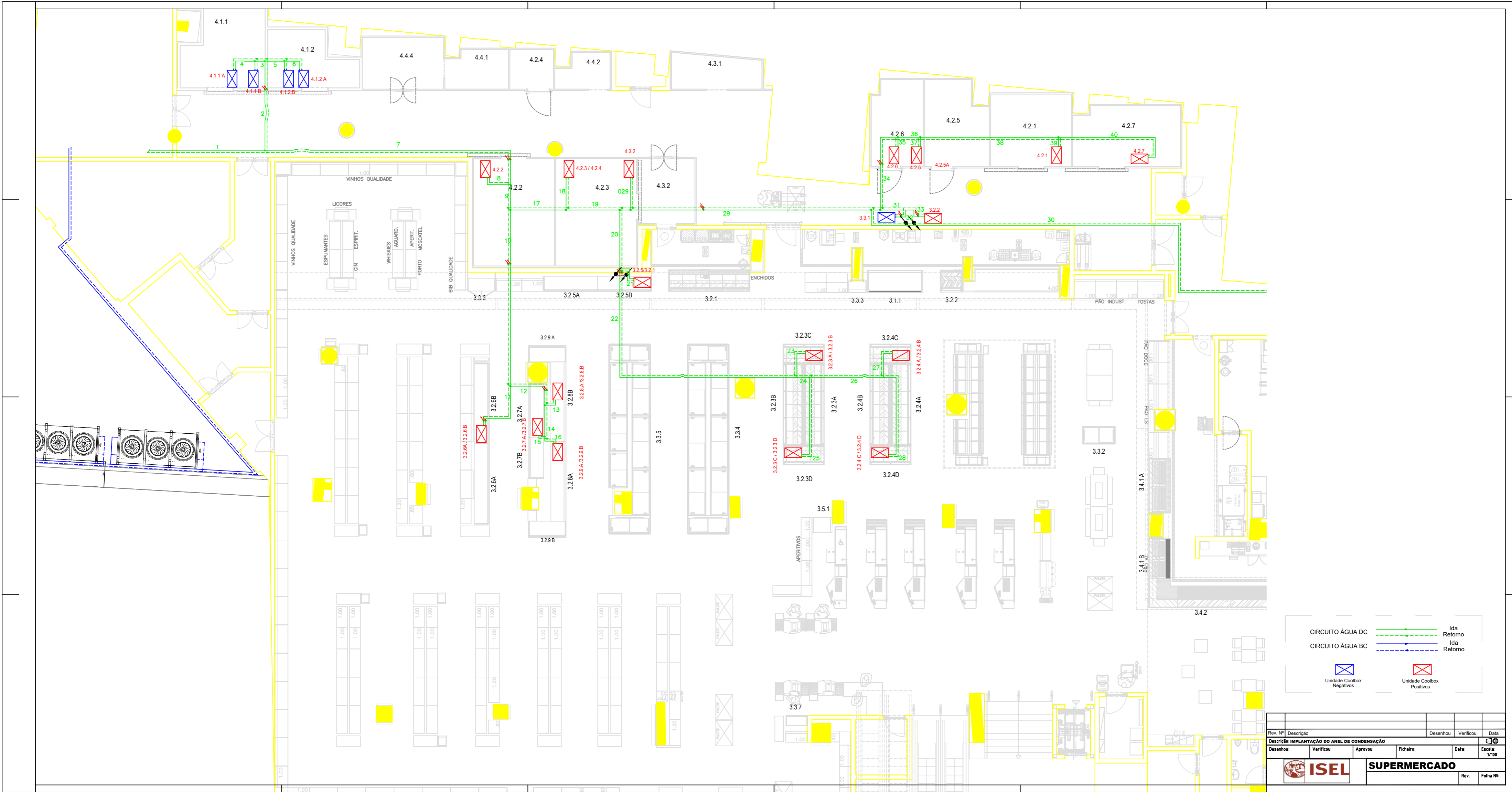
- Painéis Negativos (Painel 120mm)
- Painéis Positivos (Painel 60mm)
- Painéis Climats (Painel 60mm)
- Painéis Neutros (Painel 60mm)

PORTAS

- Portas Frigoríficas

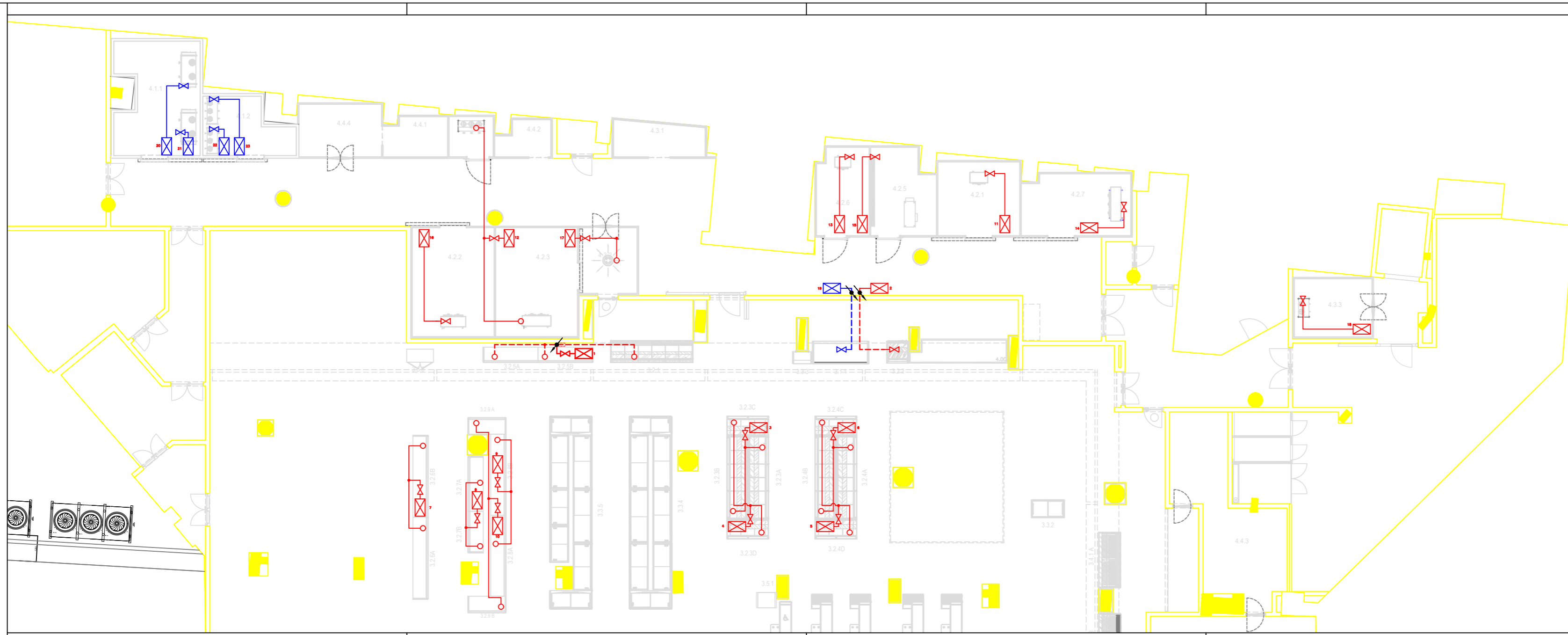
Rev. Nº	Descrição	Desenhado	Verificado	Data
01	Descrição LAYOUT SUPERMERCADO			
02	Desenho	Verificado	Aprovado	Fichado
ISSEL SUPERMERCADO				
Rev.	Folha Nº.			

Anexo B – Disposição da tubagem de água do sistema *Coolbox/Waterloop*



Rev. Nº	Descrição	Desenhou	Verificou	Data
Descrição: IMPLANTAÇÃO DO ANEL DE CONDENSAÇÃO				
Desenhou	Verificou	Aprovou	Ficheiro	Data
ISEL		SUPERMERCADO		
				Rev. Folha Nº:

Anexo C – Implantação das unidades satélite e tubagem das mesmas



— COOLBOX POSITIVAS
— COOLBOX NEGATIVAS

Rev. Nº	Descrição	Desenhou	Verificou	Data
Descrição: IMPLANTAÇÃO DAS UNIDADES DE REFRIGERAÇÃO				
Desenhou:	Verificou:	Aprovou:	Ficheiro:	Data:
 ISEL				SUPERMERCADO Rev. Folha Nº:

Anexo D – Fichas técnicas dos compressores do sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante: R410A
 Evaporating dew point temperature: -5,0 °C Temperatura de condensação (ponto de 30,0 °C
 Pressão de evaporação: 6,775 bar Pressão de condensação: 18,77 bar
 Evaporating mean temperature: -5,0 °C Sub-resfriamento: 5,0 K
 Superaquecimento útil: 5,0 K Sub-resfriamento adicional: 0 K
 Superaquecimento adicional: 0 K Sub-resfriamento total: 5,0 K
 Temperatura do gás de retorno: 0,0 °C Temperatura do líquido: 24,9 °C
 Condições de classificação: *Custom*
 Required cooling capacity: *6,770 kW*

Seleção: VRJ028-K, R410A - 3600 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	3000	3300	3600	3900	4200
Resfriamento [kW]	6,014	6,660	7,307	7,908	8,502
COP resfriamento reduzido [W/W]	3,98	3,98	3,98	3,94	3,91
Aquecimento [kW]	7,526	8,334	9,142	9,914	10,68
COP aquecimento [W/W]	4,98	4,98	4,98	4,94	4,91
Potência [kW]	1,512	1,674	1,835	2,006	2,177
Corrente [A]	8,382	8,526	8,669	9,377	10,10
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	117,0	129,6	142,1	153,8	165,4

Selected code number and spare parts

Código: *121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1*

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-5,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	6,775 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-5,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	0,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>1,600 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 900 rpm

Modelo	VRJ028-K	HRH029U5	HRH029U4
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade constante	Velocidade constante
Velocidade [rpm]	900	2900	2900
Resfriamento [kW]	1,632	5,637	5,743
COP resfriamento reduzido [W/W]	3,39	4,01	4,17
Aquecimento [kW]	2,113	7,043	7,121
COP aquecimento [W/W]	4,39	5,01	5,17
Potência [kW]	0,481	1,406	1,377
Corrente [A]	4,936	7,652	3,201
Frequência [Hz]	50	50	50
Fonte de alimentação		220 - 240 V 1 ph	380 - 400 V (415 V) 3 ph*
Fluxo de massa [kg/h]	31,74	109,6	111,7

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-2,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	7,473 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-2,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	3,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>7,120 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 3300 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	2700	3000	3300	3600	3900
Resfriamento [kW]	6,047	6,763	7,479	8,195	8,860
COP resfriamento reduzido [W/W]	4,60	4,58	4,57	4,56	4,51
Aquecimento [kW]	7,363	8,239	9,115	9,991	10,82
COP aquecimento [W/W]	5,60	5,58	5,57	5,56	5,51
Potência [kW]	1,316	1,476	1,636	1,796	1,964
Corrente [A]	8,031	8,186	8,341	8,495	9,204
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	116,9	130,8	144,6	158,5	171,3

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-2,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	7,473 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-2,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	3,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>3,734 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 1800 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	1200	1500	1800	2100	2400
Resfriamento [kW]	2,540	3,220	3,899	4,615	5,331
COP resfriamento reduzido [W/W]	4,33	4,53	4,67	4,63	4,61
Aquecimento [kW]	3,126	3,931	4,735	5,611	6,487
COP aquecimento [W/W]	5,33	5,53	5,67	5,63	5,61
Potência [kW]	0,586	0,711	0,836	0,996	1,156
Corrente [A]	5,721	6,644	7,567	7,722	7,876
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	49,12	62,26	75,41	89,25	103,1

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-2,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	7,473 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-2,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	3,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>5,000 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 2400 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	1800	2100	2400	2700	3000
Resfriamento [kW]	3,899	4,615	5,331	6,047	6,763
COP resfriamento reduzido [W/W]	4,67	4,63	4,61	4,60	4,58
Aquecimento [kW]	4,735	5,611	6,487	7,363	8,239
COP aquecimento [W/W]	5,67	5,63	5,61	5,60	5,58
Potência [kW]	0,836	0,996	1,156	1,316	1,476
Corrente [A]	7,567	7,722	7,876	8,031	8,186
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	75,41	89,25	103,1	116,9	130,8

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-2,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	7,473 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-2,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	3,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>3,000 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 1500 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	900	1200	1500	1800	2100
Resfriamento [kW]	1,860	2,540	3,220	3,899	4,615
COP resfriamento reduzido [W/W]	4,03	4,33	4,53	4,67	4,63
Aquecimento [kW]	2,322	3,126	3,931	4,735	5,611
COP aquecimento [W/W]	5,03	5,33	5,53	5,67	5,63
Potência [kW]	0,462	0,586	0,711	0,836	0,996
Corrente [A]	4,798	5,721	6,644	7,567	7,722
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	35,98	49,12	62,26	75,41	89,25

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-3,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	7,234 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-3,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	2,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>3,680 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 1800 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	1200	1500	1800	2100	2400
Resfriamento [kW]	2,434	3,087	3,739	4,431	5,123
COP resfriamento reduzido [W/W]	4,10	4,29	4,42	4,40	4,39
Aquecimento [kW]	3,028	3,806	4,584	5,437	6,290
COP aquecimento [W/W]	5,10	5,29	5,42	5,40	5,39
Potência [kW]	0,594	0,720	0,846	1,006	1,167
Corrente [A]	5,779	6,713	7,648	7,799	7,950
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	47,16	59,80	72,44	85,84	99,25

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-5,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	6,775 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-5,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	0,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>7,020 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 3600 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	3000	3300	3600	3900	4200
Resfriamento [kW]	6,014	6,660	7,307	7,908	8,502
COP resfriamento reduzido [W/W]	3,98	3,98	3,98	3,94	3,91
Aquecimento [kW]	7,526	8,334	9,142	9,914	10,68
COP aquecimento [W/W]	4,98	4,98	4,98	4,94	4,91
Potência [kW]	1,512	1,674	1,835	2,006	2,177
Corrente [A]	8,382	8,526	8,669	9,377	10,10
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	117,0	129,6	142,1	153,8	165,4

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A			
Evaporating dew point temperature:	-3,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C	
Pressão de evaporação:	7,234 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar	
Evaporating mean temperature:	-3,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K	
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K	
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K	
Temperatura do gás de retorno:	2,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C	
Condições de classificação:	<i>Custom</i>			
Required cooling capacity:	<i>4,400 kW</i>			

Seleção: VRJ028-K, R410A - 2100 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	1500	1800	2100	2400	2700
Resfriamento [kW]	3,087	3,739	4,431	5,123	5,815
COP resfriamento reduzido [W/W]	4,29	4,42	4,40	4,39	4,38
Aquecimento [kW]	3,806	4,584	5,437	6,290	7,142
COP aquecimento [W/W]	5,29	5,42	5,40	5,39	5,38
Potência [kW]	0,720	0,846	1,006	1,167	1,327
Corrente [A]	6,713	7,648	7,799	7,950	8,102
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	59,80	72,44	85,84	99,25	112,7

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-3,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	7,234 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-3,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	2,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>4,950 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 2400 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	1800	2100	2400	2700	3000
Resfriamento [kW]	3,739	4,431	5,123	5,815	6,507
COP resfriamento reduzido [W/W]	4,42	4,40	4,39	4,38	4,37
Aquecimento [kW]	4,584	5,437	6,290	7,142	7,995
COP aquecimento [W/W]	5,42	5,40	5,39	5,38	5,37
Potência [kW]	0,846	1,006	1,167	1,327	1,488
Corrente [A]	7,648	7,799	7,950	8,102	8,253
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	72,44	85,84	99,25	112,7	126,1

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	7,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	9,894 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	7,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	12,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>2,679 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 900 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	900	900	1200	1500
Resfriamento [kW]	2,679	2,679	3,610	4,542
COP resfriamento reduzido [W/W]	6,74	6,74	7,03	7,21
Aquecimento [kW]	3,077	3,077	4,124	5,171
COP aquecimento [W/W]	7,74	7,74	8,03	8,21
Potência [kW]	0,398	0,398	0,514	0,629
Corrente [A]	4,345	4,345	5,182	6,018
Frequência [Hz]	50	50	50	50
Fonte de alimentação				
Fluxo de massa [kg/h]	51,00	51,00	68,73	86,46

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-25,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	3,301 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-25,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	-20,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>1,000 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 1500 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	-	-	1500	1800	2100
Resfriamento [kW]	-	-	0,979	1,245	1,486
COP resfriamento reduzido [W/W]	-	-	1,12	1,23	1,26
Aquecimento [kW]	-	-	1,852	2,261	2,668
COP aquecimento [W/W]	-	-	2,12	2,23	2,26
Potência [kW]	-	-	0,874	1,016	1,182
Corrente [A]	-	-	8,051	9,082	9,132
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	-	-	19,93	25,36	30,27

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-25,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	3,301 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-25,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	-20,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>1,870 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 2700 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	2100	2400	2700	3000	3300
Resfriamento [kW]	1,486	1,728	1,969	2,210	2,452
COP resfriamento reduzido [W/W]	1,26	1,28	1,30	1,32	1,33
Aquecimento [kW]	2,668	3,075	3,483	3,890	4,297
COP aquecimento [W/W]	2,26	2,28	2,30	2,32	2,33
Potência [kW]	1,182	1,348	1,514	1,680	1,845
Corrente [A]	9,132	9,183	9,233	9,284	9,334
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	30,27	35,19	40,10	45,02	49,93

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 2.2.2. Banco de dados: 27.27.1.12.9
 Impresso: 25 de Maio de 2018
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Compressores 1

Condições de operação

Refrigerante:	R410A		
Evaporating dew point temperature:	-25,0 °C	Temperatura de condensação (ponto de	30,0 °C
Pressão de evaporação:	3,301 bar	Pressão de condensação:	18,77 bar
Evaporating mean temperature:	-25,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento total:	5,0 K
Temperatura do gás de retorno:	-20,0 °C	Temperatura do líquido:	24,9 °C
Condições de classificação:	<i>Custom</i>		
Required cooling capacity:	<i>1,500 kW</i>		

Seleção: VRJ028-K, R410A - 2100 rpm

Modelo	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K	VRJ028-K
Tecnologia	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Configuration	Individual	Individual	Individual	Individual	Individual
Refrigerante	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Controle de capacidade	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável	Velocidade variável
Velocidade [rpm]	1500	1800	2100	2400	2700
Resfriamento [kW]	0,979	1,245	1,486	1,728	1,969
COP resfriamento reduzido [W/W]	1,12	1,23	1,26	1,28	1,30
Aquecimento [kW]	1,852	2,261	2,668	3,075	3,483
COP aquecimento [W/W]	2,12	2,23	2,26	2,28	2,30
Potência [kW]	0,874	1,016	1,182	1,348	1,514
Corrente [A]	8,051	9,082	9,132	9,183	9,233
Frequência [Hz]	50	50	50	50	50
Fonte de alimentação					
Fluxo de massa [kg/h]	19,93	25,36	30,27	35,19	40,10

Selected code number and spare parts

Código: 121U7003. VRJ028UKNP6, Single pack pcs, 1

**Anexo E – Dimensionamento da tubagem de
água do sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A**

Cálculo da Altura Manométrica da Bomba

n.º	Item	Parâmetro	Unidade																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1.	Tubagem																									
	Caudal de água	q	l/h	25848,2	2653,6	1151	575,5	1502,6	751,3	23194,6	1356,7	21837,9	5045,5	1399,2	3646,3	1399,2	2247,1	847,9	1399,2	16792,4	1971,9	14820,5	7946,7			
	Comprimento total de tubagem	L	m	39,40	4,20	0,80	1,20	1,30	1,00	13,10	2,00	1,20	8,50	2,90	2,50	0,60	1,50	0,20	0,70	2,60	1,50	2,50	2,80			
	Material	M	-	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável			
	Diâmetro nominal da tubagem	D	mm	150,00	50,00	25,00	20,00	32,00	25,00	125,00	32,00	125,00	65,00	32,00	50,00	32,00	40,00	25,00	32,00	125,00	40,00	100,00	80,00			
	Diâmetro interior da tubagem	Di	mm	159,30	54,50	28,50	22,30	37,20	28,50	131,70	37,20	131,70	70,30	37,20	54,50	37,20	43,10	28,50	37,20	131,70	43,10	107,10	82,50			
	Secção de passagem	A	m²	0,01993	0,00233	0,00064	0,00039	0,00109	0,00064	0,01362	0,00109	0,01362	0,00388	0,00109	0,00233	0,00109	0,00146	0,00064	0,00109	0,01362	0,00146	0,00901	0,00535			
	Caudal de água	q	L/s	7,18	0,74	0,32	0,16	0,42	0,21	6,44	0,38	6,07	1,40	0,39	1,01	0,39	0,62	0,24	0,39	4,66	0,55	4,12	2,21			
	Velocidade da água	v	m/s	0,36	0,32	0,50	0,41	0,38	0,33	0,47	0,35	0,45	0,36	0,36	0,43	0,36	0,43	0,37	0,36	0,34	0,38	0,46	0,41			
	Pressão dinâmica	Pd	kPa	0,06	0,05	0,13	0,08	0,07	0,05	0,11	0,06	0,10	0,07	0,06	0,09	0,06	0,09	0,07	0,06	0,06	0,07	0,10	0,09			
	Temperatura da água	T	°C	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00			
	Massa específica	p	kg/m³	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10			
	Coefficiente de rugosidade	C	-	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00			
	Perda de carga linear	PCL	Pa/m	8,02	22,00	110,16	100,80	49,30	49,99	16,58	40,80	14,83	20,93	43,20	39,63	43,20	50,71	62,55	43,20	9,12	39,81	19,81	22,26			
Perda Carga Total Tubagem	PCTT	kPa	0,32	0,09	0,09	0,12	0,06	0,05	0,22	0,08	0,02	0,18	0,13	0,10	0,03	0,08	0,01	0,03	0,02	0,06	0,05	0,06				
2.	Curvas a 90º																									
	Quantidade	Q2	-	2,00			1,00		1,00	1,00	1,00			2,00	1,00	1,00		1,00	1,00							
	Coefficiente de perda de carga	K	-	0,29	1,00	1,50	1,70	1,30	1,50	0,30	1,30	0,30	0,85	1,30	1,00	1,30	1,20	1,50	1,30	0,30	1,20	0,70	0,80			
Perda Curvas a 90º	PCC	kPa	0,04	0,00	0,00	0,14	0,00	0,08	0,03	0,08	0,00	0,00	0,17	0,09	0,08	0,00	0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00				
3.	Curvas a 45º																									
	Quantidade	Q3	-	2,00																						
	Coefficiente de perda de carga	K	-	0,17	0,31	0,34	0,35	0,33	0,34	0,18	0,33	0,18	0,30	0,33	0,31	0,33	0,32	0,34	0,33	0,18	0,32	0,28	0,29			
Perda Curvas a 45º	DP3	kPa	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
4.	Tês em Ramal																									
	Quantidade	Q4	-																							
	Coefficiente de perda de carga	K	-	0,62	1,40	1,80	2,10	1,70	1,80	0,68	1,70	0,68	1,30	1,70	1,40	1,70	1,60	1,80	1,70	0,68	1,60	1,10	1,20			
Perda Tês em ramal	DP4	kPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
5.	Tês em Linha																									
	Quantidade	Q5	-	3,00	1,00	1,00		1,00		1,00			1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00				
	Coefficiente de perda de carga	K	-	0,12	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,14	0,90	0,14	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,14	0,90	0,90	0,90			
Perda Tês em linha	DP5	kPa	0,02	0,04	0,11	0,00	0,07	0,00	0,02	0,00	0,01	0,06	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,09	0,08			
7.	Válvulas de Equilíbrio Dinâmico																									
	Quantidade	Q7	-			2,00		2,00		1,00			1,00		1,00		1,00	1,00		1,00						
	Coefficiente de perda de carga	Kv	kPa			7,00		7,00		7,00			7,00		7,00		7,00	7,00		7,00						
Perda Válvulas Equilíbrio Dinâmico	DP7	kPa	0,00	0,00	0,00	14,00	0,00	14,00	0,00	7,00	0,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	0,00	7,00	0,00	0,00				
8.	Válvulas de Macho Esférico																									
	Quantidade	Q8	-			1,00		1,00		1,00			1,00		1,00		1,00	1,00		1,00						
	Coefficiente de perda de carga	Kv	(L/s) / kPa	583,33	110,28	23,69	17,22	33,61	23,69	280,56	33,61	280,56	148,61	33,61	110,28	33,61	81,11	23,69	33,61	280,56	81,11	222,22	236,11			
Perda Válvulas Macho Esférico	DP8	kPa	0,00	0,00	0,00	17,22	0,00	23,69	0,00	33,61	0,00	0,00	33,61	0,00	33,61	0,00	23,69	33,61	0,00	81,11	0,00	0,00				
9.	Válvulas de Borboleta																									
	Quantidade	Q9	-																							
	Coefficiente de perda de carga	Kv	(L/s) / kPa	583,33	110,28	23,69	17,22	33,61	23,69	280,56	33,61	280,56	148,61	33,61	110,28	33,61	81,11	23,69	33,61	280,56	81,11	222,22	236,11			
Perda Válvulas de Borboleta	DP9	kPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
12.	Válvulas de Retenção																									
	Quantidade	Q12	-																							
	Coefficiente de perda de carga	K	-	2,00	2,30	3,00	3,70	2,70	3,00	2,00	2,70	2,00	2,20	2,70	2,30	2,70	2,50	3,00	2,70	2,00	2,50	2,00	2,10			
Perda Válvulas de Retenção	DP12	kPa																								
13.	Filtros Tipo Y																									
	Quantidade	Q13	-			1,00		1,00		1,00			1,00		1,00		1,00	1,00		1,00						
	Comprimento Equivalente	L	m			6,00		6,00		6,00			6,00		6,00		6,00	6,00		6,00						
Perda Filtros Tipo Y	DP13	kPa	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00	6,00	0,00	0,00				
Perda Total na Secção				DPtot	kPa	0,40	0,14	0,20	37,49	0,13	43,82	0,27	46,77	0,03	0,24	46,90	0,28	46,72	0,16	36,81	46,72	0,03	94,17	0,14	0,14	
Coefficiente de Segurança				CS	-	1,25																				
Pressão da Bomba				P	kPa	120,12	Volume Total = 2011,42 Litros																			

Cálculo da Altura Manométrica da Bomba

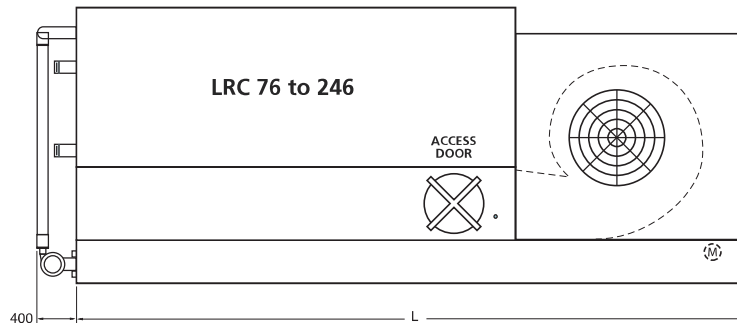
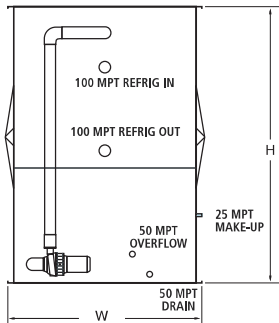
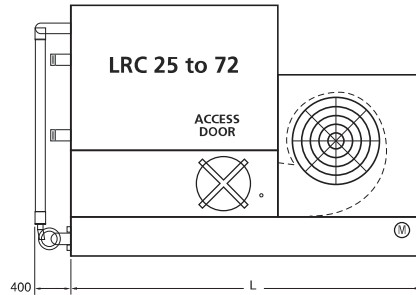
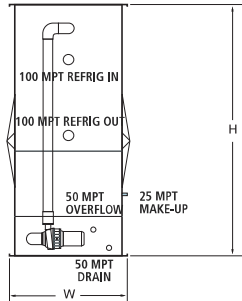
Troços																				
21	22	23	24	25	26	27	28	029	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1971,9	5974,8	1966,1	4008,7	1021,3	2987,4	1966,1	1021,3	663,7	6210,1	663,7	855,3	399,5	455,8	4691,1	1172,8	3518,3	1172,8	2345,5	988,8	1356,7
1,00	13,40	1,50	0,60	3,80	3,50	1,50	4,50	1,50	11,30	30,20	1,20	0,80	1,00	4,20	0,40	1,00	0,50	6,50	0,40	5,70
Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável
40,00	65,00	32,00	50,00	25,00	50,00	40,00	25,00	20,00	65,00	20,00	25,00	15,00	20,00	65,00	32,00	50,00	32,00	40,00	25,00	32,00
43,10	70,30	37,20	54,50	28,50	54,50	43,10	28,50	22,30	70,30	22,30	28,50	17,30	22,30	70,30	37,20	54,50	37,20	43,10	28,50	37,20
0,00146	0,00388	0,00109	0,00233	0,00064	0,00233	0,00146	0,00064	0,00039	0,00388	0,00039	0,00064	0,00024	0,00039	0,00388	0,00109	0,00233	0,00109	0,00146	0,00064	0,00109
0,55	1,66	0,55	1,11	0,28	0,83	0,55	0,28	0,18	1,73	0,18	0,24	0,11	0,13	1,30	0,33	0,98	0,33	0,65	0,27	0,38
0,38	0,43	0,50	0,48	0,44	0,36	0,37	0,44	0,47	0,44	0,47	0,37	0,47	0,32	0,34	0,30	0,42	0,30	0,45	0,43	0,35
0,07	0,09	0,13	0,11	0,10	0,06	0,07	0,10	0,11	0,10	0,11	0,07	0,11	0,05	0,06	0,04	0,09	0,04	0,10	0,09	0,06
25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10	999,10
150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
39,81	28,62	81,11	47,23	88,28	27,40	39,60	88,28	131,27	30,74	131,27	63,56	176,58	65,45	18,29	31,16	37,09	31,16	54,90	83,15	40,80
0,04	0,38	0,12	0,03	0,34	0,10	0,06	0,40	0,20	0,35	3,96	0,08	0,14	0,07	0,08	0,01	0,04	0,02	0,36	0,03	0,23
2,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00			4,00		1,00	2,00	1,00						2,00
1,20	0,85	1,30	1,00	1,50	1,00	1,20	1,50	1,70	0,85	1,70	1,50	2,10	1,70	0,85	1,30	1,00	1,30	1,20	1,50	1,30
0,17	0,08	0,16	0,00	0,15	0,00	0,08	0,15	0,00	0,00	0,76	0,00	0,23	0,18	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
0,32	0,30	0,33	0,31	0,34	0,31	0,32	0,34	0,35	0,30	0,35	0,34	0,37	0,35	0,30	0,33	0,31	0,33	0,32	0,34	0,33
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,60	1,30	1,70	1,40	1,80	1,40	1,60	1,80	2,10	1,30	2,10	1,80	2,40	2,10	1,30	1,70	1,40	1,70	1,60	1,80	1,70
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	1,00	0,90	2,00	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00	0,90	0,90
0,00	0,08	0,00	0,10	0,00	0,06	0,00	0,00	0,10	0,09	0,00	0,12	0,00	0,00	0,05	0,00	0,08	0,00	0,09	0,00	0,00
1,00		1,00		1,00		1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00	1,00
7,00		7,00		7,00		7,00	7,00	7,00		7,00		7,00	7,00		7,00		7,00		7,00	7,00
7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00
1,00		1,00		1,00		1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00	1,00
81,11	148,61	33,61	110,28	23,69	110,28	81,11	23,69	17,22	148,61	17,22	23,69	10,89	17,22	148,61	33,61	110,28	33,61	81,11	23,69	33,61
81,11	0,00	33,61	0,00	23,69	0,00	81,11	23,69	17,22	0,00	17,22	0,00	10,89	17,22	0,00	33,61	0,00	33,61	0,00	23,69	33,61
81,11	148,61	33,61	110,28	23,69	110,28	81,11	23,69	17,22	148,61	17,22	23,69	10,89	17,22	148,61	33,61	110,28	33,61	81,11	23,69	33,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,50	2,20	2,70	2,30	3,00	2,30	2,50	3,00	3,70	2,20	3,70	3,00	5,50	3,70	2,20	2,70	2,30	2,70	2,50	3,00	2,70
1,00		1,00		1,00		1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00	1,00
6,00		6,00		6,00		6,00	6,00	6,00		6,00		6,00	6,00		6,00		6,00		6,00	6,00
6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00
94,32	0,54	46,90	0,13	37,18	0,15	94,25	37,24	30,52	0,44	34,94	0,20	24,26	30,47	0,18	46,62	0,12	46,63	0,45	36,73	47,00

**Anexo F – Catálogo EVAPCO para
condensadores/arrefecedores evaporativos**

LRC

ENGINEERING DATA AND DIMENSIONS

Models LRC 25 to 246



Unit No.	Fans			Weights (kg)		**R-717 Operating Charge (kg)	Spray Pump kW	Remote Sump		Dimensions (mm)		
	N°	kW*	m³/s	Shipping	Operating			Liters Req'd***	Conn. Size	Height H	Length L	Width W
LRC- 25	1	0,75	3,1	1050	1520	19	0,37	303	100	2026	3083	1029
27	1	1,1	3,6	1050	1525	19	0,37	303	100	2026	3083	1029
29	1	1,5	3,9	1050	1525	19	0,37	303	100	2026	3083	1029
35	1	1,1	3,5	1200	1685	27	0,37	303	100	2026	3083	1029
38	1	1,5	3,9	1200	1685	27	0,37	303	100	2026	3083	1029
42	1	2,2	4,4	1205	1690	27	0,37	303	100	2026	3083	1029
48	1	4	5,2	1210	1695	27	0,37	303	100	2026	3083	1029
51	1	2,2	4,3	1365	1860	34	0,37	303	100	2216	3083	1029
58	1	4	5,1	1370	1865	34	0,37	303	100	2216	3083	1029
65	1	4	5,0	1540	2050	42	0,37	303	100	2407	3083	1029
72	1	5,5	5,8	1565	2070	42	0,37	303	100	2407	3083	1029
LRC-76	1	4	7,6	1835	2680	43	0,75	455	150	2026	3731	1540
84	1	5,5	8,7	1850	2700	43	0,75	455	150	2026	3731	1540
91	1	4	7,4	2075	2945	55	0,75	455	150	2216	3731	1540
101	1	5,5	8,5	2120	2985	55	0,75	455	150	2216	3731	1540
114	1	5,5	8,3	2365	3250	67	0,75	455	150	2407	3731	1540
LRC-108	1	5,5	10,6	2380	3660	61	1,1	643	150	2026	4636	1540
116	1	7,5	11,7	2400	3675	61	1,1	643	150	2026	4636	1540
128	1	11	13,3	2450	3725	61	1,1	643	150	2026	4636	1540
131	1	5,5	10,4	2760	4065	79	1,1	643	150	2216	4636	1540
140	1	7,5	11,4	2770	4080	79	1,1	643	150	2216	4636	1540
155	1	11	13,1	2820	4130	79	1,1	643	150	2216	4636	1540
174	1	11	12,8	3215	4550	99	1,1	643	150	2407	4636	1540
183	1	11	12,6	3555	4920	118	1,1	643	150	2597	4636	1540
LRC-190	1	15	16,2	3465	5250	106	1,5	908	200	2242	5553	1540
201	1	18,5	17,4	3470	5255	106	1,5	908	200	2242	5553	1540
213	1	15	15,8	3955	5780	132	1,5	908	200	2432	5553	1540
225	1	18,5	17,0	3965	5785	132	1,5	908	200	2432	5553	1540
233	1	22	18,1	3975	5790	132	1,5	908	200	2432	5553	1540
246	1	22	17,7	4430	6295	157	1,5	908	200	2623	5553	1540

* For dry operation or for external static pressure up to 125 Pa use next larger size fan motor.

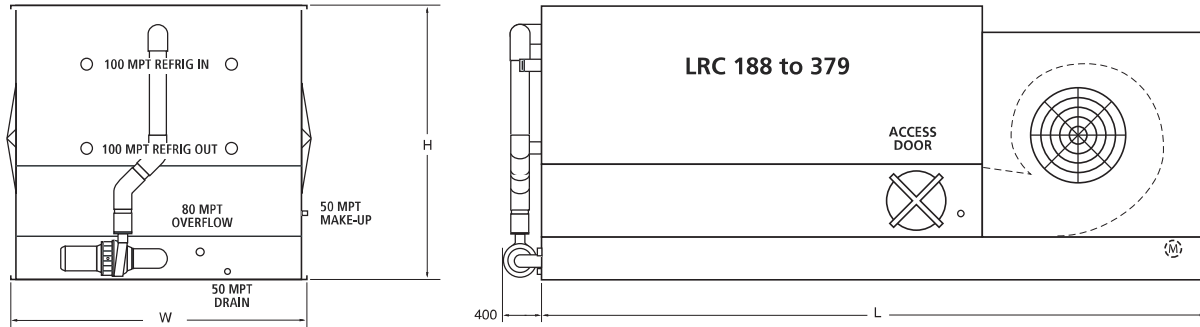
** Refrigerant charge is shown for R-717. Multiply by 1.93 for R22, 1.98 for R134A and 1.7 for R404A, R410A and R507A.

*** Liters shown is water in suspension in unit and piping. Allow for additional water in bottom of remote sump to cover pump suction and strainer during operation. (300 mm would normally be sufficient.)

ENGINEERING DATA AND DIMENSIONS



Models LRC 188 to 379



ENGINEERING


Unit No.	Fans			Weights (kg)		**R-717 Operating Charge (kg)	Spray Pump kW	Remote Sump		Dimensions (mm)		
	N°	kW*	m³/s	Shipping	Operating			Liters Req'd***	Conn. Size	Height H	Length L	Width W
LRC-188	2	15	19,7	3680	5780	94	1,5	946	200	2121	4629	2388
211	2	11	17,6	4225	6370	119	1,5	946	200	2311	4629	2388
227	2	15	19,3	4230	6380	119	1,5	946	200	2311	4629	2388
240	2	18,5	20,8	4235	6380	119	1,5	946	200	2311	4629	2388
255	2	15	19,0	4920	7165	178	1,5	946	200	2502	4629	2388
269	2	18,5	20,4	4925	7170	178	1,5	946	200	2502	4629	2388
LRC-249	2	22	26,3	4410	7265	128	2,2	1363	250	2121	5553	2388
287	2	18,5	24,3	5110	8035	166	2,2	1363	250	2311	5553	2388
300	2	22	25,9	5125	8040	166	2,2	1363	250	2311	5553	2388
321	2	18,5	23,8	5865	8845	204	2,2	1363	250	2502	5553	2388
336	2	22	25,3	5875	8855	204	2,2	1363	250	2502	5553	2388
361	2	30	27,9	6010	8985	204	2,2	1363	250	2502	5553	2388
379	2	30	27,3	6715	9750	242	2,2	1363	250	2692	5553	2388

* For dry operation or for external static pressure up to 125 Pa use next larger size fan motor.

** Refrigerant charge is shown for R-717. Multiply by 1.93 for R22, 1.98 for R134A and 1.7 for R404A, R410A and R507A.

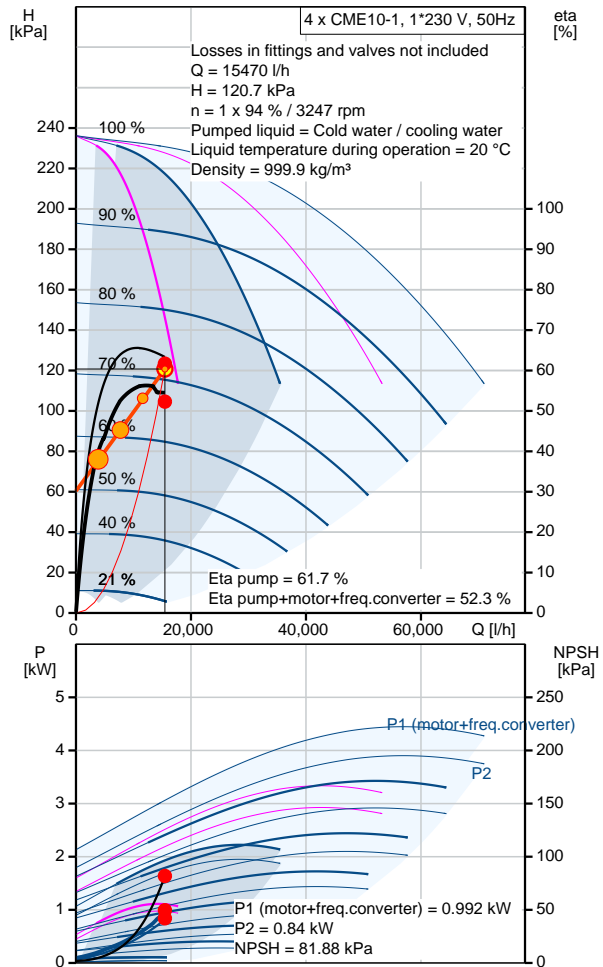
***Liters shown is water in suspension in unit and piping. Allow for additional water in bottom of remote sump to cover pump suction and strainer during operation. (300 mm would normally be sufficient.)

**Anexo G – Fichas técnicas das bombas do
Sistema *Coolbox/Waterloop* com R410A**

Position	Qty.	Description
	4	<p>CME10-1 A-R-A-E-AVBE</p>  <p>Product No.: 98394926</p> <p>Compact, reliable, horizontal, multistage, end-suction centrifugal pump with axial suction port and radial discharge port. The shaft, impellers and chambers are made of stainless steel. The inlet and discharge parts are made of cast iron. The mechanical shaft seal is a special designed, unbalanced O-ring seal. Pipework connection is via internal Whitworth pipe threads, Rp (ISO 7/1).</p> <p>The pump is fitted with a 1-phase, fan-cooled, permanent-magnet, synchronous motor. The motor efficiency is classified as IE5 in accordance with IEC 60034-30-2.</p> <p>The motor includes a frequency converter and PI controller in the motor terminal box. This enables continuously variable control of the motor speed, which again enables adaptation of the performance to a given requirement.</p> <p>A control panel on the motor terminal box enables setting of required setpoint as well as setting of pump to "Min." or "Max." operation or to "Stop". The Grundfos Eye indicator on the control panel provides visual indication of pump status:</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Power on": Motor is running (rotating green indicator lights) or not running (permanently green indicator lights) - "Warning": Motor is still running (rotating yellow indicator lights) or has stopped (permanently yellow indicator lights) - "Alarm": Motor has stopped (flashing red indicator lights). <p>Communication with the pump is possible by means of the Grundfos GO Remote (accessory). The remote control enables further settings as well as reading out of a number of parameters such as "Actual value", "Speed", "Power input" and total "Power consumption".</p> <p>The terminal box holds terminals for these connections:</p> <ul style="list-style-type: none"> - one dedicated digital input - two analog inputs, 0(4)-20 mA, 0-5 V, 0-10 V, 0.5 - 3.5 V - 5 V voltage supply to potentiometer and sensor - one configurable digital input or open-collector output - Grundfos Digital Sensor input and output - 24 V voltage supply for sensors - two signal relay outputs (potential-free contacts) - GENIbus connection - interface for Grundfos CIM fieldbus module. <p>Liquid:</p> <p>Pumped liquid: Cold water / cooling water Liquid temperature range: -20 .. 90 °C Liquid temperature during operation: 20 °C Density: 999.9 kg/m³ Kinematic viscosity: 1 mm²/s</p> <p>Technical:</p> <p>Speed for pump data: 3480 rpm Actual calculated flow: 15470 l/h</p>

Position	Qty.	Description
		<p>Resulting head of the pump: 120.9 kPa Primary shaft seal: AVBE Approvals on nameplate: CE,TR,CURUS,EAC Curve tolerance: ISO9906:2012 3B</p> <p>Materials: Pump housing: Cast iron EN-JL1030 ASTM 30 B Impeller: Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304 Rubber: EPDM</p> <p>Installation: Maximum ambient temperature: 40 °C Maximum operating pressure: 10 bar Max pressure at stated temp: 6 bar / 90 °C 10 bar / 40 °C Flange standard: WHITWORTH THREAD RP Pump inlet: Rp 1 1/2 Pump outlet: Rp 1 1/2</p> <p>Electrical data: Motor type: 80B IE Efficiency class: IE5 Rated power - P2: 1.1 kW Mains frequency: 50 Hz Rated voltage: 1 x 200-240 V Rated current: 6,70-5,60 A Requested voltage: 230 V Rated current at this voltage: 5.88 A Rated speed: 360-4000 rpm Enclosure class (IEC 34-5): IP55 Insulation class (IEC 85): F</p> <p>Others: Minimum efficiency index, MEI : 0,7 Net weight: 22.7 kg Gross weight: 26.2 kg</p>

Description	Value
General information:	
Product name:	CME10-1 A-R-A-E-AVBE
Product No:	98394926
EAN number:	5711494280551
Technical:	
Speed for pump data:	3480 rpm
Actual calculated flow:	15470 l/h
Resulting head of the pump:	120.9 kPa
Impellers:	1
Primary shaft seal:	AVBE
Approvals on nameplate:	CE,TR,CURUS,EAC
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Pump version:	A
Model:	A
Materials:	
Pump housing:	Cast iron EN-JL1030
Impeller:	Stainless steel ASTM 30 B DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Material code:	A
Rubber:	EPDM
Code for rubber:	E
Installation:	
Maximum ambient temperature:	40 °C
Maximum operating pressure:	10 bar
Max pressure at stated temp:	6 bar / 90 °C 10 bar / 40 °C
Flange standard:	WHITWORTH THREAD RP
Connect code:	R
Pump inlet:	Rp 1 1/2
Pump outlet:	Rp 1 1/2
Liquid:	
Pumped liquid:	Cold water / cooling water
Liquid temperature range:	-20 .. 90 °C
Liquid temperature during operation:	20 °C
Density:	999.9 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s
Electrical data:	
Motor type:	80B
IE Efficiency class:	IE5
Rated power - P2:	1.1 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	1 x 200-240 V
Rated current:	6,70-5,60 A
Requested voltage:	230 V
Rated current at this voltage:	5.88 A
Rated speed:	360-4000 rpm
Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
Insulation class (IEC 85):	F
Others:	
Minimum efficiency index, MEI :	0,7
Net weight:	22.7 kg
Gross weight:	26.2 kg
Config. file no:	98500344



**Anexo H – Dimensionamento da tubagem e
seleção de compressores do sistema
Coolbox/Waterloop com R290**

Cálculo da dimensão e perda de carga das tubagens de Coolboxes com R290

Nº coolbox	Carga térmica [kW]	Temperatura de evaporação [°C]	Temperatura de condensação [°C]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
				Linha de Líquido	Linha de Aspiração	Linha de Líquido	Linha de Aspiração	
1	6,77	-5,00	30,00	3/8	3/4	0,046	0,037	0,264
2	0,89	-5,00	30,00	1/4	3/8	0,013	0,038	0,168
3	7,12	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,029	0,057	0,273
4	3,62	-2,00	30,00	5/16	1/2	0,032	0,067	0,312
5	7,12	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,029	0,057	0,273
6	3,62	-2,00	30,00	5/16	1/2	0,032	0,067	0,312
7	4,82	-2,00	30,00	5/16	3/4	0,039	0,009	0,159
8	2,82	-2,00	30,00	5/16	5/8	0,015	0,009	0,087
9	4,82	-2,00	30,00	5/16	5/8	0,043	0,028	0,228
10	5,30	-2,00	30,00	3/8	5/8	0,025	0,049	0,237
11	3,68	-3,00	30,00	1/4	1/2	0,055	0,033	0,279
12	7,02	-5,00	30,00	3/8	3/4	0,040	0,032	0,231
13	3,77	-3,00	30,00	1/4	1/2	0,064	0,038	0,321
14	4,51	-3,00	30,00	1/4	1/2	0,065	0,039	0,327
15	3,96	-3,00	30,00	1/4	1/2	0,070	0,042	0,351
16	4,95	-3,00	30,00	5/16	5/8	0,044	0,029	0,234
17	1,44	7,00	30,00	1/4	5/16	0,011	0,074	0,270
18	1,56	7,00	30,00	1/4	3/8	0,015	0,032	0,156
19	0,66	-25,00	30,00	1/4	3/8	0,009	0,049	0,189
20	1,87	-25,00	30,00	1/4	1/2	0,023	0,026	0,162
21	1,87	-25,00	30,00	1/4	3/8	0,004	0,027	0,108
22	1,28	-25,00	30,00	1/4	5/16	0,003	0,057	0,195
23	1,28	-25,00	30,00	1/4	3/8	0,011	0,065	0,243

Seleção de compressores de Coolboxs com R290

Nº coolbox	Carga térmica [kW]	Temperatura de evaporação [°C]	Temperatura de condensação [°C]	Perda de carga total [bar]	Modelo do compressor	Potência frigorífica máxima do compressor [kW]	EER
1	6,77	-5,00	30,00	0,264	3 x NX21TBa	7,33	3,29
2	0,89	-5,00	30,00	0,168	NLY75RAb	0,93	3,73
3	7,12	-2,00	30,00	0,273	3 x NX21TBa	8,19	3,57
4	3,62	-2,00	30,00	0,312	2 x NX21TBa	5,46	3,57
5	7,12	-2,00	30,00	0,273	3 x NX21TBa	8,19	3,57
6	3,62	-2,00	30,00	0,312	2 x NX21TBa	5,46	3,57
7	4,82	-2,00	30,00	0,159	2 x NX21TBa	5,46	3,57
8	2,82	-2,00	30,00	0,087	2 x SC12CNX	2,97	3,56
9	4,82	-2,00	30,00	0,228	2 x NX21TBa	5,46	3,57
10	5,30	-2,00	30,00	0,237	2 x NX21TBa	5,46	3,57
11	3,68	-3,00	30,00	0,279	2 x SC18CNX	4,02	2,77
12	7,02	-5,00	30,00	0,231	3 x NX21TBa	7,33	3,29
13	3,77	-3,00	30,00	0,321	2 x SC18CNX	4,02	2,77
14	4,51	-3,00	30,00	0,327	2 x NX21TBa	5,27	3,48
15	3,96	-3,00	30,00	0,351	2 x SC18CNX	4,02	2,77
16	4,95	-3,00	30,00	0,234	2 x NX21TBa	5,27	3,48
17	1,44	7,00	30,00	0,270	NLY80RAb	1,46	4,65
18	1,56	7,00	30,00	0,156	NLY90RAb	1,64	4,67
19	0,66	-25,00	30,00	0,189	NPT12FSC	0,66	2,13
20	1,87	-25,00	30,00	0,162	2 x SLV15CNK.2	1,87	1,84
21	1,87	-25,00	30,00	0,108	2 x SLV15CNK.2	1,87	1,84
22	1,28	-25,00	30,00	0,195	2 x NPT12FSC	1,28	2,14
23	1,28	-25,00	30,00	0,243	2 x NPT12FSC	1,28	2,14

Anexo I – Catálogo Centauro para seleção de evaporadores

TA



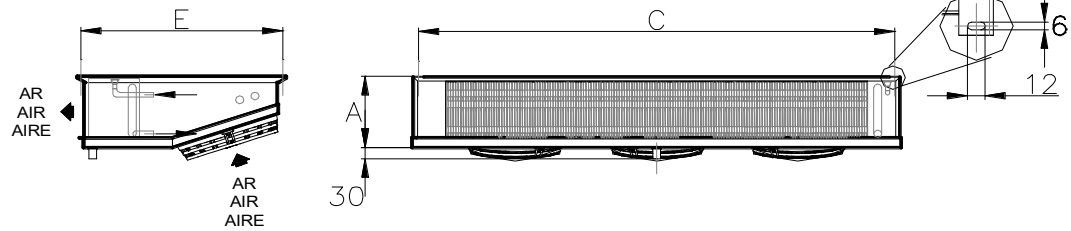
Evaporadores de Baixo Perfil Low Profile Coolers
 Espaçamento Fin Spacing
 Ø Ventiladores Fan Ø

4,2 mm
 172 - 200 - 230 mm

H(C)FC - R404A, R507A, R134a, R22, ...

APL	APD	DFL	Modelo Type	Capacidade QSm Capacity QSm (TC=+2°C / DTm=8K)		Capacidade Q0m Capacity Q0m (TC=-18°C / DTm=6K)		Superfície Surface m ²	Volume interno Internal Volume dm ³	Ventiladores Fans						
				kW						Nº. Nr.	Diâmetro Diameter mm	Caudal de ar Air flow m ³ /h	Projeção ar Air throw m	Rotação Revolutions rpm	Potência total Total power W	Corrente total Total current A
TAL	TA 170	0,31	-	1,50	0,33	1	172	170	2,0	1300	32	0,20	230/1/50			
	TA 172	0,41	-	2,20	0,50	1	172	145	2,0	1300	32	0,20	230/1/50			
	TA 174	0,92	-	4,40	0,85	2	172	290	2,0	1300	64	0,40	230/1/50			
	TA 176	1,30	-	6,60	1,21	3	172	430	2,0	1300	96	0,60	230/1/50			
	TA 178	1,81	-	8,80	1,60	4	172	570	2,0	1300	128	0,80	230/1/50			
	TA 200	0,42	-	1,70	0,37	1	200	300	3,0	1320	35	0,21	230/1/50			
	TA 202	0,54	-	2,30	0,49	1	200	270	3,0	1320	35	0,21	230/1/50			
	TA 204	0,59	-	2,80	0,61	1	200	250	3,0	1320	35	0,21	230/1/50			
	TA 206	1,24	-	5,70	1,10	2	200	500	3,0	1320	70	0,42	230/1/50			
	TA 208	1,40	-	6,80	1,30	2	200	480	3,0	1320	70	0,42	230/1/50			
	TA 2010	1,97	-	8,50	1,54	3	200	750	3,0	1320	105	0,63	230/1/50			
	TA 230	0,70	-	2,60	0,55	1	230	480	3,5	1300	38	0,23	230/1/50			
	TA 232	0,88	-	3,40	0,73	1	230	460	3,5	1300	38	0,23	230/1/50			
	TA 234	1,09	-	4,30	0,92	1	230	430	3,5	1300	38	0,23	230/1/50			
	TA 236	1,14	-	5,10	1,10	1	230	390	3,5	1300	38	0,23	230/1/50			
	TA 238	1,68	-	5,10	1,00	2	230	960	3,5	1300	76	0,46	230/1/50			
TA 2310	1,79	-	6,80	1,30	2	230	920	3,5	1300	76	0,46	230/1/50				
TA 2312	2,24	-	8,50	1,62	2	230	860	3,5	1300	76	0,46	230/1/50				
TA 2314	2,86	-	10,20	1,90	3	230	1380	3,5	1300	114	0,69	230/1/50				
TA 2316	3,39	-	12,80	2,32	3	230	1290	3,5	1300	114	0,69	230/1/50				
MBX																
BWK																
CBL	Modelo Type	Preço sem resistências Price without heaters		Preço com resistências Price with heaters		Opções Options										
		EUR		EUR		/GM GM hot gas defrost	/GE GE hot gas defrost	/GT GT hot gas defrost	/W Water defrost	AR Alhetas revestidas Coated fins	BI Chapaia Inox Stainless steel casing	TI Tab. esgoto isol. Insul. drain pan	BR Bateria resistências Heater coil	RG Resistências gola Fan heaters	AS Adaptador Conduas Air Sock Adapter	
MT	TA 170	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-		
	TA 172	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-		
	TA 174	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-		
	TA 176	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-		
	TA 178	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-		
	TA 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TA 202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TA 204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TA 206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TA 208	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
TA 2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 232	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 236	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 2310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 2312	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 2314	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TA 2316	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
S	Standard	SP	Sob pedido													
S	Standard	SP	Under request													
BSUT																

CENTAURO



	Resistências do evaporador Cooler heaters			Ligações standard Standard connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E			
							mm						
	0,20	0,87	230/1/50	3/8	3/8	3/4	107	468	436	453	4,8	0,06	TA 170
	0,40	1,74	230/1/50	3/8	3/8	3/4	107	468	436	453	5,3	0,06	TA 172
	0,64	2,78	230/1/50	3/8	3/8	3/4	107	768	736	453	9,5	0,07	TA 174
	0,96	4,17	230/1/50	1/2	5/8	3/4	107	1068	1036	453	13,5	0,09	TA 176
	1,28	5,57	230/1/50	1/2	5/8	3/4	107	1368	1336	453	17,5	0,12	TA 178
	0,32	1,39	230/1/50	3/8	3/8	3/4	135	518	486	483	6,0	0,06	TA 200
	0,32	1,39	230/1/50	3/8	3/8	3/4	135	518	486	483	6,4	0,06	TA 202
	0,64	2,78	230/1/50	3/8	3/8	3/4	135	518	486	483	6,8	0,06	TA 204
	1,00	4,35	230/1/50	1/2	5/8	3/4	135	868	836	483	12,5	0,11	TA 206
	1,00	4,35	230/1/50	1/2	5/8	3/4	135	868	836	483	13,0	0,11	TA 208
	1,60	6,96	230/1/50	1/2	5/8	3/4	135	1218	1186	483	18,0	0,17	TA 2010
	0,32	1,39	230/1/50	3/8	3/8	3/4	190	518	486	503	7,0	0,06	TA 230
	0,44	1,91	230/1/50	3/8	3/8	3/4	190	518	486	503	7,6	0,06	TA 232
	0,64	2,78	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	518	486	503	8,2	0,06	TA 234
	0,64	2,78	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	518	486	503	8,7	0,06	TA 236
	0,84	3,65	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	868	836	503	12,5	0,11	TA 238
	0,84	3,65	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	868	836	503	13,8	0,11	TA 2310
	1,00	4,35	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	868	836	503	14,8	0,11	TA 2312
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	1218	1186	503	19,5	0,17	TA 2314
	1,60	6,96	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	1218	1186	503	21,0	0,17	TA 2316

FACTORES DE CORRECÇÃO E SELECÇÃO RÁPIDA / CORRECTION FACTORS AND QUICK SELECTION

RCm	DTm [K]							
	10	9	8	7	6	5	4	
TC [°C]	+5	1,298	1,168	1,039	0,909	0,781	0,679	0,564
	+2	1,200	1,080	1,000	0,857	0,741	0,638	0,517
	0	1,140	1,026	0,912	0,797	0,682	0,585	0,470
	-2	1,111	1,001	0,909	0,794	0,680	0,582	0,466

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
		1,00	0,94	1,01	0,95

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
		1,00	0,97

Capacidade corrigida / Corrected capacity

TA 232
TC=0°C
DTm=6K
R134a
Alumínio / Aluminium

$$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC1_{MP} \times FC2 \quad [kW]$$

$$Q_{0m} = 0,88 \times 0,682 \times 0,94 \times 1,00 = 0,56 \text{ kW}$$

Nomenclatura	Nomenclature
TC	Temperatura de câmara Room temperature
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature
Q _{Sm}	Capacidade para selecção em DTm Selection capacity in TDm
Q _{0m}	Capacidade corrigida em DTm Corrected capacity in TDm
FC1 _{MP}	Factor de correcção do refrigerante (ponto médio) Refrigerant correction factor (middle point)
FC2	Factor de correcção do material das alhetas Fin material correction factor
RCm	Factor de correcção para dados em DTm Correction factors for data in DTm

Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

Dados de cálculo / Selection data

Isolamento - Câmara de refrigerados Insulation - Chilling room	80mm PU
Isolamento - Câmara de congelados Insulation - Freezing room	100mm PU
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Entrada diária (% capacidade da câmara) Daily rotation (room capacity's %)	10%
Tempo de arrefecimento Cooling time	18h
Tipo de uso Usage	Normal

Armário frigorífico / Reach-in cooler (TC=0°C)

Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
0,15 - 0,17	180	170
0,25 - 0,29	260	172
0,5 - 0,58	400	202
0,8 - 0,9	520	230
1,0 - 1,5	680	174
1,2 - 1,7	850	206
2,0 - 2,3	910	176
2,5 - 2,9	1080	238
3,0 - 3,5	1250	2310
3,9 - 4,5	1750	2314

Câmara frigorífica / Walk-in cooler (TC=0°C)

Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
1,7 - 2,0	370	202
2,0 - 2,3	420	204
2,2 - 2,5	440	204
2,4 - 2,8	480	230
2,6 - 3,0	500	230
2,9 - 3,3	550	232
3,2 - 3,7	570	232
3,6 - 4,1	620	174
4,1 - 4,7	690	234
4,7 - 5,4	770	236
6,4 - 7,4	880	176
9,9 - 11,4	1200	238
11,0 - 13,0	1500	2010
13,0 - 15,0	1900	2314
19,0 - 25,0	2400	2316

TAL

Evaporadores de Baixo Perfil Low Profile Coolers
 Espaçamento Fin Spacing
 Ø Ventiladores Fan Ø

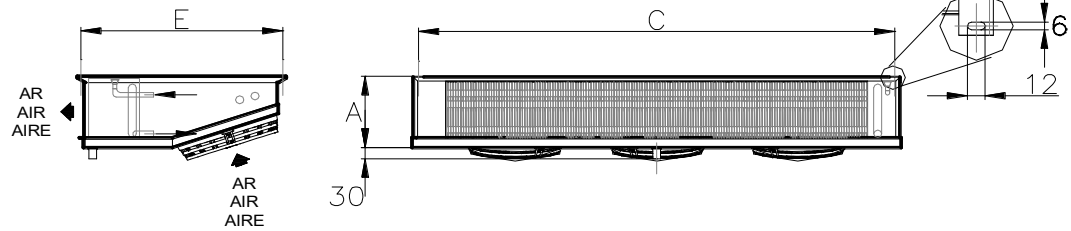
6,3 mm
 172 - 200 - 230 mm

H(C)FC - R404A, R507A, R134a, R22, ...



APL	APD	DFL	Modelo Type	Capacidade QSm Capacity QSm (TC=+2°C / DTm=8K)		Superfície Surface	Volume interno Internal Volume	Ventiladores Fans						
				Capacidade QSm Capacity QSm (TC=-18°C / DTm=6K)	kw			Nº. Nr.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Projeção ar Air throw	Rotação Revolutions	Potência total Total power	Corrente total Total current
TAL	ERK	BXL	DBX	BWK	CBK	DD	TFC	MTA	DDL	MTB	DXL	BSUT		
TAL	171	0,29	0,18	1,00	0,33	1	172	200	2,5	1300	32	0,20	230/1/50	
TAL	173	0,34	0,21	1,50	0,50	1	172	170	2,5	1300	32	0,20	230/1/50	
TAL	175	0,81	0,49	3,00	0,85	2	172	340	2,5	1300	64	0,40	230/1/50	
TAL	177	1,10	0,67	4,60	1,21	3	172	540	2,5	1300	96	0,60	230/1/50	
TAL	179	1,48	0,90	6,10	1,60	4	172	680	2,5	1300	128	0,80	230/1/50	
TAL	201	0,34	0,21	1,20	0,37	1	200	320	3,5	1320	35	0,21	230/1/50	
TAL	203	0,41	0,25	1,60	0,49	1	200	300	3,5	1320	35	0,21	230/1/50	
TAL	205	0,48	0,29	2,00	0,61	1	200	280	3,5	1320	35	0,21	230/1/50	
TAL	207	1,02	0,62	3,90	1,10	2	200	560	3,5	1320	70	0,42	230/1/50	
TAL	209	1,10	0,67	4,70	1,30	2	200	540	3,5	1320	70	0,42	230/1/50	
TAL	2011	1,55	0,94	5,90	1,54	3	200	840	3,5	1320	105	0,63	230/1/50	
TAL	231	0,52	0,32	1,80	0,55	1	230	500	4,0	1300	38	0,23	230/1/50	
TAL	233	0,66	0,40	2,40	0,73	1	230	480	4,0	1300	38	0,23	230/1/50	
TAL	235	0,84	0,51	3,00	0,92	1	230	440	4,0	1300	38	0,23	230/1/50	
TAL	237	0,95	0,58	3,50	1,10	1	230	420	4,0	1300	38	0,23	230/1/50	
TAL	239	1,10	0,67	3,50	1,00	2	230	1000	4,0	1300	76	0,46	230/1/50	
TAL	2311	1,35	0,82	4,70	1,30	2	230	960	4,0	1300	76	0,46	230/1/50	
TAL	2313	1,77	1,07	5,90	1,62	2	230	880	4,0	1300	76	0,46	230/1/50	
TAL	2315	2,25	1,36	7,10	1,90	3	230	1440	4,0	1300	114	0,69	230/1/50	
TAL	2317	2,61	1,58	8,80	2,32	3	230	1320	4,0	1300	114	0,69	230/1/50	
Modelo Type	Preço sem resistências Price without heaters		Preço com resistências Price with heaters		Opções Options									
	EUR		EUR		/GM	/GE	/GT	/W	AR	BI	TI	BR	RG	AS
					Desc. gás quente GM hot gas defrost	Desc. gás quente GE hot gas defrost	Desc. gás quente GT hot gas defrost	Desc. água Water defrost	Aléias revestidas Coated fins	Chapaia Inox Stainless steel casing	Tab. esgoto isol. Insul. drain pan	Bateria resistências Heater coil	Resistências gola Fan heaters	Adaptador Conduas Air Sock Adapter
TAL	171	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-
TAL	173	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-
TAL	175	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-
TAL	177	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-
TAL	179	SP	SP	-	-	-	-	-	SP	SP	-	SP	-	-
TAL	201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	209	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	231	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	233	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	235	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	2311	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	2313	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	2315	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAL	2317	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	Standard	SP	Sob pedido											
S	Standard	SP	Under request											

CENTAURO



	Resistências do evaporador Cooler heaters			Ligações standard connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type	
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E				
							mm							
	0,20	0,87	230/1/50	3/8	3/8	3/4	107	468	436	453	4,8	0,06	TAL	171
	0,40	1,74	230/1/50	3/8	3/8	3/4	107	468	436	453	5,3	0,06	TAL	173
	0,64	2,78	230/1/50	3/8	3/8	3/4	107	768	736	453	9,5	0,07	TAL	175
	0,96	4,17	230/1/50	1/2	5/8	3/4	107	1068	1036	453	13,5	0,09	TAL	177
	1,28	5,57	230/1/50	1/2	5/8	3/4	107	1368	1336	453	17,5	0,12	TAL	179
	0,32	1,39	230/1/50	3/8	3/8	3/4	135	518	486	483	6,0	0,06	TAL	201
	0,32	1,39	230/1/50	3/8	3/8	3/4	135	518	486	483	6,4	0,06	TAL	203
	0,64	2,78	230/1/50	3/8	3/8	3/4	135	518	486	483	6,8	0,06	TAL	205
	1,00	4,35	230/1/50	1/2	5/8	3/4	135	868	836	483	12,5	0,11	TAL	207
	1,00	4,35	230/1/50	1/2	5/8	3/4	135	868	836	483	13,0	0,11	TAL	209
	1,60	6,96	230/1/50	1/2	5/8	3/4	135	1218	1186	483	18,0	0,17	TAL	2011
	0,32	1,39	230/1/50	3/8	3/8	3/4	190	518	486	503	7,0	0,06	TAL	231
	0,44	1,91	230/1/50	3/8	3/8	3/4	190	518	486	503	7,6	0,06	TAL	233
	0,64	2,78	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	518	486	503	8,2	0,06	TAL	235
	0,64	2,78	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	518	486	503	8,7	0,06	TAL	237
	0,84	3,65	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	868	836	503	12,5	0,11	TAL	239
	0,84	3,65	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	868	836	503	13,8	0,11	TAL	2311
	1,00	4,35	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	868	836	503	14,8	0,11	TAL	2313
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	1218	1186	503	19,5	0,17	TAL	2315
	1,60	6,96	230/1/50	1/2	5/8	3/4	190	1218	1186	503	21,0	0,17	TAL	2317

FACTORES DE CORRECÇÃO E SELECÇÃO RÁPIDA CORRECTION FACTORS AND QUICK SELECTION

RCm	DTm [K]							
	10	9	8	7	6	5	4	
TC [°C]	+5	1,352	1,217	1,082	0,947	0,813	0,707	0,588
	+2	1,250	1,125	1,000	0,893	0,772	0,665	0,539
	0	1,188	1,069	0,950	0,830	0,710	0,609	0,490
	-15	1,018	0,918	0,830	0,730	0,640	0,539	0,434
	-20	0,963	0,867	0,770	0,660	0,583	0,490	0,393
	-25	0,950	0,854	0,764	0,649	0,567	0,476	0,385
	-34					0,561	0,471	0,381

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
		1,00	0,94	1,01	0,95

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
		1,00	0,97

Capacidade corrigida Corrected capacity

TAL 2313 AR
TC=-20°C
DTm=5K
R404A
Al. rev. / Coated al.

$$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC1_{MP} \times FC2 \quad [kW]$$

$$Q_{0m} = 1,77 \times 0,490 \times 1,00 \times 0,97 = 0,84 \text{ kW}$$

Nomenclatura Nomenclature	
TC	Temperatura de câmara Room temperature
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature
Q _{Sm}	Capacidade para selecção em DTm Selection capacity in TDm
Q _{0m}	Capacidade corrigida em DTm Corrected capacity in TDm
FC1 _{MP}	Factor de correcção do refrigerante (ponto médio) Refrigerant correction factor (middle point)
FC2	Factor de correcção do material das alhetas Fin material correction factor
RCm	Factor de correcção para dados em DTm Correction factors for data in DTm

Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

Dados de cálculo Selection data	
Isolamento - Refrigerados Insulation - Chilling room	80mm PU
Isolamento - Congelados Insulation - Freezing room	100mm PU
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Entrada diária (% capacidade da câmara) Daily rotation (room capacity's %)	10%
Tempo de arrefecimento Cooling time	18h
Tipo de uso Usage	Normal

Câmara frigorífica Walk-in cooler (TC=-20°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
2,0 - 2,3	490	175
3,8 - 4,4	730	177
5,0 - 6,0	860	2311
8,0 - 9,0	1050	2313
9,0 - 12,0	1300	2315
12,0 - 15,0	1500	2317

Câmara frigorífica Walk-in cooler (TC=+2°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
1,7 - 2,0	370	205
2,0 - 2,3	420	231
2,4 - 2,8	480	233
2,6 - 3,0	500	233
3,2 - 3,7	570	175
3,6 - 4,1	620	175
4,1 - 4,7	690	237
4,7 - 5,4	770	209
6,4 - 7,4	880	239
9,9 - 11,4	1200	2011

Armário frigorífico Reach-in cooler (TC=-20°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
0,16 - 0,18	160	171
0,30 - 0,35	200	173
0,50 - 0,58	290	205
0,60 - 0,70	400	233
0,80 - 1,00	490	175
1,00 - 1,15	730	177
1,28 - 1,47	760	2311
1,40 - 1,61	1000	2313

ERK

Evaporadores Redondos Round Coolers
 Espaçamento Fin Spacing
 Ø Ventiladores Fan Ø

3,2 - 4,2 mm
 300 - 400 - 450 - 500 mm

H(C)FC - R404A, R507A, R134a, R22, ...



Modelo Type	Capacidade Qs1 Capacity Qs1 (Tse=+12°C / DT1=11K)		Capacidade 1,35 x SC1 Capacity 1,35 x SC1 (Tse=+10°C / DT1=10K)		Superfície Surface m ²	Volume interno Internal Volume dm ³	Ventiladores Fans								
	kW	m ²	kW	m ²			Nº. Nr.	Diâmetro Diameter mm	Caudal de ar Air flow m ³ /h	Projeção ar Air throw m	Rotação Revolutions rpm	Potência total Total power W	Corrente total Total current A	Alimentação MPS V / F / Hz	Ruído (1) Noise level (1) dB(A)
ERK 304/413	1,42	3,74	1,29	3,74	0,67	1	300	1200	5,0	1300	72	0,32	230/1/50	49	
ERK 304/420	2,25	5,62	2,04	5,62	1,01	1	300	1400	5,0	1300	72	0,32	230/1/50	49	
ERK 304/331	3,39	9,77	3,08	9,77	1,35	1	300	1500	5,0	1300	72	0,32	230/1/50	49	
ERK 406/437	4,11	9,77	3,73	9,77	1,72	1	400	2400	6,0	935	205	0,96	230/1/50	50	
ERK 406/346	5,10	12,77	4,63	12,77	1,72	1	400	2400	6,0	935	205	0,96	230/1/50	50	
ERK 406/359	6,45	19,98	5,85	19,98	2,68	1	400	2300	6,0	935	205	0,96	230/1/50	50	
ERK 456/367	7,33	19,98	6,65	19,98	2,68	1	450	2800	8,0	935	205	0,96	230/1/50	52	
ERK 456/384	9,25	29,94	8,39	29,94	4,03	1	450	3200	8,0	935	205	0,96	230/1/50	52	
ERK 506/4109	12,02	44,28	10,91	44,28	5,87	1	500	5000	8,0	935	205	0,96	230/1/50	54	
ERK 506/3128	14,09	64,97	12,79	64,97	5,87	1	500	5000	8,0	935	205	0,96	230/1/50	54	
ERK 506/3155	17,04	64,97	15,46	64,97	8,57	1	500	4700	8,0	935	205	0,96	230/1/50	54	

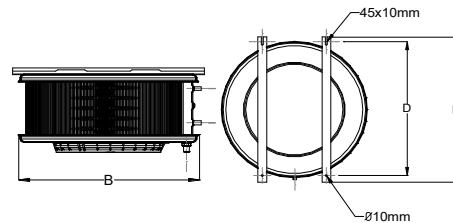
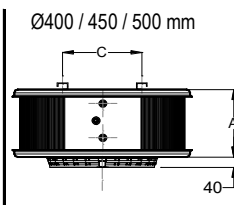
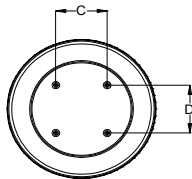
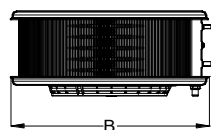
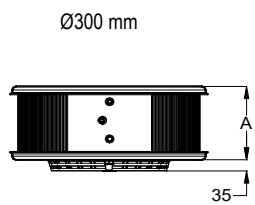
(1) Pressão sonora a 3m, em campo livre sem reflexões Sound pressure level at 3m, in free field conditions, without reflections

Modelo Type	Preço sem resistências Price without heaters	Preço com bateria de resistências BR Price with heater coil BR	Opções Options									
			/GM GM hot gas defrost	/GE GE hot gas defrost	/GT GT hot gas defrost	/W Water defrost	AR Alhetas revestidas Coated fins	BI Chaparia Inox Stainless steel casing	TI Tab. esgoto isol. Insul. drain pan	RG Resistências gola Fan heaters	AS Adaptador Conduitas Air Sock Adapter	
ERK 304/413	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 304/420	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 304/331	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 406/437	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 406/346	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 406/359	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 456/367	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 456/384	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 506/4109	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 506/3128	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ERK 506/3155	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

S Standard
 S Standard
 SP Sob pedido
 SP Under request

MTA	MTB	DDL	DXL	BSUT

CENTAURO



	Resistências do evaporador Cooler heaters			Ligações standard connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	D			
							mm						
	-	-	-	3/8	3/8	G 3/8	152	515	177	157	6,3	0,10	ERK 304/413
	-	-	-	1/2	5/8	G 3/8	216	515	177	157	7,2	0,10	ERK 304/420
	-	-	-	1/2	5/8	G 3/8	280	515	177	157	7,2	0,10	ERK 304/331
	-	-	-	1/2	5/8	G 3/4	302	775	315	735	32,5	0,27	ERK 406/437
	-	-	-	1/2	7/8	G 3/4	302	775	315	735	29,5	0,27	ERK 406/346
	-	-	-	1/2	7/8	G 3/4	302	775	315	735	32,5	0,27	ERK 406/359
	-	-	-	1/2	7/8	G 3/4	302	775	345	735	32,5	0,27	ERK 456/367
	-	-	-	1/2	7/8	G 3/4	423	775	315	735	38,1	0,35	ERK 456/384
	-	-	-	5/8	1 1/8	G 3/4	487	975	450	920	49,8	0,54	ERK 506/4109
	-	-	-	5/8	1 1/8	G 3/4	487	975	450	920	52,3	0,54	ERK 506/3128
	-	-	-	5/8	1 3/8	G 3/4	487	975	450	920	58,9	0,54	ERK 506/3155

FACTORES DE CORRECÇÃO E SELECÇÃO RÁPIDA CORRECTION FACTORS AND QUICK SELECTION

RC1	DT1 [K]													
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	
Tse [°C]	+16	1,762	1,652	1,469	1,322	1,220	1,119	1,018	0,916	0,805	0,703	0,604	0,499	0,402
	+14	1,750	1,640	1,458	1,458	1,211	1,111	1,010	0,909	0,800	0,698	0,600	0,496	0,399
	+12	1,737	1,628	1,447	1,447	1,203	1,102	1,003	0,902	0,794	0,694	0,595	0,493	0,397
	+10	1,723	1,616	1,436	1,436	1,193	1,094	1,000	0,895	0,788	0,689	0,591	0,490	0,394
	+8	1,713	1,606	1,427	1,427	1,186	1,087	0,979	0,881	0,782	0,684	0,587	0,487	0,391
	+6	1,700	1,594	1,417	1,417	1,177	1,078	0,971	0,874	0,776	0,679	0,582	0,485	0,387
+4	1,685	1,580	1,405	1,405	1,167	1,070	0,963	0,867	0,771	0,674	0,578	0,482	0,385	

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	0,94	1,01	0,95	0,99

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
	1,00	0,97	1,03

Capacidade corrigida Corrected capacity	
ERK 304/413 Tse=+14°C DT1=10K R134a Alumínio / Aluminium	$Q_{01} = Q_{S1} \times RC1 \times FC1_{MP} \times FC2$ [kW] $Q_{01} = 1,42 \times 1,010 \times 0,94 \times 1,00 = 1,35$ kW

Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

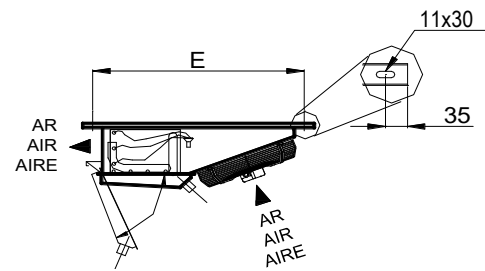
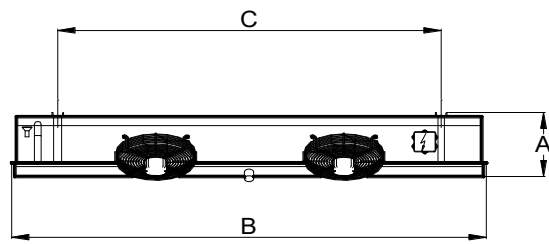
Dados de cálculo Selection data	
Altura da sala Room height	3,2m
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Máquinas Machinery	nenhuma none
Ocupação (pessoas/m2) Occupation (persons/m2)	1P/4m ²
Iluminação Lighting	25W/m ²

Nomenclatura Nomenclature	
TC	Temperatura de câmara Room temperature
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature
Tse	Temperatura seca de entrada de ar BS Air on DB
Q _{S1}	Capacidade para selecção em DT1 Selection capacity in TD1
Q ₀₁	Capacidade corrigida em DT1 Corrected capacity in TD1
FC1 _{MP}	Factor de correcção do refrigerante (ponto médio) Refrigerant correction factor (middle point)
FC2	Factor de correcção do material das alhetas Fin material correction factor
RC1	Factor de correcção para dados em DT1 Correction factors for data in DT1

Sala climatizada com isolamento Processing room with insulation (TC=+12°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
33 - 37	1,2	304/413
58 - 66	2,1	304/420
83 - 95	3,0	304/331
108 - 124	3,9	406/437
137 - 157	4,8	406/346
171 - 196	6,0	406/359
197 - 226	6,9	456/367
238 - 273	8,1	456/384
309 - 355	10,5	506/4109
388 - 446	13,2	506/3128
447 - 514	15,2	506/3155

Sala climatizada sem isolamento Processing room without insulation (TC=+12°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
25 - 28	1,2	304/413
44 - 50	2,1	304/420
63 - 72	3,0	304/331
81 - 93	3,9	406/437
102 - 117	4,8	406/346
128 - 147	6,0	406/359
147 - 169	6,9	456/367
176 - 202	8,1	456/384
228 - 262	10,5	506/4109
287 - 330	13,2	506/3128
330 - 379	15,2	506/3155

CENTAURO



	Resistências do evaporador Cooler heaters			Ligações standard Standard connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type	
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E				
							mm							kg
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	20,0	0,30	RWK	4A1/20
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	21,0	0,30	RWK	4A1/24
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	22,0	0,30	RWK	4A1/27
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,30	RWK	4A1/29
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	1640	1325	730	33,0	0,49	RWK	4A2/40
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	35,0	0,49	RWK	4A2/49
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	37,0	0,49	RWK	4A2/53
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	46,0	0,68	RWK	4A3/63
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	49,0	0,68	RWK	4A3/69
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4	240	2290	1975	730	52,0	0,68	RWK	4A3/76
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	20,0	0,30	RWK	4A1/16 R
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	21,0	0,30	RWK	4A1/18 R
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	22,0	0,30	RWK	4A1/21 R
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,30	RWK	4A1/22 R
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	1640	1325	730	33,0	0,49	RWK	4A2/32 R
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	35,0	0,49	RWK	4A2/36 R
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	37,0	0,49	RWK	4A2/41 R
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	46,0	0,68	RWK	4A3/48 R
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	49,0	0,68	RWK	4A3/55 R
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4	240	2290	1975	730	52,0	0,68	RWK	4A3/61 R

FACTORES DE CORRECÇÃO E SELECÇÃO RÁPIDA CORRECTION FACTORS AND QUICK SELECTION

RCm	DTm [K]							
	10	9	8	7	6	5	4	
TC [°C]	+5	1,298	1,168	1,039	0,909	0,781	0,679	0,564
	+2	1,200	1,080	1,000	0,857	0,741	0,638	0,517
	0	1,140	1,026	0,912	0,797	0,682	0,585	0,470
	-2	1,111	1,001	0,909	0,794	0,680	0,582	0,466

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
		1,00	0,94	1,01	0,95

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
		1,00	0,97

Capacidade corrigida Corrected capacity
RWK 4A1/20 TC=0°C DTm=6K R407A Alumínio / Aluminium
$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC1_{MP} \times FC2$ [kW]
$Q_{0m} = 2,04 \times 0,682 \times 0,95 \times 1,00 = 1,32$ kW

Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

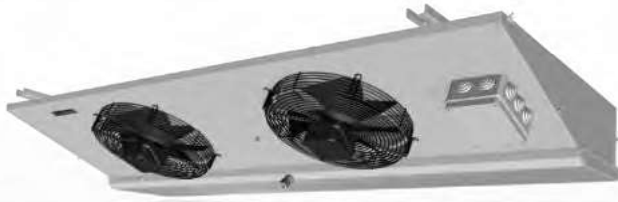
Dados de cálculo Selection data	
Isolamento - Câmara de refrigerados Insulation - Chilling room	80mm PU
Isolamento - Câmara de congelados Insulation - Freezing room	100mm PU
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Entrada diária (% capacidade da câmara) Daily rotation (room capacity's %)	10%
Tempo de arrefecimento Cooling time	18h
Tipo de uso Usage	Normal

Nomenclatura Nomenclature	
TC	Temperatura de câmara Room temperature
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature
Q _{Sm}	Capacidade para selecção em DTm Selection capacity in TDm
Q _{0m}	Capacidade corrigida em DTm Corrected capacity in TDm
FC1 _{MP}	Factor de correcção do refrigerante (ponto médio) Refrigerant correction factor (middle point)
FC2	Factor de correcção do material das alhetas Fin material correction factor
RCm	Factor de correcção para dados em DTm Correction factors for data in DTm

Câmara refrigerados Chilling room (TC=+2/+4°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
m ³	kW	
10 - 11	1,4	4A1/20
11 - 12	1,7	4A1/24
13 - 15	1,9	4A1/27
19 - 22	2,4	4A1/29
27 - 31	2,9	4A2/40
32 - 37	3,3	4A2/49
39 - 45	3,7	4A2/53
56 - 64	4,4	4A3/63
64 - 73	5,1	4A3/76
RWK ... R		
7 - 8	1,1	4A1/16 R
9 - 10	1,2	4A1/18 R
10 - 11	1,4	4A1/21 R
12 - 14	1,5	4A1/22 R
17 - 20	2,2	4A2/32 R
19 - 22	2,4	4A2/36 R
26 - 30	2,8	4A2/41 R
32 - 37	3,3	4A3/48 R
40 - 46	3,8	4A3/55 R
54 - 62	4,2	4A3/61 R

BWK

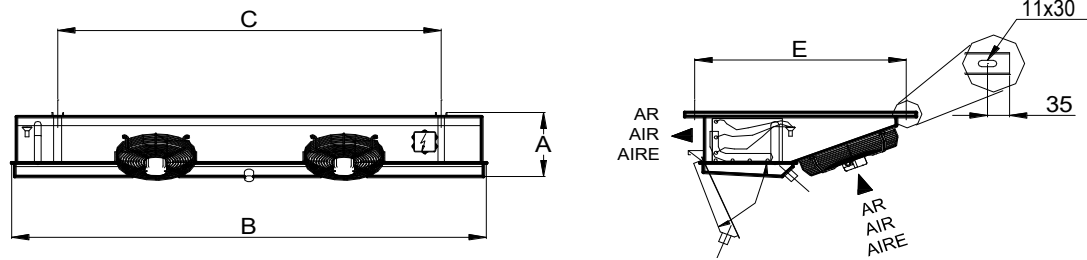
Evaporadores de Baixo Perfil Low Profile Coolers
 Espaçamento Fin Spacing 6,3 mm
 Ø Ventiladores Fan Ø 300 mm



H(C)FC - R404A, R507A, R134a, R22, ...

APL	APD	DFL	Modelo Type	Capacidade QSm Capacity QSm (TC=+2°C / DTm=8K)		Capacidade Q0m Capacity Q0m (TC=-18°C / DTm=6K)		Superfície Surface m ²	Volume interno Internal Volume dm ³	Ventiladores Fans					
				kW	m ²	Nº. Nr.	Diâmetro Diameter mm			Caudal de ar Air flow m ³ /h	Projeção ar Air throw m	Rotação Revolutions rpm	Potência total Total power W	Corrente total Total current A	Alimentação MPS V / F / Hz
TAL	BWK 6A1/16	1,55	0,94	4,68	1,06	1	300	1130	12	1320	72	0,32	230/1/50		
	BWK 6A1/19	1,85	1,12	5,85	1,33	1	300	1050	12	1320	72	0,32	230/1/50		
	BWK 6A1/21	2,07	1,25	7,02	1,60	1	300	980	12	1320	72	0,32	230/1/50		
	BWK 6A1/22	2,24	1,36	8,19	1,86	1	300	940	12	1320	72	0,32	230/1/50		
	BWK 6A2/32	3,18	1,93	9,36	2,13	2	300	2260	12	1320	144	0,64	230/1/50		
	BWK 6A2/37	3,77	2,28	11,70	2,66	2	300	2100	12	1320	144	0,64	230/1/50		
ERK	BWK 6A2/41	4,07	2,47	14,04	3,19	2	300	1960	12	1320	144	0,64	230/1/50		
	BWK 6A3/47	4,70	2,85	14,04	3,19	3	300	3390	12	1320	216	0,96	230/1/50		
	BWK 6A3/55	5,53	3,35	17,55	3,99	3	300	3150	12	1320	216	0,96	230/1/50		
	BWK 6A3/61	6,12	3,71	21,06	4,79	3	300	2940	12	1320	216	0,96	230/1/50		
BXL	BWK 6A1/12 R	1,24	-	4,68	1,06	1	300	670	9	860	32	0,15	230/1/50		
	BWK 6A1/14 R	1,43	-	5,85	1,33	1	300	630	9	860	32	0,15	230/1/50		
	BWK 6A1/17 R	1,67	-	7,02	1,60	1	300	600	9	860	32	0,15	230/1/50		
	BWK 6A1/18 R	1,80	-	8,19	1,86	1	300	570	9	860	32	0,15	230/1/50		
	BWK 6A2/25 R	2,49	-	9,36	2,13	2	300	1340	9	860	64	0,30	230/1/50		
	BWK 6A2/29 R	2,94	-	11,70	2,66	2	300	1260	9	860	64	0,30	230/1/50		
	BWK 6A2/34 R	3,40	-	14,04	3,19	2	300	1190	9	860	64	0,30	230/1/50		
	BWK 6A3/37 R	3,72	-	14,04	3,19	3	300	2010	9	860	96	0,45	230/1/50		
	BWK 6A3/44 R	4,40	-	17,55	3,99	3	300	1900	9	860	96	0,45	230/1/50		
	BWK 6A3/50 R	5,00	-	21,06	4,79	3	300	1790	9	860	96	0,45	230/1/50		
DBX															
BWK															
CBK	Modelo Type	Preço sem resistências Price without heaters		Preço com resistências Price with heaters		Opções Options									
		EUR		EUR		/GM GM hot gas defrost	/GE GE hot gas defrost	/GT GT hot gas defrost	/W Water defrost	AR Alhetas revestidas Coated fins	BI Chapaaria Inox Stainless steel casing	TI Tab. esgoto isol. Insul. drain pan	BR Bateria resistências Heater coil	RG Resistências gola Fan heaters	AS Adaptador Conduas Air Sock Adapter
	DD	BWK 6A1/16	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A1/19	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A1/21	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A1/22	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A2/32	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A2/37	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	TFC	BWK 6A2/41	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A3/47	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A3/55	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A3/61	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	DLC	BWK 6A1/12 R	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		BWK 6A1/14 R	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
BWK 6A1/17 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BWK 6A1/18 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BWK 6A2/25 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BWK 6A2/29 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BWK 6A2/34 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BWK 6A3/37 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BWK 6A3/44 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BWK 6A3/50 R		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
BSUT	S	Standard	SP	Sob pedido											
	S	Standard	SP	Under request											

Centauro



	Resistências do evaporador Cooler heaters			Ligações standard Standard connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E			
							mm						
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	20,0	0,30	BWK 6A1/16
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	21,0	0,30	BWK 6A1/19
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	22,0	0,30	BWK 6A1/21
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,30	BWK 6A1/22
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	1640	1325	730	33,0	0,49	BWK 6A2/32
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	35,0	0,49	BWK 6A2/37
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	37,0	0,49	BWK 6A2/41
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	46,0	0,68	BWK 6A3/47
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	49,0	0,68	BWK 6A3/55
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4	240	2290	1975	730	52,0	0,68	BWK 6A3/61
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	20,0	0,30	BWK 6A1/12 R
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	21,0	0,30	BWK 6A1/14 R
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	22,0	0,30	BWK 6A1/17 R
	1,20	5,22	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,30	BWK 6A1/18 R
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	5/8	3/4	240	1640	1325	730	33,0	0,49	BWK 6A2/25 R
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	35,0	0,49	BWK 6A2/29 R
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	1640	1325	730	37,0	0,49	BWK 6A2/34 R
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	46,0	0,68	BWK 6A3/37 R
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	7/8	3/4	240	2290	1975	730	49,0	0,68	BWK 6A3/44 R
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4	240	2290	1975	730	52,0	0,68	BWK 6A3/50 R

FACTORES DE CORRECÇÃO E SELECÇÃO RÁPIDA CORRECTION FACTORS AND QUICK SELECTION

RCm	DTm [K]							
	10	9	8	7	6	5	4	
TC [°C]	+5	1,352	1,217	1,082	0,947	0,813	0,707	0,588
	+2	1,250	1,125	1,000	0,893	0,772	0,665	0,539
	0	1,188	1,069	0,950	0,830	0,710	0,609	0,490
	-15	1,018	0,918	0,830	0,730	0,640	0,539	0,434
	-20	0,963	0,867	0,770	0,660	0,583	0,490	0,393
	-25	0,950	0,854	0,764	0,649	0,567	0,476	0,385
	-34					0,561	0,471	0,381

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	0,94	1,01	0,95	0,99

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
	1,00	0,97	1,03

Capacidade corrigida Corrected capacity
BWK/E 6A3/55 AR TC=-20°C DTm=5K R449A Al. rev. / Coated al.
$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC1_{MP} \times FC2$ [kW]
$Q_{0m} = 5,53 \times 0,490 \times 0,99 \times 0,97 = 2,60$ kW

Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

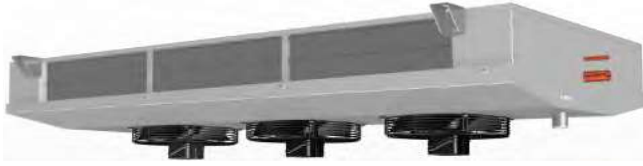
Nomenclatura	Nomenclature
TC	Temperatura de câmara Room temperature
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature
Q _{Sm}	Capacidade para selecção em DTm Selection capacity in TDm
Q _{0m}	Capacidade corrigida em DTm Corrected capacity in TDm
FC1 _{MP}	Factor de correcção do refrigerante (ponto médio) Refrigerant correction factor (middle point)
FC2	Factor de correcção do material das alhetas Fin material correction factor
RCm	Factor de correcção para dados em DTm Correction factors for data in DTm

Câmara refrigerados Chilling room (TC=+2/+4°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
m ³	kW	
6 - 7	1,1	6A1/16
8 - 9	1,3	6A1/19
13 - 15	1,5	6A1/21
15 - 17	1,9	6A1/22
28 - 32	2,3	6A2/32
31 - 35	2,7	6A2/38
32 - 37	2,9	6A2/41
37 - 42	3,4	6A3/47
54 - 62	4,0	6A3/55
59 - 68	4,6	6A3/61
BWK ... R		
5 - 6	0,9	6A1/12 R
6 - 7	1,0	6A1/14 R
7 - 8	1,2	6A1/17 R
8 - 9	1,3	6A1/18 R
14 - 16	1,8	6A2/25 R
16 - 19	2,1	6A2/29 R
28 - 32	2,4	6A2/34 R
31 - 35	2,6	6A3/37 R
35 - 40	3,1	6A3/44 R
39 - 44	3,6	6A3/50 R

Dados de cálculo Selection data	
Isolamento - Câmara de refrigerados Insulation - Chilling room	80mm PU
Isolamento - Câmara de congelados Insulation - Freezing room	100mm PU
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Entrada diária (% capacidade da câmara) Daily rotation (room capacity's %)	10%
Tempo de arrefecimento Cooling time	18h
Tipo de uso Usage	Normal

Câmara congelados Freezing room (TC=-18/-20°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
m ³	kW	
6 - 7	0,9	6A1/16
8 - 9	1,1	6A1/19
12 - 14	1,4	6A1/21
16 - 18	1,7	6A2/32
20 - 23	2,0	6A2/37
21 - 24	2,2	6A2/32
23 - 26	2,3	6A2/41
40 - 46	3,0	6A3/55
47 - 54	3,5	6A3/61

CBL



Evaporadores Duplo Fluxo Double Flow Coolers
 Espaçamento Fin Spacing
 Ø Ventiladores Fan Ø

7,0 mm
 300 - 400 - 500 mm

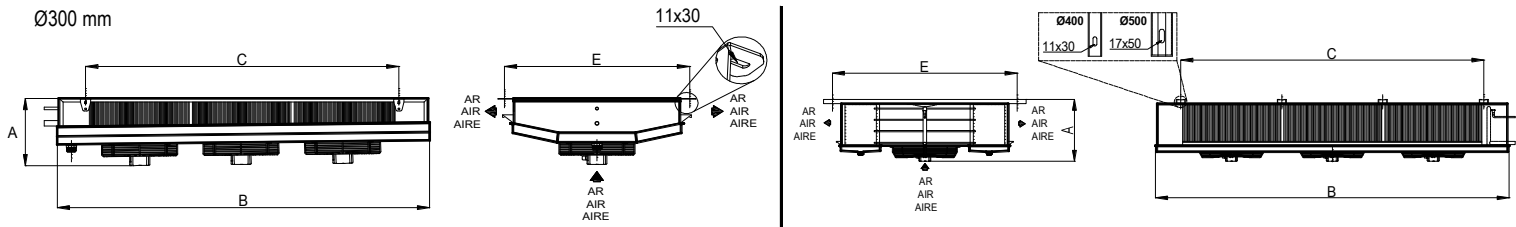
H(C)FC - R404A, R507A, R134a, R22, ...

Modelo Type	Capacidade QSm Capacity QSm (TC=+2°C / DTm=8K)		Capacidade Q0m Capacity Q0m (TC=-18°C / DTm=6K)		Superfície Surface m ²	Volume interno Internal Volume dm ³	Ventiladores Fans					
	kW						Nº. Nr.	Diâmetro Diameter mm	Caudal de ar Air flow m ³ /h	Projeção ar Air throw m	Rotação Revolutions rpm	Potência total Total power W
CBL 7B1/2	2,36	1,43	9,31	2,90	1	300	1400	10	1320	72	0,32	230/1/50
CBL 7B2/3	3,32	2,01	11,17	3,40	2	300	2900	10	1320	144	0,64	230/1/50
CBL 7B2/5	4,84	2,93	18,62	5,80	2	300	2800	10	1320	144	0,64	230/1/50
CBL 7B3/7	7,32	4,43	27,93	8,60	3	300	4200	10	1320	216	0,96	230/1/50
CBL 7B4/10	9,79	5,93	37,24	11,50	4	300	5600	10	1320	288	1,28	230/1/50
CBL 7F2/12	12,25	7,42	46,47	15,00	2	400	6000	12	1440	340	1,06	400/3/50
CBL 7F3/19	18,55	11,24	69,70	22,50	3	400	9000	12	1440	510	1,59	400/3/50
CBL 7F4/25	25,02	15,16	92,93	29,90	4	400	12000	12	1440	680	2,12	400/3/50
CBL 7K2/26	26,05	15,78	100,08	32,30	2	500	13000	16	1340	1420	2,80	400/3/50
CBL 7K3/36	35,90	21,75	150,13	48,40	3	500	19500	16	1340	2130	4,20	400/3/50
CBL 7K4/56	56,05	33,96	199,61	64,50	4	500	26000	16	1340	2840	5,60	400/3/50
CBL 7K5/66	66,04	40,01	249,51	80,60	5	500	32500	16	1340	3550	7,00	400/3/50

Modelo Type	Preço sem resistências Price without heaters		Preço com resistências Price with heaters		Opções Options									
	EUR		EUR		/GM GM hot gas defrost	/GE GE hot gas defrost	/GT GT hot gas defrost	/W Water defrost	AR Alhetas revestidas Coated fins	BI Chaparia Inox Stainless steel casing	TI Tab. esgoto isol. Insul. drain pan	BR Bateria resistências Heater coil	RG Resistências gola Fan heaters	AS Adaptador Conduitas Air Sock Adapter
CBL 7B1/2	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7B2/3	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7B2/5	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7B3/7	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7B4/10	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7F2/12	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7F3/19	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7F4/25	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7K2/26	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7K3/36	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7K4/56	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•
CBL 7K5/66	•	•	SP	SP	SP	SP	SP	•	•	•	•	•	•	•

S	Standard	SP	Sob pedido
S	Standard	SP	Under request

CENTAURO



	Resistências do evaporador Cooler heaters			Ligações standard Standard connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E			
	kW	A	V / F / Hz	in	in		mm				kg	m ³	
	1,44	6,26	230/1/50	1/2	3/4	1 1/4	354	813	525	920	32,6	0,45	CBL 7B1/2
	2,16	9,39	230/1/50	1/2	3/4	1 1/4	354	1313	1025	920	43,7	0,70	CBL 7B2/3
	2,88	12,52	230/1/50	1/2	7/8	1 1/4	354	1313	1025	920	52,0	0,70	CBL 7B2/5
	3,24 / 1,08	4,68 / 4,7	400/3/50 / 230/1/50	1/2	1 1/8	1 1/4	363	1813	1525	920	72,0	0,96	CBL 7B3/7
	4,32 / 1,44	6,23 / 6,26	400/3/50 / 230/1/50	5/8	1 1/8	1 1/4	363	2313	2025	920	96,0	1,21	CBL 7B4/10
	4,80	6,93	400/3/50	5/8	1 3/8	2x1 1/4	400	1750	1325	1280	108,6	1,27	CBL 7F2/12
	7,20	10,39	400/3/50	7/8	1 5/8	2x1 1/4	400	2400	1975	1280	154,0	1,73	CBL 7F3/19
	9,60	13,86	400/3/50	7/8	1 5/8	2x1 1/4	400	3050	2625	1280	203,8	2,19	CBL 7F4/25
	16,80	2x12,12	400/3/50	7/8	1 5/8	2x1 1/4	590	2130	1705	1550	230,3	2,51	CBL 7K2/26
	24,00	2x17,32	400/3/50	1 1/8	2 1/8	2x1 1/4	590	2970	2545	1550	353,9	3,54	CBL 7K3/36
	30,00	2x21,65	400/3/50	2x7/8	2x1 5/8	2x1 1/2	590	3810	3385	1550	439,0	4,51	CBL 7K4/56
	37,44	2x27,02	400/3/50	2x1 1/8	2x2 1/8	2x1 1/2	590	4650	4225	1550	539,0	5,47	CBL 7K5/66

FACTORES DE CORRECÇÃO E SELECÇÃO RÁPIDA CORRECTION FACTORS AND QUICK SELECTION

RCm	DTm [K]							
	10	9	8	7	6	5	4	
TC [°C]	+5	1,352	1,217	1,082	0,947	0,813	0,707	0,588
	+2	1,250	1,125	1,000	0,893	0,772	0,665	0,539
	0	1,188	1,069	0,950	0,830	0,710	0,609	0,490
	-15	1,018	0,918	0,830	0,730	0,640	0,539	0,434
	-20	0,963	0,867	0,770	0,660	0,583	0,490	0,393
	-25	0,950	0,854	0,764	0,649	0,567	0,476	0,385
	-34				0,561	0,471	0,381	

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	0,94	1,01	0,95	0,99

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
	1,00	0,97	1,03

Capacidade corrigida Corrected capacity
CBL 7F4/25 AR TC=-20°C DTm=5K R407A Al. rev. / Coated al.
$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC1_{MP} \times FC2$ [kW]
$Q_{0m} = 25,02 \times 0,490 \times 0,95 \times 0,97 = 11,30$ kW

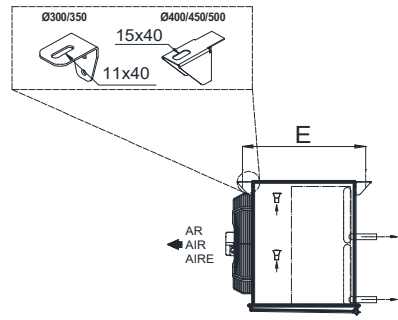
Dados de cálculo Selection data	
Isolamento - Câmara de refrigerados Insulation - Chilling room	80mm PU
Isolamento - Câmara de congelados Insulation - Freezing room	100mm PU
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Entrada diária (% capacidade da câmara) Daily rotation (room capacity's %)	10%
Tempo de arrefecimento Cooling time	18h
Tipo de uso Usage	Normal

Nomenclatura Nomenclature	
TC	Temperatura de câmara Room temperature
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature
Q _{Sm}	Capacidade para selecção em DTm Selection capacity in Tdm
Q _{0m}	Capacidade corrigida em DTm Corrected capacity in Tdm
FC1 _{MP}	Fator de correcção do refrigerante (ponto médio) Refrigerant correction factor (middle point)
FC2	Fator de correcção do material das alhetas Fin material correction factor
RCm	Fator de correcção para dados em DTm Correction factors for data in Tdm

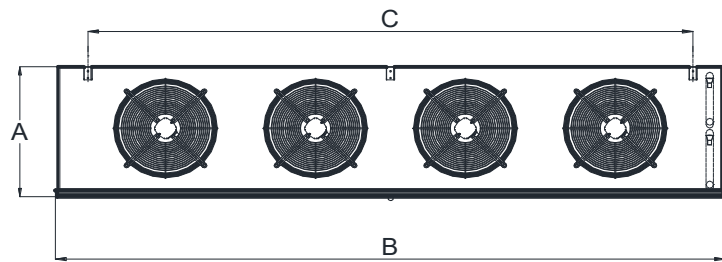
Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt,
TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

Câmara refrigerados Chilling room (TC=-1/0°C - TE=-6/-7°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
10 - 11	1,6	7B1/2
24 - 27	2,3	7B2/3
35 - 40	3,4	7B2/5
62 - 71	4,9	7B3/7
100 - 120	7,1	7B4/10
135 - 150	8,6	7F2/12
215 - 245	13,0	7F3/19
320 - 365	16,5	7F4/25
400 - 460	18,9	7K2/26
550 - 630	27,1	7K3/36
820 - 940	37,0	7K4/56
1080 - 1240	49,2	7K5/66

Câmara congelados Freezing room (TC=-18/-20°C - TE=-25/-27°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
10 - 11	1,5	7B1/2
25 - 28	2,2	7B2/3
45 - 51	3,2	7B2/5
65 - 74	4,4	7B3/7
85 - 97	5,2	7B4/10
120 - 135	7,0	7F2/12
225 - 255	11,1	7F3/19
290 - 330	14,1	7F4/25
550 - 660	20,0	7K3/36
990 - 1135	31,1	7K4/56
1200 - 1380	37,4	7K5/66



CENTAURO



	Resistências do evaporador Cooler heaters			Ligações standard Standard connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E			
							mm						
	1,28	5,57	230/1/50	1/2	7/8	3/4 BSP	449	753	450	540	28,0	0,38	MT 4C1/3
	1,80	7,83	230/1/50	1/2	7/8	3/4 BSP	449	833	525	540	34,0	0,42	MT 4E1/5
	2,40	10,43	230/1/50	1/2	7/8	3/4 BSP	449	1173	870	540	43,0	0,56	MT 4C2/6
	4,80	20,87	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4 BSP	449	1596	1290	540	55,0	0,77	MT 4C3/8
	3,60	15,65	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4 BSP	449	1333	1025	540	53,0	0,65	MT 4E2/9
	4,32	18,78	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4 BSP	449	1333	1025	540	57,0	0,65	MT 4E2/10
	4,80	20,87	230/1/50	1/2	1 1/8	3/4 BSP	449	1596	1290	540	69,0	0,77	MT 4C3/10
	6,48	9,35	400/3/50	5/8	1 3/8	3/4 BSP	449	1833	1525	540	74,0	0,88	MT 4E3/13
	6,48	9,35	400/3/50	5/8	1 3/8	3/4 BSP	449	1833	1525	540	89,0	0,88	MT 4E3/16
	8,64	12,47	400/3/50	5/8	1 3/8	3/4 BSP	449	2333	2025	540	98,0	1,10	MT 4E4/18
	8,64	12,47	400/3/50	7/8	1 5/8	3/4 BSP	449	2333	2025	540	106,0	1,10	MT 4E4/20
	7,20	10,39	400/3/50	7/8	1 5/8	3/4 BSP	615	1693	1330	625	110,0	1,15	MT 4G2/20
	10,80	15,59	400/3/50	7/8	1 5/8	1 1/4 BSP	615	2343	1980	625	125,0	1,57	MT 4G3/23
	10,80	15,59	400/3/50	7/8	1 5/8	3/4 BSP	690	1693	1330	625	123,0	1,27	MT 4J2/24
	10,80	15,59	400/3/50	7/8	1 5/8	1 1/4 BSP	615	2343	1980	625	154,0	1,57	MT 4G3/29
	12,60	18,19	400/3/50	7/8	1 5/8	3/4 BSP	765	2123	1710	690	175,0	1,82	MT 4L2/36
	18,00	25,98	400/3/50	1 1/8	2 1/8	1 1/4 BSP	690	2993	2630	625	227,0	2,19	MT 4J4/49
	18,00	25,98	400/3/50	1 1/8	2 1/8	1 1/4 BSP	765	2963	2550	690	253,0	2,52	MT 4L3/53
	30,00	2x21,65	400/3/50	2x1 1/8	2x2 1/8	1 1/4 BSP	765	3803	3390	690	333,0	3,22	MT 4L4/68
	30,00	2x21,65	400/3/50	2x1 1/8	2x2 1/8	1 1/4 BSP	765	3803	3390	690	354,0	3,22	MT 4L4/72

FACTORES DE CORRECÇÃO E SELECÇÃO RÁPIDA CORRECTION FACTORS AND QUICK SELECTION

RCm	DTm [K]							
	10	9	8	7	6	5	4	
TC [°C]	+5	1,298	1,168	1,039	0,909	0,781	0,679	0,564
	+2	1,200	1,080	1,000	0,857	0,741	0,638	0,517
	0	1,140	1,026	0,912	0,797	0,682	0,585	0,470
	-2	1,111	1,001	0,909	0,794	0,680	0,582	0,466

Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

FC1 _{MP}	R404A	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	0,94	1,01	0,95	0,99

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
	1,00	0,97	1,03

Capacidade corrigida Corrected capacity

MT 4E3/13
TC=0°C
DTm=6K
R134a
Alumínio / Aluminium

$$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC1_{MP} \times FC2 \quad [kW]$$

$$Q_{0m} = 13,39 \times 0,682 \times 0,94 \times 1,00 = 8,58 \text{ kW}$$

Nomenclatura Nomenclature

TC	Temperatura de câmara Room temperature
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature
Q _{Sm}	Capacidade para selecção em DTm Selection capacity in TDm
Q _{0m}	Capacidade corrigida em DTm Corrected capacity in TDm
FC1 _{MP}	Factor de correcção do refrigerante (ponto médio) Refrigerant correction factor (middle point)
FC2	Factor de correcção do material das alhetas Fin material correction factor
RCm	Factor de correcção para dados em DTm Correction factors for data in DTm

Dados de cálculo Selection data

Isolamento - Câmara de refrigerados Insulation - Chilling room	80mm PU
Isolamento - Câmara de congelados Insulation - Freezing room	100mm PU
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Entrada diária (% capacidade da câm. Daily rotation (room capacity's %)	10%
Tempo de arrefecimento Cooling time	18h
Tipo de uso Usage	Normal

Câmara refrigerados Chilling room (TC=0/+4°C - TE=-6/-7°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Modelo Type
m ³	kW	
18 - 21	2,3	4C1/3
40 - 46	3,7	4E1/5
55 - 63	4,3	4C2/6
62 - 71	5,0	4C3/8
80 - 92	6,0	4E2/9
95 - 110	6,6	4E2/10
120 - 140	7,7	4C3/10
136 - 170	9,3	4E3/13
180 - 210	10,9	4E3/16 4E4/18
230 - 264	13,0	4E4/20 4G2/20
300 - 345	16,5	4G3/23 4J2/24
380 - 440	18,9	4G3/29 2x 4E3/13
480 - 550	23,0	4L2/36 2x 4E4/18
540 - 620	27,1	2x 4E4/20 2x 4E4/20
700 - 805	33,0	4J4/49 4L3/53
920 - 1060	42,9	4L4/68 2x 4G3/29
1100 - 1265	49,2	4L4/72 2x 4L2/36
1180 - 1355	55,5	2x 4L2/36 3x 4G3/29
1500 - 1725	64,3	2x 4J4/49 3x 4G3/29
1750 - 2010	73,8	2x 4L3/53 3x 4L2/36
2100 - 2415	87,3	2x 4L4/68 4x 4G3/29
2600 - 2990	98,4	2x 4L4/72 4x 4L2/36
3000 - 3450	110,9	3x 4L3/53 4x 4J4/49

ECT



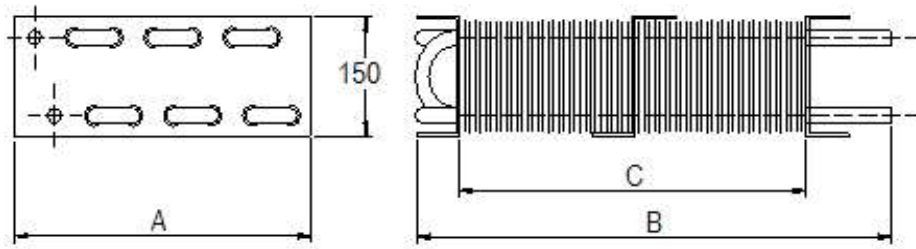
Evaporadores Estáticos Gravity Coils
Espaçamento Fin Spacing
Ø Tubo Tube Ø

12,0 mm
1/2"

H(C)FC - R404A, R507A, R134a, R22, ...

BBX VBN	Modelo Type	Preços Prices				Capacidade Capacity (DT=10K) W	Superfície Surface m ²	Dimensões Dimensions mm			Pesos Weights Kg			
		Permutador Coil	DT	DR	/E			A	B	C	Permutador Coil	Com apara pingos normal With normal drip tray	Com apara pingos reforçado With reinf. drip tray	Resistências Heaters
			Normal drip tray	Reinforced drip tray	Resistências Heaters							Resistências Heaters		
VBT VPB	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kg		
	ECT													
	10ECT10	•	•	•	•	545	7,94	503	1180	1020	5,4	15,1	18,4	1,3
	10ECT13	•	•	•	•	703	10,25	503	1480	1320	7,0	17,7	21,6	1,6
	10ECT15	•	•	•	•	809	11,80	503	1680	1520	8,0	21,5	25,9	1,8
	10ECT17	•	•	•	•	923	13,46	503	1895	1735	9,2	23,4	28,2	2,1
	10ECT20	•	•	•	•	1101	16,05	503	2230	2070	11,0	26,3	31,8	2,5
	10ECT23	•	•	•	•	1242	18,09	503	2495	2335	12,4	30,7	36,8	2,8
	10ECT26	•	•	•	•	1400	20,41	503	2795	2635	14,0	33,3	40,1	3,2
	10ECT30	•	•	•	•	1631	23,77	503	3230	3070	16,3	37,0	44,7	3,6
	10ECT36	•	•	•	•	1930	28,13	503	3795	3635	19,2	43,9	53,0	4,4
	12ECT10	•	•	•	•	665	9,69	580	1180	1020	6,5	17,3	22,1	1,3
	12ECT13	•	•	•	•	859	12,53	580	1480	1320	8,4	20,4	26,0	1,6
	12ECT15	•	•	•	•	988	14,41	580	1680	1520	9,7	24,7	31,1	1,8
	12ECT17	•	•	•	•	1128	16,44	580	1895	1735	11,1	26,9	33,9	2,1
	12ECT20	•	•	•	•	1345	19,60	580	2230	2070	13,2	30,4	38,3	2,5
	12ECT23	•	•	•	•	1516	22,10	580	2495	2335	14,9	35,3	44,2	2,8
	12ECT26	•	•	•	•	1709	24,93	580	2795	2635	16,8	38,4	48,1	3,2
	12ECT30	•	•	•	•	1991	29,00	580	3230	3070	19,6	42,9	53,8	3,6
	12ECT36	•	•	•	•	2358	34,40	580	3795	3635	23,2	51,0	63,7	4,4
	14ECT10	•	•	•	•	786	11,45	656	1180	1020	7,7	19,6	25,9	1,3
	14ECT13	•	•	•	•	1015	14,80	656	1480	1320	10,0	23,2	30,5	1,6
	14ECT15	•	•	•	•	1169	17,03	656	1680	1520	11,5	28,0	36,5	1,8
	14ECT17	•	•	•	•	1332	19,42	656	1895	1735	13,1	30,6	39,8	2,1
	14ECT20	•	•	•	•	1589	23,16	656	2230	2070	15,6	34,7	44,9	2,5
	14ECT23	•	•	•	•	1792	26,11	656	2495	2335	17,6	40,2	51,9	2,8
	14ECT26	•	•	•	•	2021	29,45	656	2795	2635	19,9	43,8	56,5	3,2
	14ECT30	•	•	•	•	2353	34,30	656	3230	3070	23,2	49,2	63,1	3,6
	14ECT36	•	•	•	•	2786	40,69	656	3795	3635	27,4	58,3	74,7	4,4
	16ECT10	•	•	•	•	907	13,21	732	1180	1020	8,8	21,8	29,6	1,3
	16ECT13	•	•	•	•	1171	17,07	732	1480	1320	11,4	26,0	34,8	1,6
	16ECT15	•	•	•	•	1348	19,64	732	1680	1520	13,1	31,1	41,7	1,8
	16ECT17	•	•	•	•	1537	22,41	732	1895	1735	15,0	34,1	45,4	2,1
	16ECT20	•	•	•	•	1833	26,71	732	2230	2070	17,9	38,8	51,3	2,5
	16ECT23	•	•	•	•	2066	30,12	732	2495	2335	20,1	44,8	59,3	2,8
	16ECT26	•	•	•	•	2330	33,90	732	2795	2635	22,7	49,0	64,5	3,2
	16ECT30	•	•	•	•	2715	39,57	732	3230	3070	26,5	55,1	72,1	3,6
	16ECT36	•	•	•	•	3213	46,84	732	3795	3635	31,4	65,3	85,3	4,4
	18ECT10	•	•	•	•	1028	14,97	808	1180	1020	9,9	24,0	33,2	1,3
	18ECT13	•	•	•	•	1327	19,34	808	1480	1320	12,8	28,7	39,2	1,6
	18ECT15	•	•	•	•	1527	22,26	808	1680	1520	14,8	34,2	46,9	1,8
	18ECT17	•	•	•	•	1742	25,39	808	1895	1735	16,8	37,6	51,1	2,1
	18ECT20	•	•	•	•	2077	30,27	808	2230	2070	20,1	42,9	57,7	2,5
	18ECT23	•	•	•	•	2342	34,13	808	2495	2335	22,7	49,5	66,7	2,8
	18ECT26	•	•	•	•	2642	38,50	808	2795	2635	25,6	54,2	72,6	3,2
	18ECT30	•	•	•	•	3077	44,84	808	3230	3070	29,8	61,0	81,1	3,6
	18ECT36	•	•	•	•	3642	53,07	808	3795	3635	35,3	72,3	96,0	4,4
	20ECT10	•	•	•	•	1148	16,73	884	1180	1020	11,1	26,3	37,0	1,3
	20ECT13	•	•	•	•	1484	21,62	884	1480	1320	14,4	31,5	43,6	1,6
	20ECT15	•	•	•	•	1707	24,87	884	1680	1520	16,5	37,5	52,3	1,8
	20ECT17	•	•	•	•	1946	28,37	884	1895	1735	18,9	41,3	57,0	2,1
	20ECT20	•	•	•	•	2320	33,83	884	2230	2070	22,5	47,2	64,3	2,5
	20ECT23	•	•	•	•	2616	38,14	884	2495	2335	25,4	54,3	74,4	2,8
	20ECT26	•	•	•	•	2952	43,00	884	2795	2635	28,7	59,6	80,9	3,2
	20ECT30	•	•	•	•	3438	50,10	884	3230	3070	33,4	67,2	90,4	3,6
	20ECT36	•	•	•	•	4069	59,31	884	3795	3635	39,6	79,6	107,0	4,4
	22ECT10	•	•	•	•	1269	18,49	960	1180	1020	35,3	72,3	96,0	4,4
	22ECT13	•	•	•	•	1640	23,89	960	1480	1320	11,1	26,3	37,0	1,3
	22ECT15	•	•	•	•	1886	27,49	960	1680	1520	14,4	31,5	43,6	1,6
	22ECT17	•	•	•	•	2151	31,35	960	1895	1735	16,5	37,5	52,3	1,8
	22ECT20	•	•	•	•	2565	37,38	960	2230	2070	18,9	41,3	57,0	2,1
	22ECT23	•	•	•	•	2892	42,15	960	2495	2335	22,5	47,2	64,3	2,5
	22ECT26	•	•	•	•	3263	47,55	960	2795	2635	25,4	54,3	74,4	2,8
	22ECT30	•	•	•	•	3800	55,38	960	3230	3070	28,7	59,6	80,9	3,2
	22ECT36	•	•	•	•	4496	65,54	960	3795	3635	33,4	67,2	90,4	3,6

CENTAURO

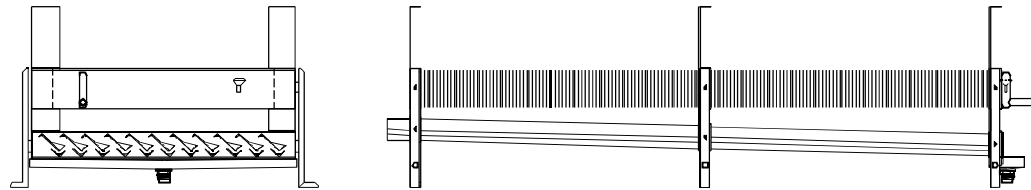


BBX
VBN

Dados técnicos Technical data

APARA PINGOS NORMAL NORMAL DRIP TRAY

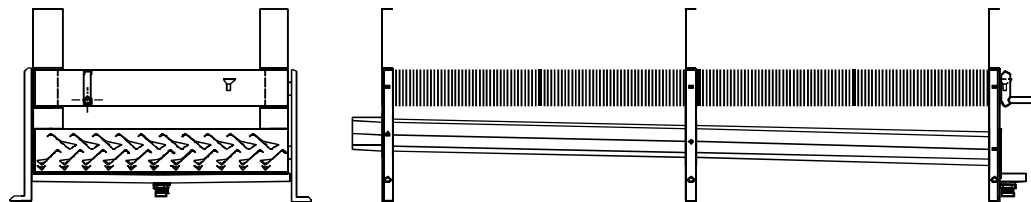
TC > +2°C



VBT
VBI VPB

APARA PINGOS REFORÇADO REINFORCED DRIP TRAY

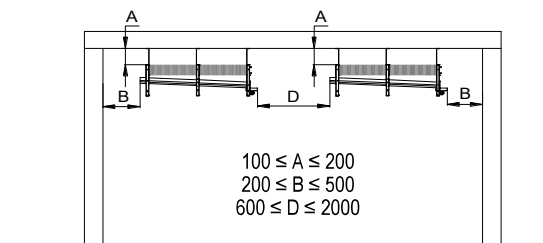
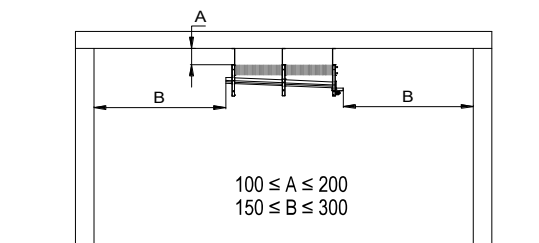
0°C < TC < +2°C



VBN
VCT BCX

INSTALAÇÃO INSTALLATION

Medidas em mm
Dimensions in mm



TX
EAC EPC

SELECCÃO RÁPIDA QUICK SELECTION

Importante Important

Isolamento Insulation - Chilling room	80mm PU
Temperatura exterior Exterior temperature	+32°C
Serviço fraco - Conservação pura Weak service - Pure conservation	
Se a carga diária é importante e se pretende arrefecimento da mesma, considerar evaporador com ventilação forçada If daily rotation is important and its cooling is intended, please consider an evaporator with forced ventilation	
Para temperaturas de câmara ≤ +2°C deverão ser utilizadas resistências For room temperatures ≤ +2°C heaters should be used	

Nomenclatura Nomenclature

TC	Temperatura de câmara Room temperature
----	---

FC1 _{MP}	R134a	R404A	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	1,06	1,07	1,01	1,05

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
	1,00	0,97	1,03

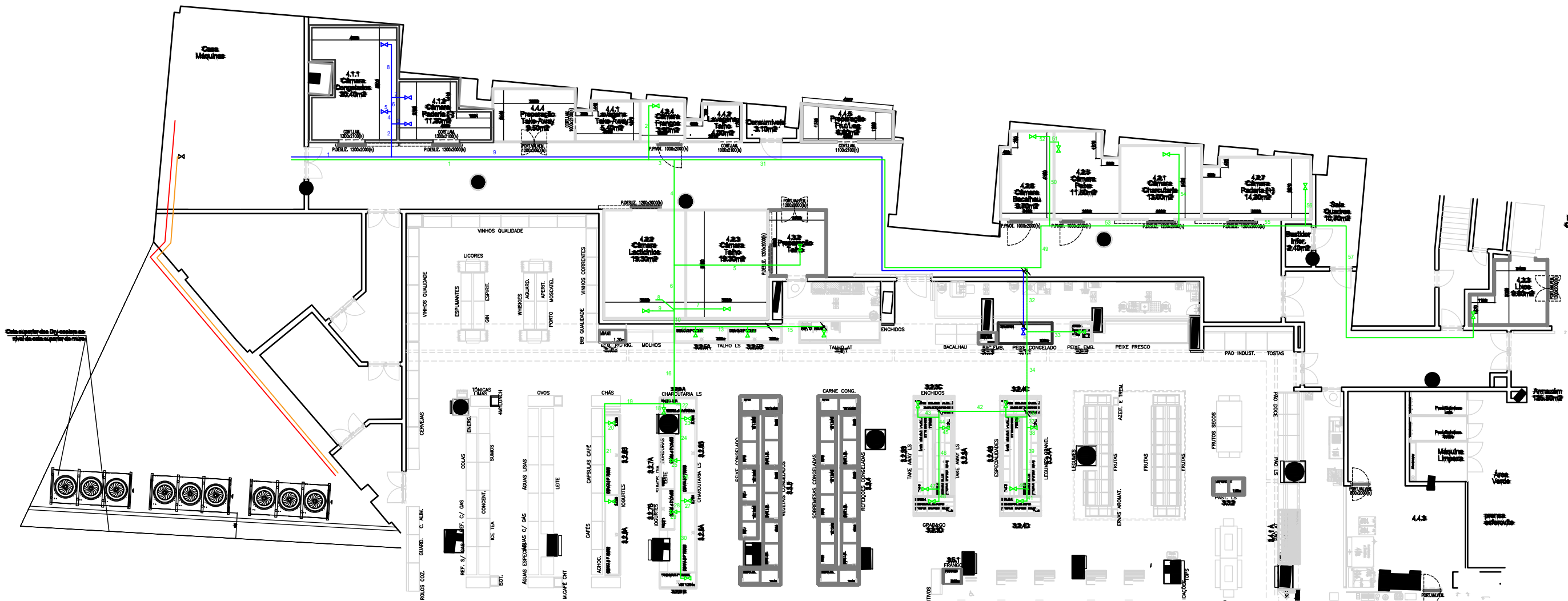
Câmara refrigerados Chilling room (TC=0/+4°C - TE=-10°C)		
Volume Volume	Capacidade Capacity	Superfície mínima evaporador Minimum evaporator surface
m ³	kW	
3,5 - 4	545	7,5
4,5 - 5	660	9,5
5 - 6	790	12,0
6 - 7	920	13,6
7 - 8	990	14,4
8 - 9	1130	16,0
9 - 10	1280	19,4
10 - 11	1395	20,4
11 - 13	1455	22,0
12 - 14	1570	23,5
13 - 15	1630	24,5
14 - 16	1745	26,0
15 - 17	1920	29,0
17 - 19	2095	30,0
19 - 22	2325	34,0
24 - 28	2790	39,0
28 - 32	3140	44,0
35 - 40	3720	53,0
40 - 46	4300	59,0
43 - 49	4650	65,0

ECT

VEH
BEH MEH

Para capacidades em Dew Point consultar www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 ou contacte a Centauro.
For Dew Point capacities please see www.centauro.pt, TB-0001, TB-0019 or contact Centauro.

Anexo J - Disposição da tubagem de água do sistema centralizado



Rev. Nº	Descrição	Desenhou	Verificou	Data
Descrição: IMPLANTAÇÃO DA TUBAGEM DE REFRIGERADOS E CONGELADOS				
Desenhou:	Verificou:	Aprovou:	Ficheiro:	Data:
		SUPERMERCADO		
		Rev.	Folha Nº	

**Anexo L - Dimensionamento da tubagem do
circuito de refrigerados do sistema centralizado
com R410A**

N° Troço	Carga térmica [kW]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
		Linha de Líquido	Linha de Aspiração	Linha de Líquido	Linha de Aspiração	
1	77,79	1 1/8	2 1/8	0,032	0,037	0,222
2	1,68	1/4	1/2	0,019	0,009	0,099
3	76,11	5/8	1 1/8	0,043	0,067	0,345
4	36,26	5/8	1 1/8	0,046	0,068	0,357
5	1,44	1/4	3/8	0,033	0,080	0,354
6	34,82	1/2	1 1/8	0,056	0,025	0,258
7	5,34	5/16	1/2	0,036	0,064	0,315
8	29,48	5/16	1/2	0,033	0,067	0,328
9	4,95	1/4	1/2	0,059	0,029	0,279
10	24,53	1/2	3/4	0,010	0,035	0,150
11	6,77	3/8	1/2	0,007	0,040	0,156
12	2,54	1/4	5/16	0,004	0,032	0,123
13	4,23	5/16	1/2	0,024	0,042	0,213
14	2,54	1/4	5/16	0,004	0,032	0,123
15	1,69	1/4	1/2	0,045	0,021	0,213
16	17,76	1/2	7/8	0,029	0,048	0,246
17	7,47	1/4	1/2	0,048	0,024	0,231
18	2,65	1/4	5/16	0,004	0,034	0,129
19	4,82	5/16	5/8	0,044	0,024	0,219
20	2,41	1/4	5/16	0,004	0,029	0,114
21	2,41	1/4	1/2	0,048	0,023	0,228
22	10,29	5/16	5/8	0,047	0,027	0,237
23	2,41	1/4	5/16	0,004	0,029	0,114
24	7,88	5/16	5/8	0,058	0,032	0,285
25	1,61	1/4	1/4	0,002	0,050	0,171
26	6,27	5/16	1/2	0,036	0,066	0,321
27	2,41	1/4	5/16	0,004	0,029	0,114
28	3,86	1/4	3/8	0,014	0,037	0,168
29	1,21	1/4	1/4	0,001	0,029	0,105

N° Troço	Carga térmica [kW]	Tubagem ANSI		Perda de carga [bar]		Perda de carga total [bar]
		Linha de Líquido	Linha de Aspiração	Linha de Líquido	Linha de Aspiração	
30	2,65	1/4	1/2	0,050	0,024	0,237
31	39,85	7/8	1 5/8	0,045	0,054	0,312
32	22,37	1/2	1 1/8	0,074	0,033	0,336
33	0,89	1/4	5/16	0,006	0,039	0,150
34	21,48	1/2	7/8	0,044	0,072	0,363
35	10,74	1/4	1/2	0,056	0,029	0,270
36	1,81	1/4	3/8	0,012	0,029	0,138
37	8,93	1/4	1/2	0,067	0,034	0,318
38	3,56	1/4	5/16	0,007	0,060	0,216
39	5,37	5/16	1/2	0,042	0,076	0,369
40	3,56	1/4	3/8	0,015	0,038	0,174
41	1,81	1/4	5/16	0,007	0,050	0,186
42	10,74	3/8	3/4	0,074	0,047	0,378
43	1,81	1/4	3/8	0,012	0,029	0,138
44	8,93	1/4	1/2	0,067	0,034	0,318
45	3,56	1/4	5/16	0,007	0,060	0,216
46	5,37	5/16	1/2	0,042	0,076	0,369
47	3,56	1/4	3/8	0,015	0,038	0,174
48	1,81	1/4	5/16	0,007	0,050	0,186
49	17,48	1/2	7/8	0,024	0,039	0,204
50	7,73	3/8	5/8	0,037	0,062	0,312
51	3,96	1/4	3/8	0,021	0,055	0,243
52	3,77	1/4	3/8	0,028	0,071	0,312
53	9,75	1/2	3/4	0,017	0,054	0,228
54	3,68	5/16	1/2	0,029	0,052	0,258
55	6,07	3/8	5/8	0,036	0,060	0,303
56	4,51	1/4	1/2	0,073	0,036	0,342
57	1,56	5/16	1/2	0,023	0,038	0,198

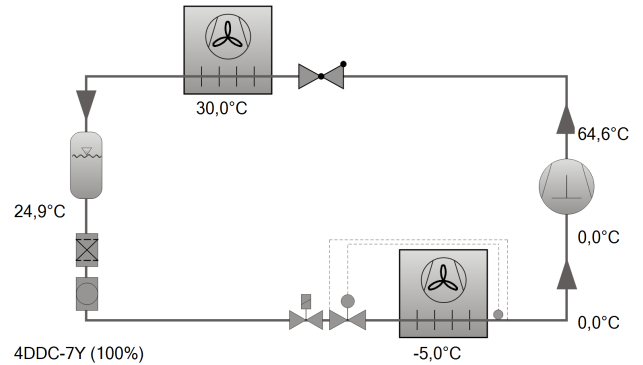
Anexo M - Fichas técnicas dos compressores do sistema centralizado com R410A



Seleção do compressor: Semi-Herméticos Pistões

Valores de entrada

Compressor modelo	4DDC-7Y
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R410A
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-5,00 °C
Temp. Condensação SDT	30,0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	5,00 K
Superaquecimento do gás Sucção	5,00 K
Modo de operação	Auto
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%

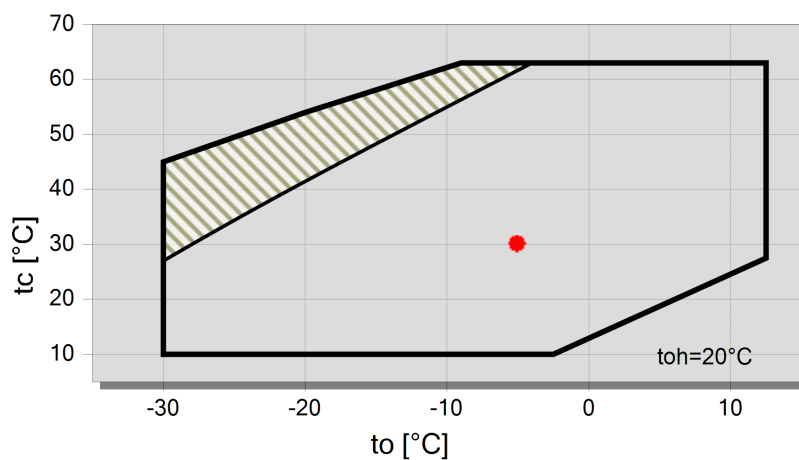


Resultado

Compressor	4DDC-7Y-40S
Etapas de capacidade	100%
Capac. Refrigerante	19,95 kW
Capac. Refrigerante *	18,91 kW
Capacidade Evaporador	19,95 kW
Potência absorvida	4,85 kW
Corrente (400V)	10,32 A
Faixa de Tensão	380-420V
Capacidade do Condensador	24,8 kW
COP/EER	4,11
COP/EER*	3,90
Vazão em massa	388 kg/h
Modo de operação	Padrão
Temp. gás de Descarga não resfriado	64,6 °C

*segundo EN 12900 (temperatura gás sucção 20°C sem sub-resfriamento de líquido).

Limites de aplicação



Legenda

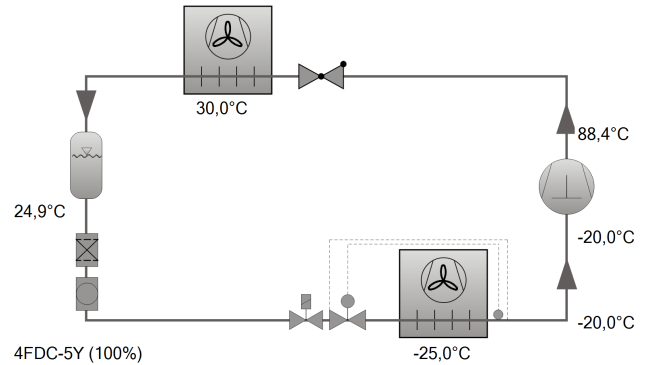
- superaquecimento gás sucção ≤20K
- A



Seleção do compressor: Semi-Herméticos Pistões

Valores de entrada

Compressor modelo	4FDC-5Y
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R410A
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-25,00 °C
Temp. Condensação SDT	30,0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	5,00 K
Superaquecimento do gás Sucção	5,00 K
Modo de operação	Auto
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%

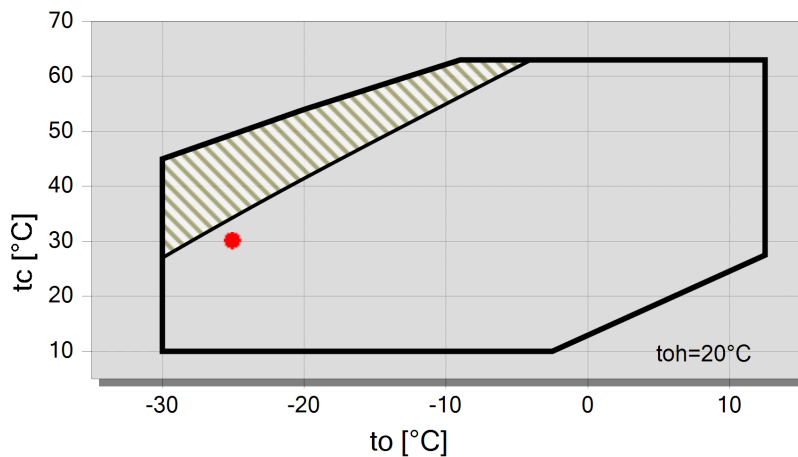


Resultado

Compressor	4FDC-5Y-40S
Etapas de capacidade	100%
Capac. Refrigerante	5,61 kW
Capac. Refrigerante *	5,34 kW
Capacidade Evaporador	5,61 kW
Potência absorvida	2,52 kW
Corrente (400V)	6,09 A
Faixa de Tensão	380-420V
Capacidade do Condensador	8,14 kW
COP/EER	2,22
COP/EER*	2,11
Vazão em massa	114,3 kg/h
Modo de operação	Padrão
Temp. gás de Descarga não resfriado	88,4 °C

*segundo EN 12900 (temperatura gás sucção 20°C sem sub-resfriamento de líquido).

Limites de aplicação



Legenda

- superaquecimento gás sucção ≤ 20K
- A

**Anexo N - Dimensionamento da tubagem do
circuito de refrigerados do sistema centralizado
com R717**

n.º	Item	Observações	Parâmetro	Unidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					Tubagem									
1.	Comprimento total de tubagem		L	m	16,84	2,85	1,20	4,96	6,75	2,06	2,49	0,10	1,33	0,74
	Material		M	-	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
	Diâmetro nominal da tubagem		D	mm	85,99	19,95	85,99	73,38	13,85	73,38	26,04	61,48	26,04	61,48
	Diâmetro interior da tubagem	Tabela "Tubagem"	Di	m	85,99	19,95	85,99	73,38	13,85	73,38	26,04	61,48	26,04	61,48
	Secção de passagem	$\text{Pi} \times (\text{Di}/1000)^2 / 4$	A	m ²	0,00581	0,00031	0,00581	0,00423	0,00015	0,00423	0,00053	0,00297	0,00053	0,00297
	Caudal de água		q	L/s	3,94633	0,09	3,86113	1,83968	0,07	1,76658	0,27	1,49568	0,25	1,24458
	Velocidade da água	$(q / 1000) / A$	v	m/s	0,68	0,27	0,66	0,44	0,49	0,42	0,51	0,50	0,47	0,42
	Pressão dinâmica	$((1000 \text{ (kg/m}^3) \times v^2) / 2) / 1000$	Pd	kPa	0,23	0,04	0,22	0,09	0,12	0,09	0,13	0,13	0,11	0,09
	Temperatura da água		T	°C	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00
	Massa específica	Tabela "massa especifica"	ρ	kg/m ³	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13
	Coefficiente de rugosidade	Tabela "materiais"	C	-	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	Perda de carga linear	Hazen-Williams (ASHRAE-Fund.Chap.35)	dp	Pa/m	55,23	55,96	53,04	29,09	249,27	26,99	130,22	46,94	113,14	33,40
Perda Total Linear	dp x L	DP1	kPa	0,93	0,16	0,06	0,14	1,68	0,06	0,32	0,00	0,15	0,02	
Curvas a 90°														
2.	Quantidade		Q2	-		1,00			1,00					
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS	K	-	0,80	2,10	0,80	0,85	2,50	0,85	1,50	1,00	1,50	1,00
	Perda Curvas a 90°	Pd x C2 x Q2	DP2	kPa	0,00	0,08	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tês em Linha														
5.	Quantidade		Q5	-	1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS	K	-	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Perda Tês em linha	Pd x C5 x Q5	DP5	kPa	0,21	0,00	0,20	0,09	0,00	0,08	0,00	0,11	0,00	0,08
Válvulas de Equilíbrio Dinâmico														
7.	Quantidade		Q7	-		1,00			1,00		1,00		1,00	
	Coefficiente de perda de carga	Fabricante	Kv	kPa	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Perda Válvulas Equilíbrio Dinâmico	dvp x Q7	DP7	kPa	0,00	7,00	0,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00
Válvulas de Macho Esférico														
8.	Quantidade		Q8	-		1,00			1,00		1,00		1,00	
	Coefficiente de perda de carga	Fabricante	Kv	(L/s) / kPa	236,11	10,89	236,11	148,61	2,61	148,61	23,69	110,28	23,69	110,28
	Perda Válvulas Macho Esférico	dvp x Q8	DP8	kPa	0,00	10,89	0,00	0,00	2,61	0,00	23,69	0,00	23,69	0,00
Filtros Tipo Y														
13.	Quantidade		Q13	-		1,00			1,00		1,00		1,00	
	Comprimento Equivalente	Engineeringtoolbox.com	L	m	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Perda Filtros Tipo Y	dp x L x Q13	DP13	kPa	0,00	6,00	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00
Perda Total na Secção		DP1 + ... + DP14	DPtot	kPa	1,14	24,13	0,26	0,23	17,59	0,13	37,02	0,12	36,84	0,10
Coefficiente de Segurança		Admitido	CS	-	1,25									
Pressão da Bomba		DPc x CS	P	kPa	96,03	Volume Total = 107,04 Litros								

Troços

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1,01	0,33	2,45	0,33	6,87	3,64	0,49	0,33	3,69	0,33	3,87	0,99	0,33	1,98	0,33	1,90	0,33	0,53	0,33	3,45	
Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
38,24	19,95	26,04	19,95	19,95	50,43	38,24	19,95	26,04	19,95	38,24	19,95	38,24	19,95	38,24	19,95	38,24	19,95	26,04	13,85	19,95
38,24	19,95	26,04	19,95	19,95	50,43	38,24	19,95	26,04	19,95	38,24	19,95	38,24	19,95	38,24	19,95	38,24	19,95	26,04	13,85	19,95
0,00115	0,00031	0,00053	0,00031	0,00031	0,00200	0,00115	0,00031	0,00053	0,00031	0,00031	0,00115	0,00031	0,00115	0,00031	0,00115	0,00031	0,00053	0,00015	0,00031	
0,3435	0,13	0,2146	0,13	0,09	0,90108	0,379	0,13	0,2446	0,12	0,12	0,52208	0,12	0,39978	0,08	0,3181	0,12	0,1958	0,06	0,13	
0,30	0,41	0,40	0,41	0,27	0,45	0,33	0,43	0,46	0,39	0,39	0,45	0,39	0,35	0,26	0,28	0,39	0,37	0,41	0,43	
0,04	0,09	0,08	0,09	0,04	0,10	0,05	0,09	0,11	0,08	0,08	0,10	0,08	0,06	0,03	0,04	0,08	0,07	0,08	0,09	
-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	
1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	
150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	
31,10	120,47	84,58	120,47	56,57	48,21	37,32	130,16	107,78	109,29	109,29	67,53	109,29	41,19	51,75	26,98	109,29	71,37	180,46	130,16	
0,03	0,04	0,21	0,04	0,39	0,18	0,02	0,04	0,40	0,04	0,42	0,07	0,04	0,08	0,02	0,05	0,04	0,04	0,06	0,45	
				4,00				1,00		1,00	1,00								1,00	
1,30	2,10	1,50	2,10	2,10	1,00	1,30	2,10	1,50	2,10	2,10	1,30	2,10	1,30	2,10	1,30	2,10	1,50	2,50	2,10	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,16	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	
1,00		1,00			1,00	1,00		1,00			1,00		1,00		1,00		1,00			
0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
0,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,09	0,05	0,00	0,09	0,00	0,00	0,09	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	
	1,00		1,00	1,00			1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00		1,00	1,00	
7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	
0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	0,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	
	1,00		1,00	1,00			1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00		1,00	1,00	
33,61	10,89	23,69	10,89	10,89	110,28	33,61	10,89	23,69	10,89	10,89	33,61	10,89	33,61	10,89	33,61	10,89	23,69	2,61	10,89	
0,00	10,89	0,00	10,89	10,89	0,00	0,00	10,89	0,00	10,89	10,89	0,00	10,89	0,00	10,89	0,00	10,89	0,00	2,61	10,89	
	1,00		1,00	1,00			1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00		1,00	1,00	
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	
0,07	23,93	0,28	23,93	24,59	0,27	0,07	23,93	0,65	23,92	24,47	0,29	23,92	0,14	23,91	0,09	23,92	0,10	15,67	24,53	

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

22,10	6,02	2,61	3,75	0,26	1,58	0,50	0,33	2,88	0,65	0,90	4,41	1,55	0,49	0,33	2,88	0,65	0,90	3,03	3,95	
Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
73,38	61,48	10,93	61,48	38,24	19,95	38,24	26,04	26,04	26,04	19,95	38,24	26,04	19,95	38,24	26,04	26,04	19,95	50,43	38,24	
73,38	61,48	10,93	61,48	38,24	19,95	38,24	26,04	26,04	26,04	19,95	38,24	19,95	38,24	26,04	26,04	26,04	19,95	50,43	38,24	
0,00423	0,00297	0,00009	0,00297	0,00115	0,00031	0,00115	0,00053	0,00053	0,00053	0,00031	0,00115	0,00031	0,00115	0,00053	0,00053	0,00053	0,00031	0,00200	0,00115	
2,02145	1,13475	0,05	1,0896	0,5448	0,09	0,453	0,18	0,2724	0,18	0,09	0,5448	0,09	0,453	0,18	0,2724	0,18	0,09	0,8867	0,3922	
0,48	0,38	0,48	0,37	0,47	0,29	0,39	0,34	0,51	0,34	0,29	0,47	0,29	0,39	0,34	0,51	0,34	0,29	0,44	0,34	
0,11	0,07	0,12	0,07	0,11	0,04	0,08	0,06	0,13	0,06	0,04	0,11	0,04	0,08	0,06	0,13	0,06	0,04	0,10	0,06	
-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	
1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	
150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	
34,64	28,15	323,59	26,11	73,07	64,25	51,92	61,45	131,56	61,45	64,25	73,07	64,25	51,92	61,45	131,56	61,45	64,25	46,79	39,76	
0,77	0,17	0,84	0,10	0,02	0,10	0,03	0,02	0,38	0,04	0,06	0,32	0,10	0,03	0,02	0,38	0,04	0,06	0,14	0,16	

2,00	2,00	2,00		2,00	1,00					1,00	2,00	1,00					1,00	2,00	
0,85	1,00	2,50	1,00	1,30	2,10	1,30	1,50	1,50	1,50	2,10	1,30	2,10	1,30	1,50	1,50	1,50	2,10	1,00	1,30
0,19	0,15	0,58	0,00	0,29	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,29	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,20	0,00

1,00	1,00		1,00	1,00		1,00		1,00			1,00		1,00		1,00			1,00	1,00
0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
0,10	0,07	0,00	0,06	0,10	0,00	0,07	0,00	0,12	0,00	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00	0,12	0,00	0,00	0,09	0,05

		1,00			1,00		1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00	1,00		
7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	0,00	0,00

		1,00			1,00		1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00	1,00			
148,61	110,28	2,61	110,28	33,61	10,89	33,61	23,69	23,69	23,69	10,89	33,61	10,89	33,61	23,69	23,69	23,69	23,69	10,89	110,28	33,61
0,00	0,00	2,61	0,00	0,00	10,89	0,00	23,69	0,00	23,69	10,89	0,00	10,89	0,00	23,69	0,00	23,69	0,00	23,69	10,89	0,00

		1,00			1,00		1,00		1,00	1,00		1,00		1,00		1,00	1,00			
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00
1,06	0,38	17,03	0,16	0,41	24,08	0,10	36,71	0,50	36,73	24,04	0,72	24,08	0,10	36,71	0,50	36,73	24,04	0,43	0,21	

51	52	53	54	55	56	57
----	----	----	----	----	----	----

0,75	1,06	6,09	3,97	5,95	1,85	14,23
Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
26,04	26,04	38,24	26,04	38,24	26,04	19,95
26,04	26,04	38,24	26,04	38,24	26,04	19,95
0,00053	0,00053	0,00115	0,00053	0,00115	0,00053	0,00031
0,20	0,19	0,4945	0,19	0,3078	0,23	0,08
0,38	0,36	0,43	0,35	0,27	0,43	0,25
0,07	0,06	0,09	0,06	0,04	0,09	0,03
-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00
1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13	1034,13
150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
74,86	68,37	61,07	65,35	25,38	95,24	48,65
0,06	0,07	0,37	0,26	0,15	0,18	0,69

1,00	1,00		1,00			3,00
1,50	1,50	1,30	1,50	1,30	1,50	2,10
0,11	0,10	0,00	0,09	0,00	0,00	0,20

		1,00		1,00		
0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
0,00	0,00	0,08	0,00	0,03	0,00	0,00

1,00	1,00		1,00		1,00	1,00
7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
7,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00

1,00	1,00		1,00		1,00	1,00
23,69	23,69	33,61	23,69	33,61	23,69	10,89
23,69	23,69	0,00	23,69	0,00	23,69	10,89

1,00	1,00		1,00		1,00	1,00
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
6,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00
36,86	36,86	0,46	37,05	0,18	36,87	24,78

**Anexo O - Dimensionamento da tubagem do
circuito de congelados do sistema centralizado
com R717**

n.º	Item	Parâmetro	Unidade	Troços								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Tubagem											
	Comprimento total de tubagem	L	m	4,72	1,55	0,78	0,58	0,33	0,66	0,78	2,83	41,02
	Material	M	-	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
	Diâmetro nominal da tubagem	D	mm	38,24	38,24	13,85	38,24	19,95	26,04	13,85	19,95	10,93
	Diâmetro interior da tubagem	Di	m	38,24	38,24	13,85	38,24	19,95	26,04	13,85	19,95	10,93
	Secção de passagem	A	m ²	0,00115	0,00115	0,00015	0,00115	0,00031	0,00053	0,00015	0,00031	0,00009
	Caudal de água	q	L/s	0,38	0,35	0,07	0,28	0,10	0,17	0,07	0,10	0,04
	Velocidade da água	v	m/s	0,33	0,30	0,47	0,24	0,33	0,32	0,47	0,33	0,39
	Pressão dinâmica	Pd	kPa	0,06	0,05	0,11	0,03	0,05	0,05	0,11	0,05	0,07
	Temperatura da água	T	°C	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00
	Massa específica	ρ	kg/m ³	1050,42	1050,42	1050,42	1050,42	1050,42	1050,42	1050,42	1050,42	1050,42
	Coeficiente de rugosidade	C	-	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	Perda de carga linear	dp	Pa/m	38,39	31,92	234,91	20,95	80,04	57,46	234,91	80,04	218,32
Perda Total Linear	DP1	kPa	0,18	0,05	0,18	0,01	0,03	0,04	0,18	0,23	8,96	
2.	Curvas a 90º											
	Quantidade	Q2	-								1,00	5,00
	Coeficiente de perda de carga	K	-	1,30	1,30	2,50	1,30	2,10	1,50	2,50	2,10	2,50
	Perda Curvas a 90º	DP2	kPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,93
5.	Tês em Linha											
	Quantidade	Q5	-	1,00	1,00		1,00		1,00			
	Coeficiente de perda de carga	K	-	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Perda Tês em linha	DP5	kPa	0,05	0,04	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
7.	Válvulas de Equilíbrio Dinâmico											
	Quantidade	Q7	-			1,00		1,00		1,00	1,00	1,00
	Coeficiente de perda de carga	Kv	kPa	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Perda Válvulas Equilíbrio Dinâmico	DP7	kPa	0,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
8.	Válvulas de Macho Esférico											
	Quantidade	Q8	-			1,00		1,00		1,00	1,00	1,00
	Coeficiente de perda de carga	Kv	(L/s) / kPa	33,61	33,61	2,61	33,61	10,89	23,69	2,61	10,89	2,61
	Perda Válvulas Macho Esférico	DP8	kPa	0,00	0,00	2,61	0,00	10,89	0,00	2,61	10,89	2,61
12.	Válvulas de Retenção											
	Quantidade	Q12	-			1,00		1,00		1,00	1,00	1,00
	Coeficiente de perda de carga	K	-	2,70	2,70	8,00	2,70	5,50	3,00	8,00	5,50	8,00
	Perda Válvulas de Retenção	DP12	kPa									
13.	Filtros Tipo Y											
	Quantidade	Q13	-			1,00		1,00		1,00	1,00	1,00
	Comprimento Equivalente	L	m	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Perda Filtros Tipo Y	DP13	kPa	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00	6,00
Perda Total na Secção		DPtot	kPa	0,23	0,09	15,79	0,04	23,92	0,09	15,79	24,23	25,50
Coeficiente de Segurança		CS	-	1,25								
Pressão da Bomba		P	kPa	32,16	Volume Total =		6,62	Litros				

**Anexo P – Fichas técnicas das bombas
selecionadas para o sistema centralizado com
R717**

Quantid.	Descrição
1	<p>CM10-2 A-R-A-E-AQQE</p>  <p>Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real</p> <p>Código: 96943345</p> <p>Bomba centrífuga multicelular horizontal compacta, de aspiração axial, fiável com orifício de aspiração axial e bocal de saída radial. O veio, os impulsores e as câmaras são em aço inoxidável. As peças de entrada e descarga são em ferro fundido. O empanque mecânico é um vedante O-ring não equilibrado, de design especial. A bomba está equipada com um motor assíncrono auto-ventilado de 3 fase(s), montado numa base.</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Propileno glicol Gama de temperatura do líquido: -20 .. 90 °C Concentração: 30 % Liquid temperature during operation: 0 °C Densidade: 1036 kg/m³ Viscosidade cinemática: 6.83 mm²/seg</p> <p>Técnicos: Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma: 2900 rpm Caudal efectivo calculado: 7105 l/h Altura manométrica resultante da bomba: 101.2 kPa Código empanque.1:Tipo 2:Superfície rotativa vedante 3:Apoio fixo 4:Vedante secundário: AQQE Homologações na chapa de características: CE,WRAS,ACS,TR,EAC Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B</p> <p>Materiais: Corpo da bomba: Ferro fundido EN-JL1030 ASTM 30 B Impulsor: Aço inoxidável DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304 Borracha: EPDM</p> <p>Instalação: Temperatura ambiente máxima: 55 °C Pressão máx. de funcionamento: 10 bar Pressão máx. à temp. indicada: 10 bar / 90 °C Flange padrão: ROSCAGEM WHITWORTH RP Entrada da bomba: Rp 1 1/2 Descarga da bomba: Rp 1 1/2</p> <p>Car. eléctricas: Tipo de motor: 80C Classe de eficiência IE: IE2 Potência nominal - P2: 1.2 kW Frequência da rede: 50 Hz Tensão nominal: 3 x 220-240D/380-415Y V Factor de serviço: 1 Corrente nominal: 4,8-5,2/2,8-3 A</p>



Nome empresa:

Criado por:

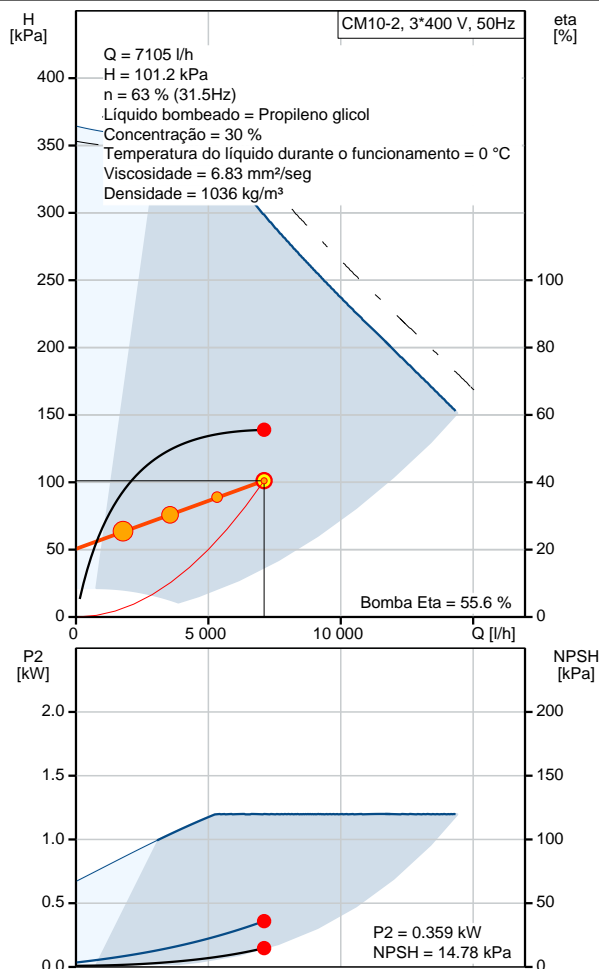
Telefone:

Data:

11/02/2019

Quantid.	Descrição
	<p data-bbox="252 338 788 488">Corrente de arranque: 770-800 % Velocidade nominal: 2820-2860 rpm Eficiência do motor com carga total: 79.6 % Classe de protecção (IEC 34-5): IP55 Classe de isolamento (IEC 85): F</p> <p data-bbox="252 517 344 539">Outros:</p> <p data-bbox="252 546 730 692">Índ. efic. mín. MEI : 0.7 Peso líquido: 25 kg Peso bruto: 27.5 kg Country of origin: HU Custom tariff no.: 84137075</p>

Descrição	Valor
Inf. geral:	
Designação do produto:	CM10-2 A-R-A-E-AQQE
Código::	96943345
Número EAN::	5700314301057
Técnicos:	
Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma:	2900 rpm
Caudal efectivo calculado:	7105 l/h
Altura manométrica resultante da bomba:	101.2 kPa
Impulsores:	2
Código empanque.1:Tipo 2:Superfície rotativa vedante 3:Apoio fixo 4:Vedante secundário:	AQQE
Homologações na chapa de características:	CE,WRAS,ACS,TR,EAC
Tolerância da curva:	ISO9906:2012 3B
Versão da bomba:	A
Modelo:	A
Materiais:	
Corpo da bomba:	Ferro fundido EN-JL1030 ASTM 30 B
Impulsor:	Aço inoxidável DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Código do material:	A
Borracha:	EPDM
Código para a borracha:	E
Instalação:	
Temperatura ambiente máxima:	55 °C
Pressão máx. de funcionamento:	10 bar
Pressão máx. à temp. indicada:	10 bar / 90 °C
Flange padrão:	ROSCAGEM WHITWORTH RP
Entrada da bomba:	Rp 1 1/2
Descarga da bomba:	Rp 1 1/2
Código da ligação:	R
Líquido:	
Líquido bombeado:	Propileno glicol
Gama de temperatura do líquido:	-20 .. 90 °C
Concentração:	30 %
Liquid temperature during operation:	0 °C
Densidade:	1036 kg/m³
Viscosidade cinemática:	6.83 mm²/seg
Car. eléctricas:	
Tipo de motor:	80C
Classe de eficiência IE:	IE2
Potência nominal - P2:	1.2 kW
Frequência da rede:	50 Hz
Tensão nominal:	3 x 220-240D/380-415Y V
Factor de serviço:	1
Corrente nominal:	4,8-5,2/2,8-3 A
Corrente de arranque:	770-800 %
Velocidade nominal:	2820-2860 rpm
Eficiência do motor com carga total:	79.6 %
Classe de protecção (IEC 34-5):	IP55
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Protecção do motor:	NÃO





Nome empresa:


Criado por:

Telefone:

Data:

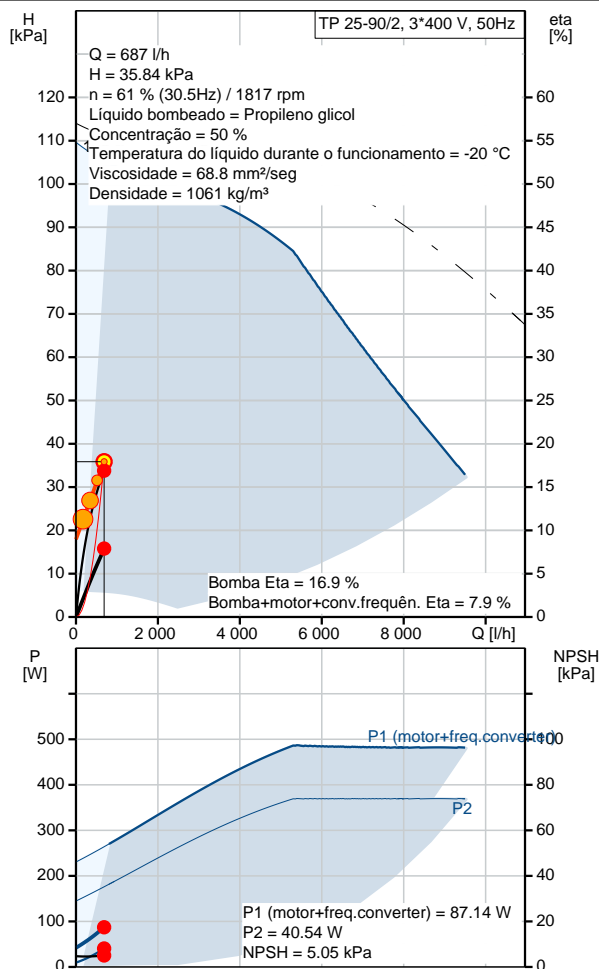
11/02/2019

Descrição	Valor
Outros:	
Índ. efic. mín. MEI :	0.7
Peso líquido:	25 kg
Peso bruto:	27.5 kg
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137075

Quantid.	Descrição
1	<p>TP 25-90/2 A-O-A-BQQE</p>  <p>Código: 98282133</p> <p>Bomba monocelular monobloco de voluta, com bocais de aspiração e de saída in-line de diâmetro idêntico. A bomba é concebida segundo o princípio de construção desmontável pela parte superior, ou seja, a cabeça da bomba (motor, cabeça da bomba e o impulsor) podem ser retirados para realização de manutenção ou assistência técnica, mantendo o corpo da bomba na tubagem.</p> <p>A bomba está equipada com um vedante de fole em borracha não equilibrado. O empanque cumpre os requisitos da norma DIN EN 12756. A ligação da tubagem é feita através de ligações de união PN 10 (ISO 228-1).</p> <p>A bomba está equipada com um motor assíncrono auto-ventilado.</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Propileno glicol Gama de temperatura do líquido: -25 .. 120 °C Concentração: 50 % Liquid temperature during operation: -20 °C Densidade: 1061 kg/m³ Viscosidade cinemática: 68.8 mm²/seg</p> <p>Técnicos: Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma: 2865 rpm Caudal efectivo calculado: 687 l/h Altura manométrica resultante da bomba: 35.86 kPa Diâmetro efectivo do impulsor: 89 mm Código empanque.1:Tipo 2:Superfície rotativa vedante 3:Apoio fixo 4:Vedante secundário: BQQE Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B</p> <p>Materiais: Corpo da bomba: Ferro fundido EN-JL1030 ASTM A48-30 B Impulsor: Compósito PES/PP 30% FV</p> <p>Instalação: Gama de temperatura ambiente: -30 .. 40 °C Pressão máx. de funcionamento: 10 bar Flange padrão: UNIÃO Ligação à tubagem: G 1 1/2 Estágio da pressão: PN 10 Distância entre flanges: 180 mm Tamanho da flange para o motor: FT85</p> <p>Car. eléctricas: Tipo de motor: 71A Classe de eficiência IE: IE3 Potência nominal - P2: 0.37 kW Potência (P2) requerida pela bomba: 0.37 kW Frequência da rede: 50 Hz</p>

Quantid.	Descrição
	Tensão nominal: 3 x 220-240D/380-415Y V Corrente nominal: 1.74/1.00 A Corrente de arranque: 490-530 % Cos phi - factor de potência: 0.80-0.70 Velocidade nominal: 2850-2880 rpm Eficiência: IE3 73,8% Eficiência do motor com carga total: 73.8 % Eficiência do motor a 3/4 de carga: 79.0 % Eficiência do motor a 1/2 carga: 75.5 % Número de pólos: 2 Classe de protecção (IEC 34-5): 55 Dust/Jetting Classe de isolamento (IEC 85): F Outros: Índ. efic. mín. MEI : 0.70 Estado ErP: EuP Autónomos/Prod. Peso líquido: 10.3 kg Peso bruto: 12.3 kg Volume de expedição: 0.04 m ³ Danish VVS No.: 381810090 Norwegian NRF no.: 9043512 Country of origin: HU Custom tariff no.: 84137051

Descrição	Valor
Inf. geral:	
Designação do produto:	TP 25-90/2 A-O-A-BQQE
Código::	98282133
Número EAN::	5711492397541
Preço:	668,00 €
Técnicos:	
Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma:	2865 rpm
Caudal efectivo calculado:	687 l/h
Altura manométrica resultante da bomba:	35.86 kPa
Altura manométrica máxima:	90 dm
Diâmetro efectivo do impulsor:	89 mm
Código empanque. 1:Tipo 2:Superfície rotativa vedante 3:Apoio fixo 4:Vedante secundário:	BQQE
Tolerância da curva:	ISO9906:2012 3B
Versão da bomba:	A
Modelo:	B
Materiais:	
Corpo da bomba:	Ferro fundido EN-JL1030 ASTM A48-30 B
Impulsor:	Compósito PES/PP 30% FV
Código do material:	A
Instalação:	
Gama de temperatura ambiente:	-30 .. 40 °C
Pressão máx. de funcionamento:	10 bar
Flange padrão:	UNIÃO
Ligação à tubagem:	G 1 1/2
Estágio da pressão:	PN 10
Distância entre flanges:	180 mm
Tamanho da flange para o motor:	FT85
Código da ligação:	O
Líquido:	
Líquido bombeado:	Propileno glicol
Gama de temperatura do líquido:	-25 .. 120 °C
Concentração:	50 %
Liquid temperature during operation:	-20 °C
Densidade:	1061 kg/m ³
Viscosidade cinemática:	68.8 mm ² /seg
Car. eléctricas:	
Tipo de motor:	71A
Classe de eficiência IE:	IE3
Potência nominal - P2:	0.37 kW
Potência (P2) requerida pela bomba:	0.37 kW
Frequência da rede:	50 Hz
Tensão nominal:	3 x 220-240D/380-415Y V
Corrente nominal:	1.74/1.00 A
Corrente de arranque:	490-530 %
Cos phi - factor de potência:	0.80-0.70
Velocidade nominal:	2850-2880 rpm
Eficiência:	IE3 73,8%
Eficiência do motor com carga total:	73.8 %
Eficiência do motor a 3/4 de carga:	79.0 %
Eficiência do motor a 1/2 carga:	75.5 %





Nome empresa:

Criado por:

Telefone:

Data:

11/02/2019

Descrição	Valor
Número de pólos:	2
Classe de protecção (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Protecção do motor:	NENHUM
Motor n.º:	85805102
Outros:	
Índ. efic. mín. MEI :	0.70
Estado ErP:	EuP Autónomos/Prod.
Peso líquido:	10.3 kg
Peso bruto:	12.3 kg
Volume de expedição:	0.04 m ³
Danish VVS No.:	381810090
Norwegian NRF no.:	9043512
Country of origin:	HU
Custom tariff no.:	84137051

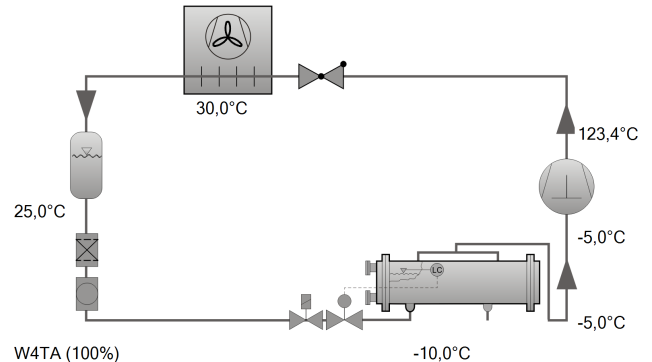
**Anexo Q – Fichas técnicas dos compressores
selecionados para o sistema centralizado com
R717**



Seleção do compressor: Compressores Pistões Aberto

Valores de entrada

Compressor modelo	W4TA-K
Refrigerante	R717
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-10,00 °C
Temp. Condensação SDT	30,0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	5,00 K
Superaquecimento do gás	5,00 K
Sucção	
Superaquecimento útil	100%
Rotação do compressor	0 /min
Regulador de capacidade	100%



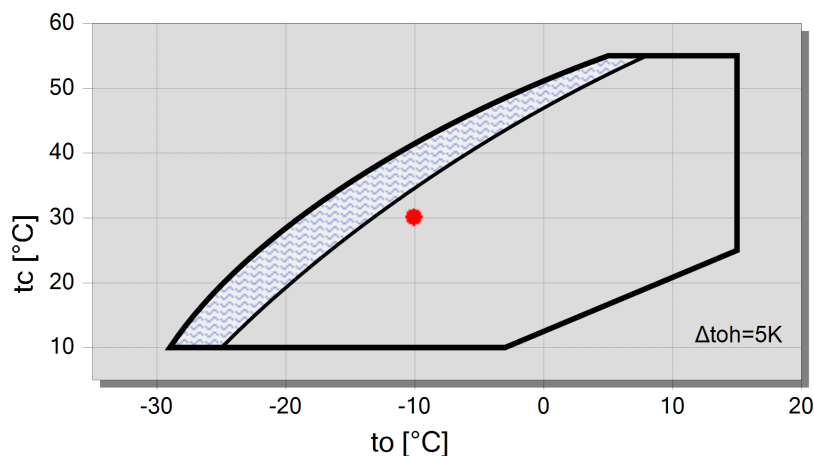
Resultado

Compressor	W4TA
Etapas de capacidade	100%
Capac. Refrigerante	23,7 kW
Capac. Refrigerante *	23,2 kW
Capacidade Evaporador	23,7 kW
Potência no eixo	5,65 kW
Capacidade do Condensador	29,4 kW
COP/EER	4,20
COP/EER*	4,11
Vazão em massa	74,6 kg/h
Modo de operação	Acoplamento (1:1)
Velocidade Compressor	1450 /min
Motor de Acionamento	7,50 kW
Temp. gás de Descarga não resfriado	123,4 °C

Seleção do motor ver "Dados Técnicos"

*conforme EN12900 (superaquecimento na sucção de 5K, sem sub-resfriamento do líquido).

Limites de aplicação Standard



Legenda

cabeçote resfriado á agua

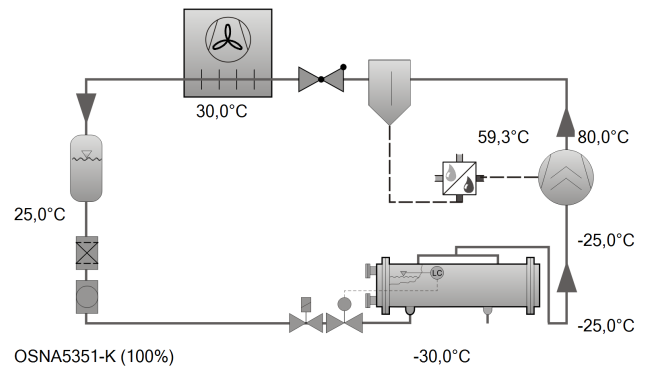
A



Seleção do compressor: Compressores Parafuso Abertos OS

Valores de entrada

Compressor modelo	OSNA5351-K
Refrigerante	R717
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-30,00 °C
Temp. Condensação SDT	30,0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	5,00 K
Superaquecimento do gás	5,00 K
Sucção	
Modo de operação	Padrão
Velocidade	2900 /min
Superaquecimento útil	100%
Resfriamento adicional	Automatico
Máxima temp. de descarga	80,0 °C



Resultado

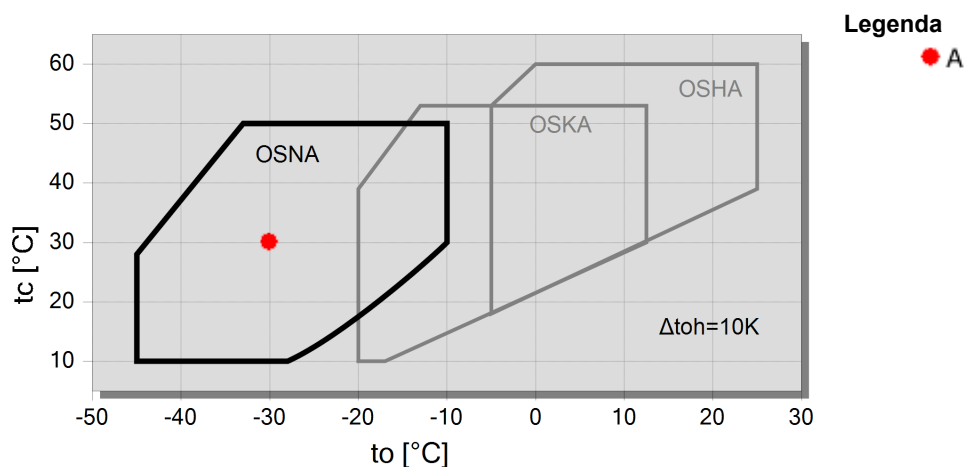
Compressor	OSNA5351-K
Etapas de capacidade	100%
Capac. Frigorífica	27,4 kW
Capac. Frigorífica *	26,8 kW
Capacidade Evaporador	27,4 kW
Potência no eixo	12,86 kW
Capacidade do Condensador	32,1 kW
COP/EER	2,13
COP/EER*	2,09
Vazão em massa LP	88,3 kg/h
Vazão em massa HP	88,3 kg/h
Modo de operação	Padrão
Temp. do líquido	25,0 °C
Vazão de óleo	0,82 m³/h
Método resfriamento	Externo
Saída do resfriador de óleo	59,3 °C
Carga Térmica Resfriador de Óleo	8,20 kW
Motor de Acionamento	22,0 kW
Temp. gás de Descarga não resfriado	213 °C

Resfriamento adicional/ limitações (ver limites + dados técnicos)!

Seleção do motor ver "Dados Técnicos"

*conforme EN12900 (superaquecimento na sucção de 5K, sem sub-resfriamento do líquido).

Limites de aplicação Standard



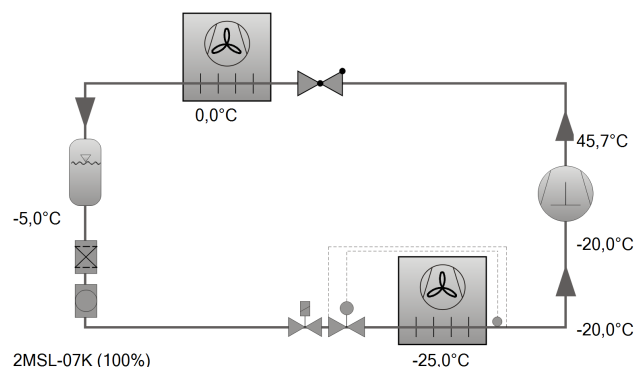
**Anexo R - Fichas técnicas dos compressores
selecionados para o sistema centralizado com
R744/R717**



Seleção do compressor: Semi-Herméticos Pistões

Valores de entrada

Compressor modelo	2MSL-07K
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-25,00 °C
Temp. Condensação SDT	0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	5,00 K
Superaquecimento do gás	5,00 K
Sucção	
Modo de operação	subcrítico
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%



Resultado

Compressor	2MSL-07K-40S
Etapas de capacidade	100%
Capac. Refrigerante	4,05 kW
Capac. Refrigerante *	3,81 kW
Capacidade Evaporador	4,05 kW
Potência absorvida	0,79 kW
Corrente (400V)	2,08 A
Faixa de Tensão	380-420V
Capacidade do Condensador	4,84 kW
COP/EER	5,13
COP/EER*	4,83
Vazão em massa	57,2 kg/h
Temp. gás de Descarga não resfriado	45,7 °C



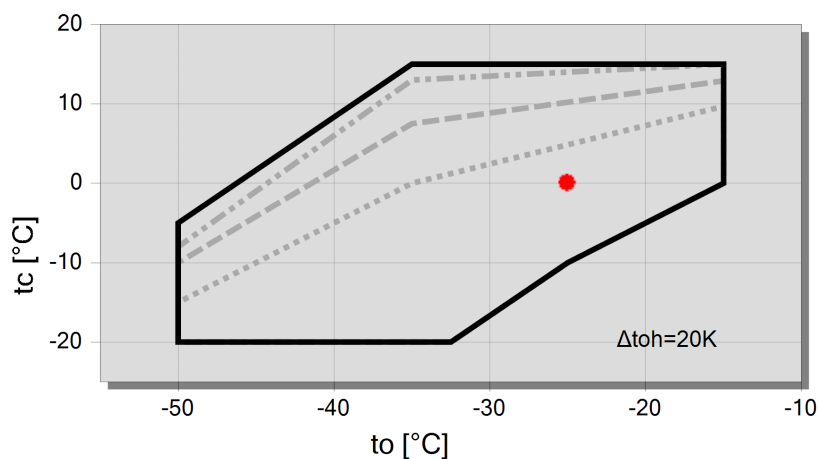
Dados Provisórios

*Dados de performance para compressor certificados por ASERCOM (ver Dados técnicos/ Nota)

Temperatura de descarga mínima 50°C (122°F)

*segundo EN 12900 (superaquecimento na sucção de 10K, sem sub-resfriamento de líquido)

Limites de aplicação

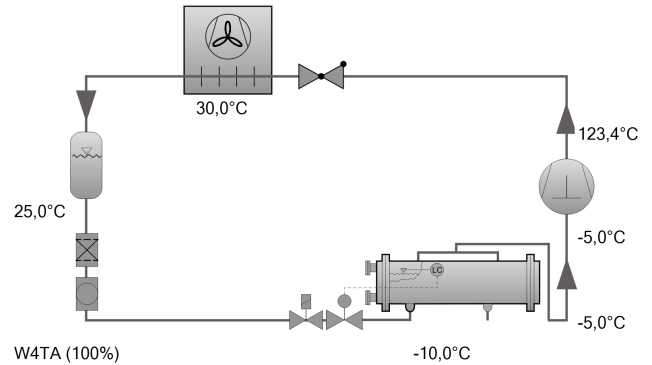




Seleção do compressor: Compressores Pistões Aberto

Valores de entrada

Compressor modelo	W4TA-K
Refrigerante	R717
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-10,00 °C
Temp. Condensação SDT	30,0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	5,00 K
Superaquecimento do gás	5,00 K
Sucção	
Superaquecimento útil	100%
Rotação do compressor	0 /min
Regulador de capacidade	100%



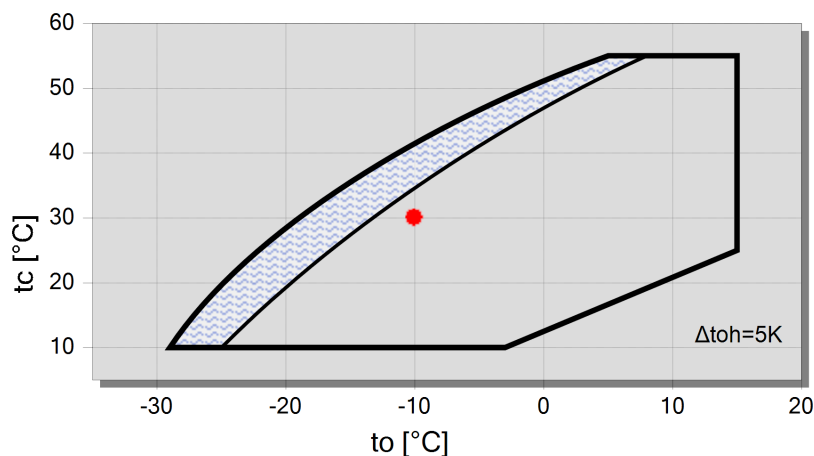
Resultado

Compressor	W4TA
Etapas de capacidade	100%
Capac. Refrigerante	23,7 kW
Capac. Refrigerante *	23,2 kW
Capacidade Evaporador	23,7 kW
Potência no eixo	5,65 kW
Capacidade do Condensador	29,4 kW
COP/EER	4,20
COP/EER*	4,11
Vazão em massa	74,6 kg/h
Modo de operação	Acoplamento (1:1)
Velocidade Compressor	1450 /min
Motor de Acionamento	7,50 kW
Temp. gás de Descarga não resfriado	123,4 °C

Seleção do motor ver "Dados Técnicos"

*conforme EN12900 (superaquecimento na sucção de 5K, sem sub-resfriamento do líquido).

Limites de aplicação Standard



Legenda

cabeçote resfriado á agua

A