



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto de um ciclo de refrigeração a CO₂ aplicado num supermercado

RICARDO JORGE DIAS LOUREIRO

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador:

Professor Doutor Nuno Ricardo da Piedade Antunes Serra

Júri:

Presidente: Professor Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Professora Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Professor Doutor Nuno Ricardo da Piedade Antunes Serra

Novembro de 2019



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto de um ciclo de refrigeração a CO₂ aplicado num supermercado

RICARDO JORGE DIAS LOUREIRO

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador:

Professor Doutor Nuno Ricardo da Piedade Antunes Serra

Júri:

Presidente: Professor Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Professora Doutora Cláudia Sofia Soneca da Luz Casaca

Professor Doutor Nuno Ricardo da Piedade Antunes Serra

Outubro de 2019

Resumo

O desenvolvimento da refrigeração e a necessidade constante de acompanhar as tendências globais, fazem com que exista uma maior competitividade entre as grandes superfícies comerciais. Por outro lado, o fácil acesso às informações ambientais, que caracteriza o século XXI, permitiu uma maior consciencialização da humanidade face aos problemas ambientais, transportando-a para uma fase de mudança de comportamentos e hábitos.

Nos últimos anos, o CO₂ (R-744) tem sido um caso de estudo e de sucesso nas mais diversas aplicações. As novas investigações, associadas às nefastas questões ambientais que recaem sobre os fluidos frigorigéneos mais tradicionais, permitiram o reequacionamento deste fluido para sistemas de refrigeração. As questões ambientais e de segurança, que tanto preocupavam os investigadores foram sendo dissipadas, devido à adequabilidade dos materiais e dos sistemas às elevadas pressões e temperaturas de funcionamento típicas de um ciclo a R-744. O CO₂ é atualmente um dos poucos fluídos frigorigéneos sustentáveis para aplicação em sistemas de refrigeração de superfícies comerciais.

As metas propostas para realização deste trabalho prendem-se com a caracterização atual e inovadora das grandes superfícies comerciais, bem como com a identificação dos melhores equipamentos de refrigeração a instalar num supermercado, de modo a garantir uma maior adequabilidade às imposições ambientais. Para tal, apresentar-se-á um caso de estudo aplicado ao sistema de refrigeração a CO₂, desde a produção de frio em toda a cadeia de conservação, nomeadamente, câmaras de refrigerados/congelados, expositores frigoríficos e banca de fabrico de gelo, até ao controlo presencial e remoto.

Serão apresentados todos os métodos de seleção dos equipamentos mais eficientes, bem como vão ser propostas soluções de aproveitamento energético do fluído frigorigéneo (p.e. permutador de placas para águas quentes sanitárias) e serão realizadas análises dos componentes selecionados.

Abstract

The constant development of more efficient and better suited technological refrigeration systems causes a growing competition between large-scale retailers in the pursuit of the optimal service to the consumer. This conjuncture goes hand in hand with the twenty-first-century society, who, as it grows conscious about environmental issues, changes the social habits and behaviors, seeking a sustainable environment. In other words, society today strives for sustainable livelihoods, for markets with a social but also environmental consciousness and responsibility.

Over the last few years, several studies have been conducted assessing the suitability of CO₂ in refrigeration systems. These studies are of interest in this case because they reattribute value to this molecule when used as a refrigerant. New technology and materials allowed the designers to dissipate the known environmental and security issues related to the use of the R-744. CO₂ is now, consequently, one of the few sustainable refrigerants used by retailers in large refrigeration systems.

The following thesis's aim is to precisely describe and highlight the importance of CO₂ as a refrigeration fluid, more specifically in refrigeration systems of large-scale retailers. It will exemplify how one should identify and characterize the best equipment to be installed in a supermarket that uses R-744 based refrigerating systems, assessing, simultaneously, the energetic and environmental suitability of this system.

Finally, this study will present all the selection methods for the most efficient equipment. On top of that, it will also suggest solutions to increase energy efficiency, whilst provides analyses of the selected components.

Palavras-Chave

- Sistemas de refrigeração subcrítico/transcrítico;
- Gestão remota;
- Superfícies comerciais;
- Fluido refrigerante R-744;

Keywords

- Subcritical/transcritical refrigeration systems;
- Remote management;
- Commercial surfaces;
- Fluid refrigerant R-744;

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Nuno Serra, pelo imenso apoio prestado, quer dentro e fora do horário escolar e pelas suas francas e fundamentais sugestões no desenvolvimento deste projeto.

Também agradeço ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, particularmente aos professores do Departamento de Engenharia Mecânica, que durante a licenciatura e mestrado me ajudaram a ser o que sou hoje, em especial ao Professor Doutor Luís Coelho, Professor Francisco Gonçalves dos Santos e à Professora Doutora Cláudia Casaca por todos ensinamentos que me permitiram evoluir academicamente.

Um especial agradecimento à minha Namorada (Inês Ribeiro), pela motivação, apoio e paciência ao longo de todo o trajeto. Nunca me deixou desistir, esteve sempre nos bons e maus momentos.

Quero ainda invocar a minha família que foi fundamental nesta caminhada. Um agradecimento muito especial ao meu Pai (Agostinho Loureiro), à minha Mãe (Maria Teresa Loureiro) e às minhas irmãs (Susana e Liliana Loureiro).

Por fim, um agradecimento enorme para um amigo que tive o prazer de o conhecer durante o mestrado (Jorge Ramos), para os pais da minha namorada (Maria Lurdes Ribeiro e Alcides Ribeiro), para a minha Madrinha (Fernanda Pires), para as minhas primas (Melissa e Cátia Pires) e para outros tantos que me acompanharam e sempre tiveram uma palavra amiga para me dar nos dias menos bons.

A todos, o meu sincero e muito obrigado.

Índice Geral

Resumo	i
Abstract	iii
Palavras-Chave	v
Keywords.....	vii
Agradecimentos	ix
Índice Geral.....	xi
Índice Figuras	xv
Índice Tabelas	xix
Índice Gráficos.....	xxi
Siglas e Abreviaturas.....	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos e motivação	2
1.2. Estrutura do Trabalho Final de Mestrado – Projeto.....	3
2. O ciclo frigorífico – Conceitos Fundamentais	5
2.1. Considerações gerais de um circuito frigorífico teórico	6
2.2. Equipamentos essenciais do sistema de refrigeração.....	6
2.3. Fluídos frigoríficos naturais em sistemas de refrigeração em supermercados ..	10
2.3.1. Classificação dos gases	12
2.3.2. História da Utilização do CO ₂ em sistemas de refrigeração	13
2.3.3. Características e parâmetros de funcionamento do fluído frigorífico R-744	18
2.3.4. Vantagens e desvantagens	19
2.4. Tipos de sistemas	21
2.4.1. Sistema Transcrítico	21
2.4.2. Sistema Subcrítico	22
2.4.3. Sistema de duplo estágio (<i>booster</i>)	23
2.4.4. Sistema em cascata.....	23
2.5. Controlo, segurança e cuidados no selecionamento de equipamentos a R-744....	23
2.5.1. Segurança do sistema e EPI's.....	23
2.5.2. Cuidados na seleção de equipamentos	25
2.5.3. Controlo e instrumentação.....	26

2.6. Utilização Eficiente de Energia	26
3. Projeto – Caso de Estudo.....	29
3.1. Introdução – Descrição do caso de estudo.....	29
3.2. Implementação das câmaras	30
3.2.1. Isolamento térmico das câmaras.....	34
3.3. Cargas térmicas para implementação de câmaras/salas.....	37
3.3.1. Cargas térmicas externas	38
3.3.2. Cargas térmicas internas.....	46
3.3.3. Carga térmica total	53
3.4. Dimensionamento dos evaporadores	55
3.5. Dimensionamento do monobloco	62
3.6. Dimensionamento dos expositores frigoríficos	64
3.7. Dimensionamento da máquina de gelo em escamas.....	68
3.8. Dimensionamento da Central.....	69
3.8.1. Seleção de componentes principais.....	70
3.8.2. Seleção de equipamentos secundários e acessórios	79
3.8.3. Seleção da tubagem e acessórios.....	87
3.9. Princípio de funcionamento e controlo do ciclo frigorífico implementado.....	94
3.9.1. Seleccionamento da <i>gateway</i> , controladores da central e dos controladores dos expositores e câmaras	100
4. Análise de resultados.....	117
4.1. Comparação e análise entre cargas térmicas dos diversos espaços	117
4.1.1. Comparação de todas as cargas térmicas das salas refrigeradas	117
4.1.2. Comparação de todas as cargas térmicas das câmaras refrigeradas.....	118
4.1.3. Comparação de todas as cargas térmicas das câmaras congelados.....	119
4.1.4. Comparação das cargas térmicas totais e parciais das câmaras e salas.....	120
4.2. Comparação e análise do dimensionamento dos expositores	126
4.3. Comparação e análise das necessidades de frio de todos os equipamentos a dimensionar a central	128
5. Conclusão	131
5.1. Propostas de trabalhos futuros	136
Referências bibliográficas.....	137
Anexo A – Definição da temperatura exterior de projeto	141

Anexo B – Layout de implementação das linhas e os seus equipamentos de refrigeração	
143	
Anexo C – Layout de implementação dos painéis isotérmicos nos espaços refrigerados	
145	
Anexo D – Cargas térmicas internas e externas das câmaras de refrigerados e de congelados da padaria	147
Anexo E – Cargas térmicas internas e externas dos restantes espaços a refrigerar	151
Anexo F – Problemas no dimensionamento dos evaporadores	171
Anexo G – Tabela resumo dos expositores selecionados.....	175
Anexo H – Catálogos da seleção dos compressores	179
Anexo I – Características gerais da central selecionada.....	187
Anexo J – Catálogo e resumo das características do variador de velocidade.....	191
Anexo K – Catálogo e resumo das características do condensador.....	195
Anexo L – Características do permutador de calor AQS selecionado	197
Anexo M - Características do separador de óleo selecionado	199
Anexo N - Características do depósito de óleo selecionado	203
Anexo O – Características do filtro secador de óleo selecionado	207
Anexo P - Características dos equipamentos para <i>sub cooler</i> selecionados	209
Anexo Q – Características do depósito de líquido e seus equipamentos auxiliares selecionados	215
Anexo R – Dimensionamento da linha de líquido MT desde a linha comum de líquido até ao primeiro mural de lacticínios	223
Anexo S - Dimensionamento da tubagem da linha de descarga.....	235
Anexo T - Dimensionamento da linha de arrefecimento do gás.....	239
Anexo U – Dimensionamento da linha de bypass de gás do depósito de líquido	245
Anexo V – Quadro resumo do dimensionamento das linhas de líquido.....	253
Anexo X – Quadro resumo do dimensionamento das linhas de aspiração	259

Anexo Z - Dimensionamento da linha de líquido MT com maior perda de carga e características técnicas dos acessórios utilizados.....	263
Anexo AA - Dimensionamento da linha de líquido LT desde a linha comum de líquido até à primeira ilha de congelados	287
Anexo BB - Dimensionamento da linha de líquido LT com maior perda de carga.	297
Anexo CC – Layout P&ID (Piping & Instrument Diagram) do sistema de refrigeração <i>booster</i> transcrito	305
Anexo DD – Características da Gateway de controlo remoto selecionada	307
Anexo EE – Princípio de funcionamento do controlador da central MT e LT	311
Anexo FF - Princípio de funcionamento dos controladores das câmaras e expositores	315
Anexo GG - Princípio de funcionamento do controlador do <i>sub cooler</i>.....	323
Anexo HH - Comparação das cargas térmicas totais e parciais das câmaras e salas	327

Índice Figuras

Figura 1- Ciclo Frigorífico simplificado (Cunha, 1999)	6
Figura 2 - Evolução dos preços dos fluídos frigoríficos (Jesus, 2017)	12
Figura 3– Esquema da classificação dos fluídos frigoríficos (Silva, 2011b).....	13
Figura 4 – Diagrama de fases do CO ₂ (Monteiro, 2015).....	15
Figura 5 - Esquema de funcionamento de um injetor num sistema CO ₂ transcrito de multi-injeção (Kalinski, 2018)	18
Figura 6 – Comparação do dimensionamento da tubagem para 3 diferentes fluídos frigoríficos. (Vestergaard, 2007).....	20
Figura 7 - Ciclo transcrito do fluído frigorífico CO ₂ (Monteiro, 2015).....	21
Figura 8 - Ciclo subcrítico do fluído frigorífico CO ₂ (Monteiro, 2015)	22
Figura 9 Características dos componentes para CO ₂ (Monteiro, 2015)	26
Figura 10 - Expositor com cortina manual (Cunha, 1999).....	28
Figura 11 - Entrada de câmara com cortina de ar (Cunha, 1999).....	28
Figura 12 - Cortinas de plástico à entrada da câmara (Cunha, 1999).....	28
Figura 13 – Layout da estratégia de implementação das câmaras de refrigerados CR02 e CR03.....	33
Figura 14 – Layout da estratégia de implementação da câmara de congelados	33
Figura 15 - Tipo de acabamento do painel isotérmico numa câmara de refrigerados do caso de estudo	34
Figura 16 - Tipo de isolamento solo com vazio sanitário, com tela asfáltica de uma câmara de congelados	35
Figura 17 - Quadro elétrico de uma câmara com indicação de porta aberta (à esquerda) e interruptor fim de curso (à direita).	35
Figura 18– Renovações de ar dependente do tipo de abertura de portas do catálogo (Centauro, 2016).....	44
Figura 19 - Calor cedido pelo ar exterior ao entrar na câmara (Centauro, 2016).....	45
Figura 20 – Método de cálculo para a disposição de armaduras de iluminação (Cunha, 1999)	46
Figura 21 – Calor dissipado por pessoa dependendo da temperatura de conservação do local refrigerado, através do catálogo (Centauro, 2016)	48
Figura 22 – Seleção do produto com maior calor específico e com calor de respiração dos produtos (Centauro, 2016).....	52
Figura 23 – Capacidade frigorífica para determinadas condições para o modelo selecionado pelo catálogo – câmara de refrigerados padaria. (Centauro, 2016).....	57
Figura 24 – Dados de cálculo utilizado para a capacidade frigorífica apresentada proveniente do catálogo (Centauro, 2016)	57
Figura 25 – Fator de correção dependendo do DT _m – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo (Centauro, 2016)	58
Figura 26 – Fator de correção do fluído frigorífico usado – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo (Centauro, 2016)	58
Figura 27 – Fator de correção da tubagem utilizada – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo (Centauro, 2016)	58

Figura 28 – Capacidade frigorífica para determinadas condições para o modelo selecionado – câmara de congelados da padaria, proveniente do catálogo (Centauro, 2016).....	60
Figura 29 - Fator de correção dependendo do DTm, proveniente do catálogo da Centauro – Câmara de congelados da padaria (Centauro, 2016)	60
Figura 30 – Fator de correção do fluido frigorífero usado – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo da Centauro (Centauro, 2016)	60
Figura 31 – Fator de correção da tubagem utilizada – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo da Centauro (Centauro, 2016)	60
Figura 32 – Evaporador com resistência de gola em volta do ventilador (Centauro, 2016)	61
Figura 33 – Seleção do modelo do monobloco (Zanotti, 2016)	62
Figura 34 - Dados de cálculo utilizado para a capacidade frigorífica do monobloco (Zanotti, 2016).....	63
Figura 35 - Disposição das ilhas de congelados em redor de outros expositores.....	65
Figura 36– Local dos murais de lacticínios a dimensionar	66
Figura 37 - Local dos murais de talho a dimensionar	67
Figura 38 - Local das vitrines de talho a dimensionar.....	67
Figura 39 - Local das ilhas de congelados a dimensionar	68
Figura 40 - Unidade de condensação da máquina de gelo e máquina de gelo do tipo split (à esquerda). Conduta de máquina de gelo split e o carrinho de gelo (à direita).....	68
Figura 41– Características da máquina de gelo selecionada (ITV, 2015)	69
Figura 42 – Dimensionamento dos compressores MT	72
Figura 43 - Dimensionamento dos compressores LT	73
Figura 44 - Compressores controlados por um variador de velocidade, através do programa store view by danfoss	76
Figura 45 – Seleção dos variadores de velocidade para a central MT e LT, através do catálogo da danfoss	76
Figura 46 – Fator de correção do da temperatura ambiente e de altitude através do catálogo da Centauro (Centauro, 2016)	77
Figura 47 – Capacidade do condensador para determinadas condições para o modelo selecionado, através do catálogo da Centauro (Centauro, 2016).....	78
Figura 48 – Válvula de 3 vias (à esquerda) e o esquema de funcionamento (à direita)	79
Figura 49 - Seleção do depósito de óleo.....	81
Figura 50 - Esquema de funcionamento do sub-cooler, através do programa store view by danfoss.....	83
Figura 51 - Princípio de funcionamento do sub cooler, através do programa store view by danfoss.....	83
Figura 52 – Seleção da unidade de condensação.....	84
Figura 53 - Seleção do depósito de líquido, pelo catálogo da Bitzer	85
Figura 54- Esquema de funcionamento do depósito de líquido e da unidade de condensação auxiliar, através do programa store view by danfoss.....	86
Figura 55 - Seleção da unidade de condensação auxiliar, através do catálogo da Danfoss	87
Figura 56 - Circuito de controlo do sistema de refrigeração implementado no supermercado, através do software store view by Danfoss	94
Figura 57 - Circuito de controlo do sistema de refrigeração implementado no supermercado visto no software store view by Danfoss	97
Figura 58 - Circuito frigorífico e diagrama P - h do ciclo de duplo estágio transcrito de compressão a vapor – Regime Verão	97

Figura 59 - Circuito frigorífico e diagrama P - h do ciclo de duplo estágio transcrito de compressão a vapor – Regime Inverno.....	98
Figura 60 – Ligações no controlador AK-PC 781 para a central MT	102
Figura 61 - Ligações no módulo AK2-XM 102 do controlador AK-PC 781 para a central MT	103
Figura 62 - Ligações no módulo AK2-XM 205 A&B do controlador AK-PC 781 para a central MT	103
Figura 63 - Ligações no módulo AK2-XM 103A do controlador AK-PC 781 para a central MT	103
Figura 64 - Ligações no módulo AK2-XM 208C (heat recovery) do controlador AK-PC 781 para a central MT.....	104
Figura 65 - Ligações no módulo AK2-XM 208C (subcooler) do controlador AK-PC 781 para a central MT.....	104
Figura 66 - Ligações no controlador AK-PC 781 para a central LT	105
Figura 67 - Ligações no módulo AK2-XM 250 A&B controlador AK-PC 781 para a central LT	105
Figura 68 - Ligações no módulo AK2-XM 205 A&B controlador AK-PC 781 para a central LT	106
Figura 69 - Ligações do controlador AK CC 550 dos expositores do talho, laticínios e charcutaria	106
Figura 70 – Programa dia e noite para cortar a refrigeração os espaços selecionados, através do software store view by Danfoss.....	107
Figura 71 – Dados de leitura do controlador (à esquerda), funções sobre o controlador (à direita) do um expositor, através do programa store view by danfoss	108
Figura 72 - Ligações do controlador AK CC 550 das ilhas de congelados simples, ilhas de congelados duplos e de peixe congelado	108
Figura 73 - Dados de leitura do controlador (à esquerda), funções de programação de descongelação sobre o controlador (à direita) de uma ilha de congelados, através do software store view by Danfoss	109
Figura 74 - Dados de leitura do controlador (à esquerda), funções durante a descongelação sobre o controlador (à direita) de uma ilha de congelados, através do software store view by Danfoss	109
Figura 75 – Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior, com indicação das descongelações da ilha de congelados, através do software store view by Danfoss	110
Figura 76 - Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior com indicação das descongelações de uma das três ilhas de congelados sobre controlo, através do software store view by Danfoss.....	110
Figura 77 - Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior, com indicação de problemas na última descongelação da ilha de congelados, através do software store view by Danfoss	111
Figura 78 - Ligações do controlador AK CC 550 dos expositores de fruta e legumes e 4ª gama	111
Figura 79 - Ligações do controlador AK CC 550 das salas e corredores refrigerados	112
Figura 80 - Programa dia e noite para cortar a refrigeração nas salas selecionadas, através do software store view by Danfoss.....	112

Figura 81 - Ligações do controlador AK CC 550 das câmaras de refrigerados e congelados	113
Figura 82 - Programa de descongelação para cortar a refrigeração nos evaporadores das câmaras de congelados, através do programa store view by danfoss	114
Figura 83 - Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior de uma câmara de congelados da padaria, através do software store view by Danfoss.....	115
Figura 84 - Ligações do controlador EKD 316 do subcooler.....	116
Figura 85 - Ligações do display para todos os controladores.....	116

Índice Tabelas

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da aplicabilidade do R-744 (Silva, 2011b)	21
Tabela 2 - Níveis de concentração de CO ₂ e suas consequências (Silva, 2011b)	24
Tabela 3 - Condições exteriores escolhidas para o caso de estudo	30
Tabela 4 - Propriedades dos produtos a conservar em cada câmara a dimensionar	31
Tabela 5 - Dimensões das câmaras a dimensionar	32
Tabela 6 - Gama de espessuras dos painéis isotérmicos para os mais diversos tipos de conservação para o caso de estudo (Nunes, 2014).....	34
Tabela 7 - Características técnicas do painel isotérmico poliuretano reforçado (PUR) (Cunha, 1999)	36
Tabela 8 – Espessura de painel isotérmico selecionado para cada espaço a refrigera	37
Tabela 9 – Cargas térmicas devido aos ganhos pela envolvente das superfícies – câmara de refrigerados da padaria.....	40
Tabela 10 - Cargas térmicas devido aos ganhos pela envolvente das superfícies – câmara de congelados da padaria	40
Tabela 11 – Dados utilizados para o cálculo da carga térmica devido à renovação do ar – Câmara de Congelados Padaria.....	42
Tabela 12 - Dados utilizados para o cálculo da carga térmica devido à renovação do ar – Câmara de Refrigerados Padaria	42
Tabela 13 - Carga térmica devido á renovação do ar – Câmara de Congelados Padaria	43
Tabela 14 – Carga térmica devido à renovação de ar – Câmara de Refrigerados Padaria	43
Tabela 15 - Carga térmica devido à abertura de portas da câmara de refrigerados da padaria	46
Tabela 16 - Carga térmica devido à abertura de portas da câmara de congelados da padaria	46
Tabela 17 - Carga térmica devida à iluminação – Câmara de refrigerados da padaria	48
Tabela 18 - Carga térmica devida à iluminação – Câmara de congelados da padaria	48
Tabela 19 - Carga térmica devido aos operadores – Câmara de refrigerados da padaria.....	49
Tabela 20 - Carga térmica devido aos operadores – Câmara de congelados da padaria.....	49
Tabela 21 - Densidade de carga dos locais a refrigerar (Centauro, 2016).....	50
Tabela 22 - Carga térmica devida á entrada de produtos: Câmara de refrigerados da padaria	51
Tabela 23 - Carga térmica devida á entrada de produtos: Câmara de congelados da padaria.....	51
Tabela 24 - Cargas térmicas totais – Câmara de refrigerados da padaria	53
Tabela 25 - Cargas térmicas totais – Câmara de congelados da padaria.....	54
Tabela 26 – Modelos dos evaporadores selecionados para os mais variados espaços a refrigerar (Centauro, 2016)	55
Tabela 27 – Tipo de espaçamento entre alhetas possíveis para os espaços a refrigerar (Centauro, 2016)	56
Tabela 28 – DT _m indicados pelo fornecedor, para os evaporadores a aplicar nos mais diferentes espaços (Centauro, 2016)	57
Tabela 29 - Quadro resumo dos evaporadores selecionados para os espaços a refrigerar	61
Tabela 30 – Comparação entre os dados considerados pelo balanço térmico e a base de cálculo do catálogo (Zanotti, 2016)	64
Tabela 31 – Comparação dos resultados do balanço térmico com a seleção feita pelo catálogo da Zanotti	64
Tabela 32 – Dimensões dos expositores.....	65
Tabela 33 – Caracterização das temperaturas de evaporação das câmaras e salas refrigeradas	70
Tabela 34 - Caracterização das temperaturas de evaporação dos expositores refrigeradas	71
Tabela 35 - Caracterização das temperaturas de evaporação das câmaras congelados.....	71
Tabela 36 - Caracterização das temperaturas de evaporação da máquina de gelo.....	71

Tabela 37 - Caracterização das temperaturas de evaporação das ilhas de congelados	71
Tabela 38 – Dimensionamento dos compressores MT	73
Tabela 39 – Dimensionamento dos compressores LT.....	73
Tabela 40 - Dimensionamento do condensador	78
Tabela 41 - Características da tubagem de cobre K65 especifica para fluído frigoregeneo R-744..	88
Tabela 42 - Valores de velocidade de escoamento recomendado nas diferentes linhas.....	88
Tabela 43 – Resumo do dimensionamento da tubagem e acessórios da central – Dimensionamento da tubagem de linha de descarga e de arrefecimento	89
Tabela 44 – Resumo do dimensionamento da tubagem e acessórios da central – Dimensionamento da tubagem de linha de líquido comum e da linha de bypass	90
Tabela 45 – Dimensionamento da linha de líquido até ao primeiro equipamento de refrigeração (Linha MT).....	92
Tabela 46 - Perda de carga para o percurso até ao equipamento mais próximo e para o percurso até ao equipamento mais longe – Linha de líquido MT.....	92
Tabela 47 - Dimensionamento da linha de líquido até ao primeiro equipamento de congelação (Linha LT)	93
Tabela 48 – Perda de carga para o percurso até ao equipamento mais próximo e para o percurso até ao equipamento mais longe - – Linha de líquido LT	93
Tabela 49 - Cargas térmicas externas detalhadas das salas a refrigerar	122
Tabela 50 - Cargas térmicas externas detalhadas das câmaras de refrigeração.....	122
Tabela 51 - Cargas térmicas externas detalhadas das câmaras de congelação.....	123
Tabela 52 - Cargas térmicas internas detalhadas das salas refrigeradas	124
Tabela 53 - Cargas térmicas internas detalhadas das câmaras de congelados	124
Tabela 54 - Cargas térmicas internas detalhadas das câmaras de refrigeração	125
Tabela 55 – Listagem dos expositores refrigerados selecionados com as respetivas medidas e potências frigoríficas	126
Tabela 56- Valores das potências frigoríficas por cada metro	126
Tabela 57 – Listagem das ilhas de congelados selecionadas com as respetivas medidas e potências frigoríficas.....	127
Tabela 58 – Capacidade frigorífica a produzir pela central de congelados (LT) e pela central de refrigerados (MT).....	129
Tabela 59 – Comparação da capacidade frigorífica e potência absorvida com e sem uso de painel isotérmico.....	132
Tabela 60 – Cálculo da poupança por hora e em 8 horas com o uso de painel.....	133
Tabela 61 - Comparação da capacidade frigorífica e potência absorvida entre um compressor a R-449 ^a e um compressor a R-744 para a mesmas condições de temperatura de condensação e de evaporação.....	134
Tabela 62 - – Cálculo da poupança por hora e em 8 horas com o uso do compressor a R-744.....	135

Índice Gráficos

Gráfico 1 - Utilização dos fluídos frigoríficos entre a década de 40 e 90 (Padalkar e Kadam, 2010).....	14
Gráfico 2 - Comparação pressão versus temperatura de saturação dos diferentes fluídos frigoríficos (Silva, 2011b).....	14
Gráfico 3 - Comparação de consumos: Loja glicol vs loja CO2 (Hiperfrio, 2017)	19
Gráfico 4 - Consumo energético – loja a glicol versus loja a CO2 (Hiperfrio, 2017).....	20
Gráfico 5 – Energia despendida num hipermercado, em % média (Monteiro, 2015).....	27
Gráfico 6 – Cargas térmicas totais – Câmara de refrigerados da padaria.....	54
Gráfico 7 – Cargas térmicas totais – Câmara de congelados da padaria.....	54
Gráfico 8 - Cargas Térmicas das Salas Refrigeradas	117
Gráfico 9 - Cargas térmicas das câmaras refrigeradas	118
Gráfico 10 - Cargas térmicas das câmaras de congelados.....	119
Gráfico 11 – Cargas térmicas totais de cada espaço a refrigerar (valores calculados).....	121
Gráfico 12 – Cargas térmicas totais por cada tipo de espaço (valores calculados).....	121
Gráfico 13 – Carga térmica externa vs carga térmica interna de todos espaços calculados	123
Gráfico 14 - Cargas térmicas totais por cada tipo de espaço refrigerado e congelado e por cada tipo de expositor refrigerado ou congelado.....	127
Gráfico 15 – Capacidade frigorífica de cada evaporador seja de câmara e expositores de refrigerados ou congelados e salas de preparação ou corredor	128

Siglas e Abreviaturas

- **APA** – Agência Portuguesa do Ambiente
- **AQS** – Águas Quentes Sanitárias
- **ASHRAE** - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*
- **CFC** – Clorofluorcarbonetos
- **CO₂** – Dióxido de Carbono
- **EPI** – Equipamento de Proteção Individual
- **NO₂** – Dióxido de Azoto
- **NH₃** – Amoníaco
- **HCFC** – Hidroclorofluorcarbonetos
- **AQS** – Água Quente Sanitária;
- **GWP** - *Global Warming Potential*
- **ODP** - *Ozone Depletion Potential*
- **HFC** – Hidrofluorcarbonetos
- **PVC** – Policloroeteno
- **MT** – Média temperatura
- **LT** – *Low temperature*
- **INMG** - Instituto Nacional de Metrologia e Geofísica Ventilação e Ar Condicionado;
- **CC** – Câmara de congelados
- **CR** – Câmara de refrigerados
- **SR** – Sala refrigerada;
- **PUR** – Poliuretano reforçado
- **FTA** – Fator troca de ar
- **LED** – *Light Emitting Diode*
- **TC** – Temperatura da câmara
- **Tevap** – Temperatura de evaporação
- **Q_{Sm}** – Capacidade para seleção em DTm
- **IPMA** – Instituto Português do Mar e Atmosfera
- **GEE** – Gases com efeito de estufa
- **COP** – Coeficiente de performance

1. Introdução

Um consumo excessivo e desajustado de recursos fósseis por parte do Homem torna o nosso planeta mais vulnerável aos nefastos efeitos das alterações climáticas. A queima de carvão, petróleo e gás tem como consequência a emissão de gases como o CO₂ e o NO₂, principais agentes do aumento do aquecimento global e de destruição da camada de ozono. Além destas, também os fogos florestais e a utilização massiva de fertilizantes se posicionam como atividades com peso específico significativo na emissão de gases que contribuem para o aquecimento global. Porém, existe um poder de aquecimento ainda maior que é originário dos gases fluorados. De facto, estes têm um efeito que pode chegar a 23000 vezes superior ao do CO₂, e embora sejam libertados em pequenas quantidades para o espaço, o seu enorme impacto obriga a que tenham de ser gradualmente eliminados (*Comissão Europeia, 2010*).

A partir do “Protocolo de Montreal” e posteriormente do “Protocolo de Quioto” foram desenvolvidas diversas alternativas para a diminuição do impacto ambiental resultante, de maneira direta e indireta, da operação de instalações de refrigeração. Os regulamentos do Protocolo de Montreal, acordados por 196 países, incluindo Portugal, sobre os gases que provocam o aquecimento global, conduziram à eliminação do consumo de Clorofluorcarbonos (CFCs) como fluido frigoríficos nos países industrializados. Além disso, os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) são apenas uma solução interina, com eliminação total prevista para 2040 (*Monteiro, 2015*).

A discutida conjuntura levou ao aumento da utilização de “antigos refrigerantes”, como sejam os fluidos naturais e, de entre estes, o dióxido de carbono (CO₂), o Amoníaco (NH₃) e os hidrocarbonetos (R290, R404a, etc.). Ultimamente foram desenvolvidas novas tecnologias, estratégias e aplicações para tornar viável o uso desses fluidos frigoríficos que, por serem fluidos naturais, não afetam a Camada de Ozono, além de possuírem um Potencial de Aquecimento Global quase nulo, quando comparados com os fluidos frigoríficos sintéticos. De resto, estes fluidos naturais têm-se posicionado como uma alternativa promissora no setor de refrigeração comercial para supermercados, com enfoque nos sistemas baseados em dióxido de carbono e/ou amoníaco. Esta opção tecnológica, além de minimizar os impactes no meio ambiente, também gera menor consumo energético, principalmente quando organizados em cascata e em comparação com os sistemas baseados em fluido frigoríficos sintéticos (*Silva, 2011a*).

É sabido que o recurso a fluídos frigorigéneos naturais tem como principal vantagem o facto de estes serem inócuos no que à camada de ozono diz respeito, daí resultando vantagens obvias, diretas e indiretas, na sua utilização. Destas é possível destacar a: (APA - *Agência Portuguesa do Ambiente, 2017*)

- Minimização dos custos para a sociedade e para economia. - Devido às alterações climáticas, entre 1980 e 2011, as inundações afetaram mais de cinco milhões e meio de pessoas e causaram prejuízos económicos diretos que excederam os 90 mil milhões de euros;
- Minimização de fenómenos de fusão do gelo e da subida das águas do mar. - O aquecimento global provoca a fusão dos lençóis de gelo e dos glaciares polares. Combinados, estes dois fenómenos estão a levar a uma subida do nível médio do mar que tem como resultado a inundação e a erosão de zonas costeiras e de baixa altitude;
- Redução da frequência de ocorrência dos fenómenos meteorológicos extremos, alterações nos padrões de pluviosidade, tais como chuvas torrenciais, tornados e outras tempestades;
- Atenuação da pressão sobre espécies animais em perigo. Reduz o risco de extinção de espécies devido ao aumento da temperatura média global, quer para as espécies vegetais, quer para as espécies animais.

1.1. Objetivos e motivação

As alterações climáticas evidenciadas no ponto anterior despertaram uma vontade de alterar o rumo ambiental. Desta forma, foi possível criar uma nova consciencialização, principalmente nas indústrias, de que é necessário criar alternativas às soluções existentes, como os Clorofluorcarbonetos (CFC) e os Hidroclorofluorcarbonetos (HCFC), através de criação de fluidos frigorigéneos menos nocivos, até ao uso atual de fluidos frigorigéneos naturais.

O presente Trabalho Final de Mestrado apresenta um projeto inovador onde se pretende levar à prática todos os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado e do meu trabalho atual. No âmbito das unidades curriculares mais viradas para a refrigeração foi possível pensar na elaboração de um caso de estudo que tivesse como objetivo principal o desenvolvimento de

uma solução energeticamente eficiente quando relacionada com as soluções mais comuns dos sistemas de refrigeração comercial e industrial. Por outro lado, pretendeu-se mostrar, de forma clara, a preocupação existente na preconização de soluções que preservassem o meio ambiente e que, simultaneamente, se posicionassem como soluções financeiramente equilibradas. Neste âmbito, é, pois, possível elencar os principais objetivos que sustentam este caso de estudo:

- Enquadrar o CO₂ na gama de fluídos frigorígenos e caracterizar a sua aplicação na refrigeração;
- Posicionamento tecnológico atual das grandes superfícies comerciais;
- Tipo de construção atualmente preconizado para as câmaras e para os equipamentos envolvidos na área da refrigeração comercial;
- Elaboração de um projeto de refrigeração comercial inovador que recorra ao CO₂ como fluido frigorígeno e que se centre na eficiência e segurança de funcionamento o seu objetivo principal.

O projeto em causa consiste em criar alternativas aos sistemas de refrigeração já existentes e que passam pelo uso de fluídos frigorígenos naturais e de equipamentos complementares que ajudem a melhorar o rendimento do sistema de refrigeração, bem como, controlar de forma remota e em tempo real todo o seu funcionamento.

1.2. Estrutura do Trabalho Final de Mestrado – Projeto

O presente documento é composto por cinco capítulos.

No primeiro capítulo é exposta a temática em estudo, o seu enquadramento e os objetivos preconizados.

No segundo capítulo apresenta-se, primeiramente, uma breve explicação acerca da produção de frio e dos seus principais equipamentos, expondo-se de seguida, as razões que sustentam a opção pelo uso de fluídos frigorígenos naturais comparando, simultaneamente, os parâmetros de funcionamento e as vantagens e desvantagens que resultam da utilização desta tecnologia. Este capítulo debruçar-se-á sobre quais as medidas de segurança a adotar, os equipamentos necessários para atuar em caso de perigo iminente, os cuidados de seleção de equipamentos de refrigeração, bem como, os equipamentos de controlo. Por fim, irão ser

abordadas as medidas energéticas utilizadas nos equipamentos e no uso de fluído R-744, através de ajustes efetuados aos controladores de cada equipamento.

O terceiro capítulo irá centrar-se no caso de estudo. O início do capítulo incide primeiramente sobre todo o sistema de refrigeração, aplicando a metodologia de cálculo para determinar as cargas térmicas totais. Dentro do capítulo serão abordados vários subtemas, tais como: o dimensionamento dos evaporadores, dos expositores frigoríficos e dos componentes necessários à interligação da central aos respetivos evaporadores e condensador, com ajuda de softwares como o *SSP G7* (dimensionamento de permutadores de calor), o *BITZER SOFTWARE 6.7* (dimensionamento de compressores), o *CalCam – Quiron by Centauro* (dimensionamento de evaporadores e condensador) e o *Coolselector2 by Danfoss* (dimensionamento de toda a tubagem e respetivos acessórios). Por fim, será apresentado o sistema de controlo e instrumentação, através da seleção de equipamentos próprios para este tipo de instalação de refrigeração, que permitirá a gestão remota de toda a instalação.

No quarto capítulo são expostos e discutidos os resultados dos cálculos de dimensionamento dos principais sistemas constituintes da instalação, sendo realizada uma avaliação cuidada dos resultados, comparando-os com a área efetiva de cada espaço. Ainda serão discutidos os resultados obtidos no dimensionamento dos expositores e serão comparadas as cargas térmicas dos expositores e evaporadores. Ainda neste capítulo analisar-se-á a viabilidade energética e económica da instalação do sistema de controlo remoto preconizado.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas todas as conclusões relevantes sobre o caso de estudo e ainda apresentadas alguns temas para futuros trabalhos.

2. O ciclo frigorífico – Conceitos Fundamentais

Na primeira parte deste capítulo irá ser feita uma explicação sucinta sobre os principais equipamentos que constituem os sistemas de refrigeração. Depois desta primeira noção, focar-nos-emos na escolha do CO₂ como fluido frigorígeno, bem como nas suas características, tipos de funcionamento e vantagens e desvantagens. De seguida abordar-se-á as medidas de segurança a respeitar aquando da utilização de sistemas de refrigeração que recorram ao R-744, bem como os equipamentos necessários para atuar em caso de perigo iminente, os cuidados de seleção de equipamentos de refrigeração e os equipamentos de controlo aconselhados.

É sabido que o frio tem uma ação inibidora em alguns fenómenos degenerativos, sendo, por isso, um agente conservador por excelência. Acresce ainda que, ao contrário de outras técnicas de conservação, o frio pouco altera os produtos nas suas características nutricionais, organoléticas ou bioquímicas, ou seja, inibe as reações do vapor de água com o dióxido de carbono bem como o crescimento de micro-organismos que facilitem a degradação dos alimentos (*Cunha, 1999*). Por esta razão é recorrente o uso da tecnologia frigorífica para a conservação de alimentos, recorrendo, no entanto, a diferentes técnicas e níveis térmicos, de acordo com os tipos de produtos e tempos de conservação pretendidos (*Dias, 1978*).

Não obstante, o uso incorreto do frio pode resultar em graves prejuízos caso não se sigam os três princípios básicos que a seguir se elenca (*Cunha, 1999*):

1. Utilizar o frio somente em produtos de primeira qualidade, pois o seu uso não melhora uma matéria prima deficiente;
2. Aplicá-lo tão depressa quanto possível, para não dar tempo a que se iniciem os processos de deterioração já descritos;
3. Não interromper a sua ação até à sua utilização final.

É, pois, evidente a importância desta tecnologia no dia-a-dia do Homem moderno, bem como a pertinência e atenção que se deve dar ao seu estudo.

2.1. Considerações gerais de um circuito frigorífico teórico

O conceito intuitivo que possuímos sobre o frio é muito subjetivo. A sensação de frio é sentida por qualquer pessoa quando passamos, por exemplo, num corredor de expositores de lacticínios. Os evaporadores desses expositores têm como função absorver calor do espaço e transferindo-o para o fluido frigorígeno (ocorrendo neste processo uma mudança de fase, do estado de mistura, maioritariamente líquido, para o estado de vapor, entre o ponto 4 e 1 da Figura 1). Este fluido frigorígeno é de seguida comprimido, entrando no compressor (ponto 1) no estado de vapor saturado, saindo vapor sobreaquecido (ponto 2), a uma pressão e temperatura elevadas. A partir do momento em que sai do compressor (ponto 2), o gás frigorígeno seguirá para o condensador, onde irá libertar calor para o ambiente, até atingir o estado líquido saturado à saída (ponto 3). Antes de entrar no evaporador, é necessário expandir o líquido frigorígeno, através da passagem por um tubo capilar ou por uma válvula de expansão. No ponto 3 da Figura 1, o fluido frigorígeno encontra-se a uma temperatura próxima da temperatura ambiente e, forçando-o a baixar a sua pressão, este passa para o estado de mistura a duas fases (ponto 4) reduzindo, neste processo, a sua temperatura até à temperatura de saturação à pressão do evaporador. De modo a garantir que exista um estado de líquido no ponto 4 (e maior tempo de vida da válvula expansora), poder-se-á dimensionar um depósito intermédio/líquido, de modo a que no ponto 4 se obtenha um fluido frigorígeno no estado líquido. Este processo pode ser realizado de forma controlada, recorrendo, por exemplo, a pressostatos ou válvulas de expansão eletrónicas – ver Figura 1.

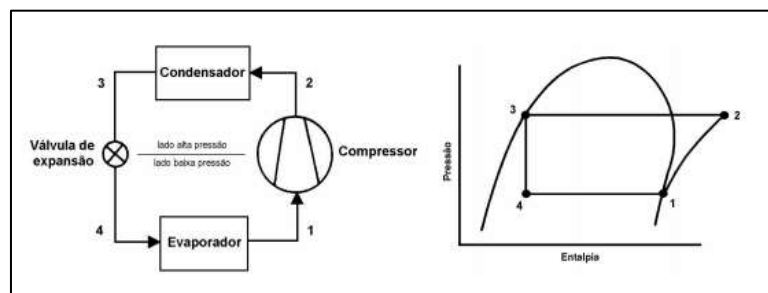


Figura 1- Ciclo Frigorífico simplificado (Cunha, 1999)

2.2. Equipamentos essenciais do sistema de refrigeração

Compressores Frigoríficos

Os compressores mais utilizados em refrigeração são os herméticos (domésticos), semi-herméticos e os de parafuso. Porém, existem outros que devem ser dados a conhecer, como os abertos e os alternativos.

Antes de mais importa referir que um compressor tem como função:

- Aspirar fluido frigorífero no estado de vapor/gás do evaporador;
- Comprimir o gás e forçar a sua entrada no condensador;
- Criar uma diferença de pressão significativa entre a evaporação e a condensação (montante e a jusante do compressor respetivamente);

As características de um compressor dependem, de entre outros, da capacidade frigorífica que lhe é solicitada. Essa capacidade provém de um conjunto de características, como conceção, projeto e fluido frigorífero. Um compressor deve ser projetado de modo a garantir: a maximização do ciclo de vida da instalação; a minimização dos tempos de inoperacionalidade e dos custos de funcionamento; uma gestão coerente do consumo energético; uma curva de rendimento adequada às condições de funcionamento típicos da instalação; condições acústicas adequadas e legalmente enquadráveis; de entre outros (*Monteiro, 2015*).

Os compressores dividem-se em 3 categorias/princípios de funcionamento: rotativos, alternativos e orbitais. No entanto, interessa abordar apenas duas sub-gamas do compressor alternativo, que serão aplicadas ao longo do caso de estudo: compressor hermético e o semi-Hermético.

Compressor Alternativo – Hermético

Tanto o compressor como o motor elétrico encontram-se no interior de uma envolvente metálica estanque, não sendo, por isso, possível aceder às válvulas, pistões, e outros componentes. Em geral, este tipo de compressor é utilizado em refrigeração doméstica ou comercial (*Monteiro, 2015*).

Compressor Alternativo – Semi - Hermético

As funcionalidades deste tipo de compressor são muito idênticas aos herméticos, porém, a sua constituição permite a remoção das tampas laterais, o que, ao tornar acessível para substituição os seus componentes, possibilita a sua reparação em caso de avaria. Existe ainda a possibilidade de ser associado em paralelo, o que permite duplicar ou triplicar a sua potência (*Monteiro, 2015*).

Condensadores

Um condensador não é do mais do que um permutador de calor. A sua função é dissipar o calor transportado pelo gás sobreaquecido e entregá-lo ao meio ambiente. Os condensadores mais comuns são os evaporativos ou os a ar.

Condensadores a Ar

Os condensadores a ar podem ser de fluxo horizontal, fluxo vertical e fluxo misto. Os mais usados são os horizontais e as verticais. Os condensadores devem ser sempre colocados em locais amplos e arejados, afastados das paredes, de modo a que o ar que expelido não possa ser novamente aspirado. Devem ainda ser instalados a um nível superior ao dos pavimentos, de modo a não aspirarem impurezas que os possam obstruir, e encontrarem-se o mais perto possível da casa de máquinas.

Dentro da caixa do condensador está um tubular com alhetas.

Como vantagem, os condensadores a ar permitem arrefecer o fluído frigorígeno de forma “gratuita”, ao contrário do que verifica quando o fluido secundário é a água (*Cunha, 1999*).

Condensadores evaporativos

Os condensadores evaporativos, tal como os a ar, devem ser sempre colocados em locais amplos e arejados e afastados das paredes. Por norma, efetuam aspiração lateral e expulsão do ar por cima.

Para além do arrefecimento a ar, estes condensadores têm um sistema de alimentação a água, que servirá arrefecer o fluído frigorígeno quando esta entra em contacto com a serpentina. Este contacto poderá resultar a evaporação da água ou recirculação da mesma. O objetivo é o mesmo que o condensador a ar: arrefecer o fluído frigorígeno, até este condensar e passar ao estado líquido (*Cunha, 1999*).

Depósitos de líquido

Os depósitos de líquido têm como finalidade acumular fluído frigorígeno para distribuir, de forma controlada, aos evaporadores. De modo a controlar o sistema, devem conter válvulas de segurança e visores de líquido, para um maior controlo de possíveis fugas e do nível de líquido (*Cunha, 1999*).

Evaporadores

Os evaporadores são um componente fundamental na produção de frio. Estes são constituídos por uma serpentina onde se encontram fixadas chapas metálicas (alhetas), de modo a aumentar a superfície de transferência térmica. Esta serpentina é colocada numa caixa com ventiladores que forçam o ar a passar pela mesma.

Pensando no princípio de funcionamento do evaporador, o fluído frigorífero que chega a este componente evapora com o ar forçado pelos ventiladores. Este ar entra a uma temperatura mais elevada do que aquela que sai e, num processo ideal, este sairia à temperatura de evaporação do fluído frigorífero. Uma das reações do ar em contacto com a serpentina é a condensação do vapor de água da sua constituição. A água assim formada na serpentina do evaporador cairá para o tabuleiro de condensados, e daí para esgoto. Este fenómeno acontece quando os espaços a refrigerar não possuem controlo de humidade, como bateria de resistências. Estas permitem “secar” o ar antes de entrar no evaporador. Quando o evaporador trabalha abaixo do ponto de congelação da água (caso das câmaras de congelados), o esgoto de condensados deverá ser isolado e equipado com resistências elétricas em todo o trajeto interior à câmara. Um evaporador deverá aspirar junto à parede mais distante da porta isotérmica, escoando o ar arrefecido até essa mesma porta (*Monteiro, 2015*).

Evaporadores de Duplo Fluxo

Neste tipo de evaporadores o ar é aspirado por baixo e projetado bidireccionalmente, aplicado a uma altura baixa (não superior a 3 metros de altura) das câmaras/salas ou quando é exigido um baixo fluxo de caudal de ar. Os evaporadores de duplo fluxo são ideais para corredores e zonas de preparação, uma vez que são compartimentos com pouca largura e com um grande comprimento.

Evaporadores Cúbicos

Evaporadores tipicamente usados em câmaras frigoríferas de maiores dimensões e com maior projeção de ar (*Cunha, 1999*).

Evaporadores de baixo perfil

Estes evaporadores são mais pequenos e de formato idêntico ao dos evaporadores cúbicos. São mais utilizados em câmaras de menores dimensões ou para câmaras com uma altura mais pequena (inferior ou igual a 3 metros), com uma aspiração inferior inclinada.

Este tipo de evaporadores é normalmente utilizado em câmaras de congelados e refrigerados, tal como os evaporadores cúbicos (*Cunha, 1999*).

Evaporadores por gravidade

São evaporadores mais específicos, onde são exigidas maiores humidades relativas e velocidades de ar baixas, tipicamente utilizados em câmaras de conservação de peixe. O ar ao arrefecer em contacto com a serpentina aumenta a sua densidade e desce até ao pavimento, criando, assim, correntes de convecção de baixa intensidade que não afetam a conservação dos produtos (*Cunha, 1999*).

2.3. Fluídos frigorigéneos naturais em sistemas de refrigeração em supermercados

Denota-se, nos últimos anos, uma tendência europeia, mas também em grande parte dos restantes países do mundo, para a adoção de práticas de sustentabilidade por parte das empresas e das grandes cadeias industriais e comerciais. Estas organizações/instituições apresentam uma responsabilidade ambiental cada vez mais notória, fruto de uma opinião pública mais informada e sensibilizada para as questões ambientais.

Os protocolos de Montreal (1987) e Quioto (1997) são um sinal evidente de mudança, e que se sustentam numa estratégia fundamental, dissipar o uso de gases que aumentem o efeito de estufa, como o R22 e R404a em sistemas de refrigeração. Desiderato idêntico foi adoptado no protocolo de Montreal com a aprovação da redução dos CFC e HFC - uma vez que se provou cientificamente o enorme impacto destes na destruição da camada de ozono. Como alternativa aos CFC, foi incentivado o uso dos HCFC solução que se veio mostrar catastrófica, uma vez que os HCFC são tão nocivos para o meio ambiente como os CFC. A solução encontrada foi uma redução progressiva da utilização de HCFC. Já o protocolo de Quioto (1997) tinha como principal objetivo a redução das emissões de GEE em 8%, até ao final de 2012, o que acabou por se posicionar como um reforço ao desuso dos HCFC (*Monteiro, 2015*).

Em suma, os protocolos celebrados, e atrás referidos, tinham como objetivos principais reduzir o uso de HCFC a nível mundial (desde 2015 que esta regra é aplicada na Europa),

diminuir o uso de HCFC, que destrói a camada de ozono e agrava o aquecimento global e incentivar o uso de fluídos frigorigêneos naturais - como o CO₂ (Monteiro, 2015).

É evidente que nem todas as empresas terão capacidade para, a curto-prazo, se tornarem ambientalmente responsáveis. Não obstante, já há uma aposta nesse sentido nos grandes centros de distribuição, como os super e hipermercados.

Estudos mais recentes mencionam que a médio-longo prazo teremos:

- Um aumento do aquecimento global médio da superfície terrestre –, por exemplo, *Park et al., 2018* referem que um quarto do planeta, afetando mais de 25% da população mundial, viverá num estado de crescente desertificação se a temperatura média terrestre aumentar 2° C;
- Uma diminuição global de precipitação média anual – Por exemplo, no ano de 2015 a quantidade de precipitação foi muito inferior ao valor normal, sendo o 6° ano mais seco desde 1931 e o 4° ano mais seco desde 2000 (*IPMA, 2015*);
- Maiores períodos de seca. No ano de 2015 ocorreram 6 ondas de calor: 3 na primavera e 3 no verão, tendo-se verificado, simultaneamente, um alargamento do período de tempo quente, que se estendeu desde maio até inícios de novembro (*IPMA, 2015*);
- Um aumento da intensidade de precipitação, nomeadamente dos fenómenos extremos (*Soares, Cardoso, et al., 2015*);
- Uma elevação do nível médio dos oceanos e inundação de zonas costeiras – *Gomes, 2009*, com uma projeção de que continue a acentuar ainda mais este crescimento;

Por outro lado, as maiores restrições no uso de gases que aumentam o efeito de estufa e que destroem a camada de ozono, têm resultado num acréscimo no custo de aquisição dos fluídos frigorigêneos, o que tem favorecido a procura de gases não tóxicos e/ou não inflamáveis, como é o caso dos gases naturais. A figura 2 demonstra bem essa tendência de crescimento do preço dos gases sendo notória, a partir de 18 de fevereiro de 2017, a tendência de subida do R-404 e logo de seguida dos restantes *freons*.

Por outro lado, a procura de redução de custos que se preconiza não se verifica apenas no que se refere ao preço de aquisição do fluído em si, mas também numa procura do aumento da eficiência dos compressores, o que poderá conduzir a menores custos de operação em grandes superfícies comerciais e grandes indústrias.

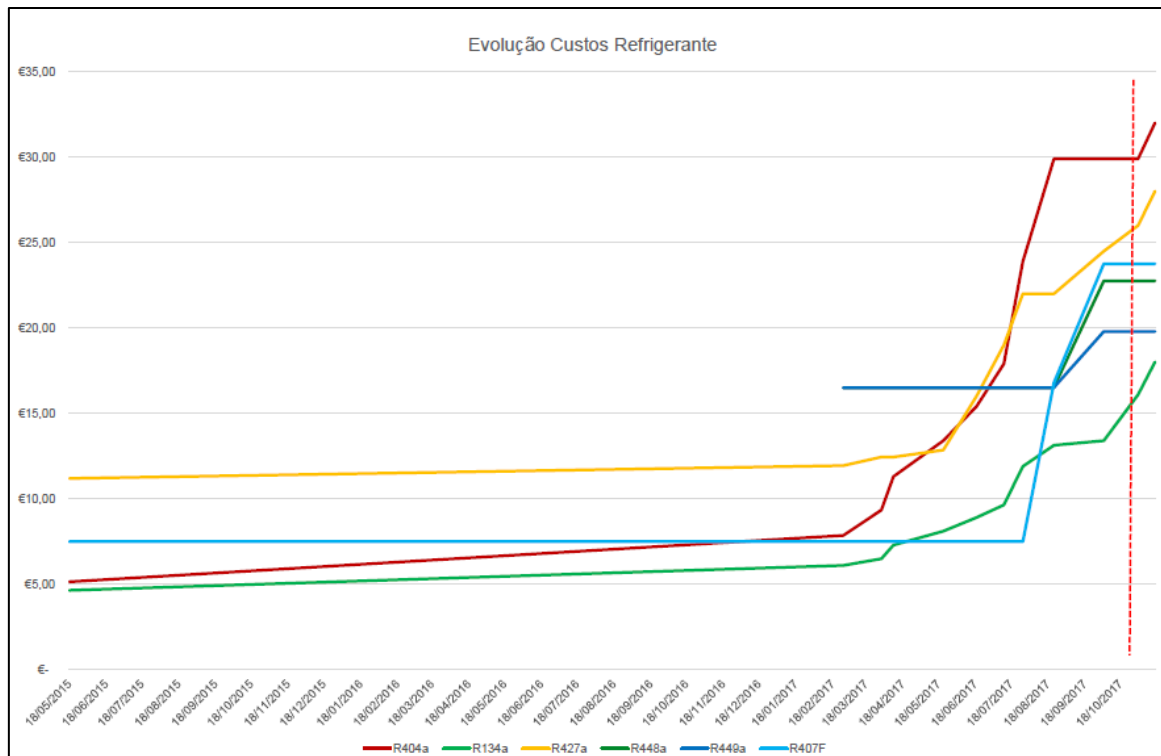


Figura 2 - Evolução dos preços dos fluídos frigoríficos (Jesus, 2017)

2.3.1. Classificação dos gases

Um fluído frigorífico não é mais que um produto químico utilizado em sistemas de refrigeração e climatização, passando reversivelmente por uma mudança de fase, quer em aquecimento ou arrefecimento (*United Nations Organization, 2009*).

Os fluídos frigoríficos podem ser divididos em dois grandes grupos, os fluídos frigoríficos “não naturais”, que se caracterizam pelo enorme impacto na deterioração da camada de ozono e que contribuem de forma significativa para o aumento do efeito de estufa - são disso exemplo os CFC’s, HCFC’s e HFC’s - e os fluídos frigoríficos naturais, que são aqueles que não provocam efeitos na camada de ozono e cujo impacto no aumento do efeito de estufa é baixo ou quase nulo. Na figura 3 são resumidas as principais características de cada um destes grupos de gases utilizados em sistemas de refrigeração (*Silva, 2011b*).

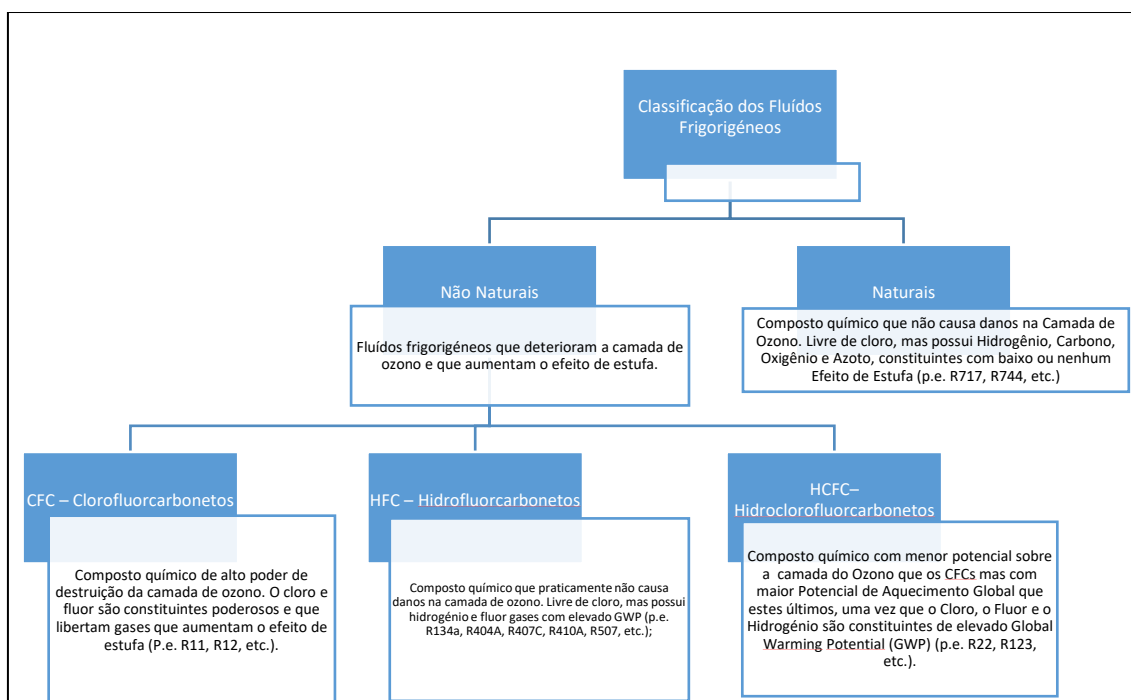


Figura 3– Esquema da classificação dos fluidos refrigerantes (Silva, 2011b)

2.3.2. História da Utilização do CO₂ em sistemas de refrigeração

O dióxido de carbono, mais conhecido por R-744, é dos gases mais antigos utilizados em sistemas de refrigeração. Tudo começou em 1850, com pequenas experiências levadas a cabo por Alexander Twining, apesar deste gás ter sido descoberto a nível oficial em 1754 pelo escocês Joseph Black (*Monteiro, 2015*).

Anos depois, em 1867, surgiu a primeira máquina a CO₂, criada por Thaddeus Lowe, utilizada para a produção de gelo. Este mesmo autor desenvolveu o primeiro sistema de refrigeração marítima para transporte de carne congelada. Posteriormente, e em vários países, criaram-se e/ou aperfeiçoaram-se outras máquinas de tecnologia idêntica, das quais se salientam os desenvolvimentos apresentados por Carl Lind (1881) ou por Franz Windhausen (1886). Já em 1887, a companhia J&E Hall adquiriu a patente desse sistema tendo sido a primeira empresa a fabricar equipamentos de frio com este sistema, de duplo estágio, em meados 1890 (*Padalkar & Kadam, 2010*).

Porém, na altura, ainda existia muita desconfiança na sua utilização, apesar dos próprios cientistas considerarem que fluido era seguro e suficientemente abundante para ser utilizado em mais sistemas. E assim cresceu essa produção de máquinas desde 1890, atingindo o pico entre 1930 e 1940 (gráfico 1), com a aplicação em navios.

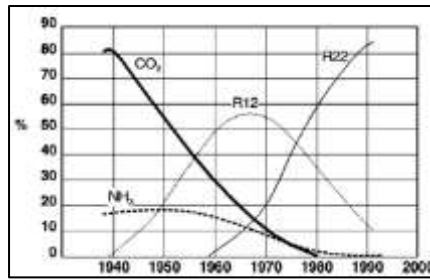


Gráfico 1 - Utilização dos fluidos frigoríficos entre a década de 40 e 90 (Padalkar & Kadam, 2010)

Até à década de 40, o CO₂ era a grande referência. No entanto, surgiram os CFC's e depois HCFC's, resultando numa diminuição da utilização deste fluido frigorífico natural. A razão por detrás desta escolha é a estabilidade química desses novos fluidos bem como uma maior segurança na sua operação. O tipo de sistema usado na época era um sistema de refrigeração a R-744 de ciclo subcrítico. É considerado sistema subcrítico todo o gás que é comprimido abaixo do ponto crítico, mas acima do ponto triplo.

As pressões e temperaturas de serviço elevadas (gráfico 2) que caracterizam o CO₂, fizeram aumentar a desconfiança e assim ditaram praticamente o seu desaparecimento. Como se pode verificar, para as gamas de temperaturas ilustradas no gráfico 2, existe um aumento significativo da pressão de saturação com o aumento da temperatura de saturação. Contudo, na altura, não existiam sistemas de transporte (tubos) que resistissem às pressões e temperaturas típicas de funcionamento de um ciclo a CO₂.

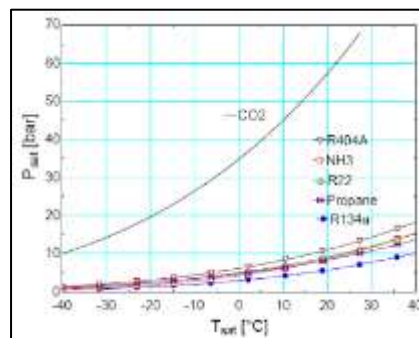


Gráfico 2 - Comparação pressão versus temperatura de saturação dos diferentes fluidos frigoríficos (Silva, 2011b)

Nos finais dos anos 80, investigadores e cientistas refletiram sobre a realidade existente na altura e perceberam que havia um aumento do efeito de estufa e a de destruição da camada de ozono por parte os fluidos frigoríficos artificiais. Depois de várias experiências e melhorias a nível tecnológico, e aplicados que foram os normativos que emergiram dos

tratados, chegou-se à conclusão que existia potencial no uso de CO₂, sendo, de resto, considerado o fluido frigorífero natural de eleição (Monteiro, 2015).

Um dos principais impulsionadores da reintrodução deste gás nos sistemas de refrigeração foi Gustav Lorentzen, que melhorou o modo de utilização do fluido frigorífero em aplicações comerciais e industriais e, em 1988, projetou um sistema a CO₂ simples e eficaz baseado no ciclo termodinâmico transcrito. Esta inovação foi apenas o ponto de viragem na reutilização deste fluido frigorífero (Monteiro, 2015). Só em 1992, Lorentzen e Pettersen publicaram os primeiros resultados de um protótipo de ar condicionado aplicado num automóvel, utilizando o CO₂ como fluido frigorífero (Mendes & Dominato, 2016).

O sistema transcrito desenvolvido por Gustav Lorentzen pretendia que todo o gás que é comprimido acima do ponto crítico, chegasse a uma fase supercrítica – fase de transição entre duas fases (ver figura 4). Este gás como é comprimido acima do ponto crítico não condensa quando perde calor. Este estágio de funcionamento resulta numa maior potência específica de arrefecimento do que um condensador normal. Como este gás nunca condensa (pois está acima do ponto crítico, ou seja arrefece, mas não muda de estado), o equipamento onde a troca de calor ocorre é denominado de *gas cooler* e não de condensador.

Porém, outros estudos foram efetuados antes do final do século. Surgiram várias aplicações comerciais e industriais a utilizar o CO₂ como fluido frigorífero. Eram utilizados os ciclos subcríticos, para regime de baixa temperatura (LT) (de -30°C a -55°C), em cascata com outros fluidos frigoríferos, de forma a melhorar o ciclo e a potenciar para utilização em regimes de média temperatura (MT). O mesmo foi efetuado para os ciclos transcritos, para MT (acima de -15°C de temperatura de evaporação), primeiramente em ar condicionado e bombas de calor e, mais recentemente, em sistemas de refrigeração (Monteiro, 2015).

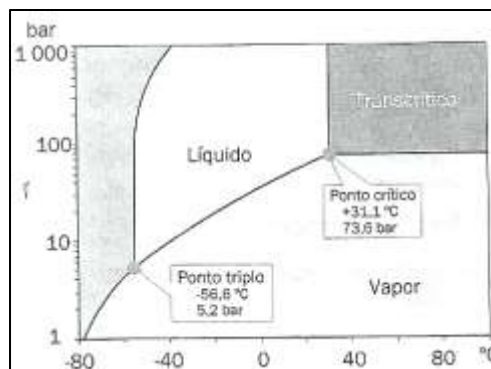


Figura 4 – Diagrama de fases do CO₂ (Monteiro, 2015)

A partir da década de 90, o dióxido de carbono ganha mais força no mercado como fluido frigorígeno. A preocupação com o ambiente por grande parte dos países de todo o mundo, culminou em diversos protocolos de onde se conclui que a utilização de fluidos frigorígenos naturais seria benéfica para a redução do efeito de estufa e da camada de ozono. Desde então o seu crescimento, no sector da refrigeração, é assinalável.

Vestergaard, 2004 publicou um estudo muito importante acerca dos sistemas de refrigeração a R-744 em ciclo subcrítico, comparado-o com outros sistemas de refrigeração tradicionais, tal como o R-134a. Este artigo examina essas diferenças e fornece uma discussão apoiada em conhecimento teórico combinado com experiência prática e testes de laboratório. Um grande passo para convencer os mais céticos. Numa comparação entre os sistemas a CO₂, R-134a e R-717, para as linhas de líquido, aspiração e descarga de gás, conclui-se que os sistemas de CO₂ requerem menores dimensões de tubagem do que os outros fluidos comparados. Nas linhas de aspiração de CO₂, a queda de pressão, para a mesma queda de temperatura, é aproximadamente 10 vezes mais alta que ou as mesmas linhas de retorno de R-717a ou R-134a, devido à elevada densidade do vapor de CO₂. Já para as linhas de líquido e de descarga de líquido, os resultados são bem diferentes. O diâmetro da tubagem para o CO₂ é inferior em relação ao R-717a, mas é superior quando comparado com o mesmo sistema a R-134a. Ainda na linha de líquido e de descarga de líquido, a capacidade fluido frigorígeno líquido de CO₂ presente é 4 vezes superior quando comparado com os outros fluidos frigorígenos em estudo.

No ano seguinte, *Cavallini et al., 2005* lançaram uma das primeiras publicações sobre a otimização do ciclo transcrito de duplo estágio, com arrefecimento intermédio. Neste estudo foi efetuada uma análise teórica e experimental, com pressões de serviço muito baixas. Esta análise permitiu investigar a pressão ideal dos evaporadores quer de baixa, quer de média temperatura, bem como o efeito da eficiência do permutador de calor num ciclo de duplo estágio.

Anos depois, *Silva, 2011a* efetuou vários estudos com a utilização do dióxido de carbono (R-744), utilizando-o como fluido frigorígeno em sistemas de refrigeração comercial. O objetivo desses estudos foi o de apresentar as várias possibilidades da aplicação dos sistemas de refrigeração mais utilizados para supermercados usando o dióxido de carbono (CO₂) e também juntamente também com amoníaco (NH₃) em cascata, projetando e programando a manutenção desses equipamentos. Com isto, foi possível verificar a fiabilidade dos

equipamentos, bem como das instalações aplicadas, garantindo um sistema de refrigeração segura e confiável.

Anos mais tarde, *Shin, et al., 2014* adaptou o mesmo estudo a um supermercado, de forma experimental. Os autores analisaram teoricamente o desempenho de um sistema de refrigeração a CO₂ de compressão de dois estágios, com duas diferentes temperaturas de evaporação, alterando apenas 3 variáveis: temperatura do ar exterior, velocidade do ar exterior e abertura da válvula expansora eletrônica no estágio de alta temperatura. Deste estudo concluiu-se que o desempenho do sistema (COP) é muito mais sensível à variação da válvula expansora eletrônica de segundo estágio dos que à variação das restantes variáveis em avaliação.

Atualmente a aposta é na multi-injeção aplicada à refrigeração comercial de um supermercado R-744. A multi-injeção é um dispositivo que utiliza a energia do trabalho de alta pressão, convertendo a energia potencial de alta pressão no fluxo motriz (primário) em energia cinética, aspirando um fluxo da porta de sucção (fluxo secundário). Na figura 5, é possível visualizar o funcionamento de cada injetor. O CO₂ entra no injetor, proveniente do *gas cooler*, a alta pressão (P_H – figura 5). O fluido frigorígeno entra no injetor na porta de alta pressão (P_H – figura 5) e flui ao longo da garganta, reduzindo a área de secção e aumentando a velocidade. À saída do bico injetor, o fluido frigorígeno irá atingir uma velocidade supersônica, criando uma baixa pressão (P_S – figura 5). Como a pressão do fluido frigorígeno proveniente da aspiração no bocal secundário (P_L – figura 5) é superior à pressão de saída do bico injetor (P_S – figura 5), o CO₂ flui da porta de aspiração para o injetor, sendo estes dois fluxos misturados numa câmara de mistura. A pressão é aumentada de forma gradual durante a mistura, até o fluxo entrar no difusor no final do ejetor. Devido à forma do difusor ser cônico, o fluxo diminui gradualmente, e a pressão é aumentada. Isso significa que a energia cinética do fluxo (velocidade) é convertida em energia potencial (pressão). Este sistema de multi-injeção proporciona uma redução na capacidade dos compressores e no consumo de energia necessários. Num primeiro estudo, feito por *Hafner, et al., 2014*, analisaram-se as eficiências e capacidades para um *layout* de sistema de refrigeração R-744, aplicado num supermercado. Neste sistema de refrigeração de *Hafner, et al., 2014* foram aplicados injetores para compressão do fluido no estado líquido e uma recuperação de calor para arrefecimento do fluido no estado gasoso. Para além das inovações impostas, pretendeu-se comprar, para as diferentes condições climáticas, as eficiências

energéticas deste sistema de refrigeração. Concluiu-se nesse estudo que as eficiências energéticas chegam até aos 30% em alguns países nórdicos.

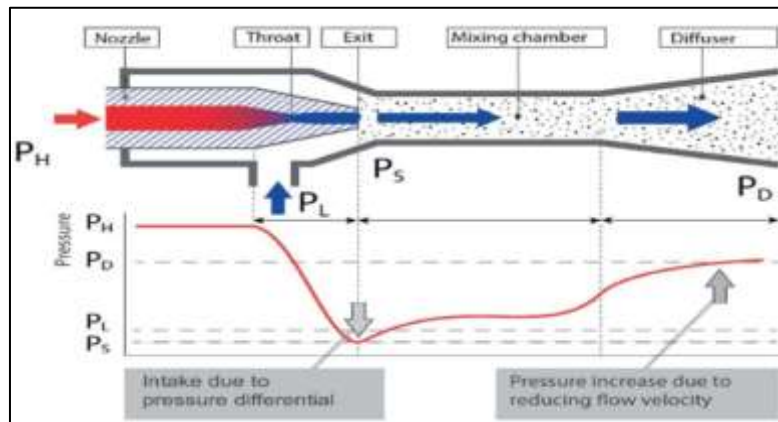


Figura 5 - Esquema de funcionamento de um injetor num sistema CO₂ transcrito de multi-injeção (Kalinski, 2018)

O sistema de multi-injeção do R-744 utilizado permitiu um aumento da eficiência média em cerca de 20 %, com um aumento significativo do COP quer em aquecimento quer em arrefecimento. Por fim, *He et al., 2017* efetuaram um novo estudo acerca da otimização do desempenho do injetor de forma controlada, aplicado num sistema de refrigeração transcrito de CO₂. Esta otimização refere-se ao uso de um injetor com bico variável, projetado para se ajustar ao desempenho do sistema de refrigeração em causa.

2.3.3. Características e parâmetros de funcionamento do fluido frigorígeno R-744

Este fluido frigorígeno, à semelhança de outros fluidos denominados de naturais, existe na natureza em abundância e caracteriza-se por ser:

- 100% natural;
- não-tóxico e não-inflamável;
- disponível na atmosfera, com uma concentração de 0,04%.

O fluido frigorígeno R-744 tem grande aplicabilidade na refrigeração comercial e industrial. Uma vez que é possível ter temperaturas de evaporação muito baixas (de -35°C a -50°C), este fluido é ideal para túneis de congelação (apenas a nível industrial) e para câmaras de congelados. A nível comercial, é utilizado em ciclos de duplo estágio, de baixa e média temperatura, com temperaturas de evaporação muito baixas para congelados (-30°C) e baixas para refrigerados (-10°C).

2.3.4. Vantagens e desvantagens

Como já foi abordado em pontos anteriores, este fluido frigorigéneo apresenta como principais vantagens ser não tóxico e não inflamável. Contudo, foi desvalorizado ao longo do tempo pelo facto de ter pressões de serviço bastante elevadas. Com as melhorias tecnológicas e dos materiais utilizados nestes sistemas, hoje é cada vez mais recomendado e aplicado.

Além destas vantagens a nível ecológico, o R-744 apresenta uma elevada eficiência energética. Nos gráficos 3 e 4 e segundo dados da empresa Hiperfrio, são apresentados os consumos energéticos de um supermercado com sistema a glicol e comparados com o sistema de duplo estágio R-744. Analisando o gráfico 3 é possível denotar que para a mesma capacidade frigorífica existe uma redução de 10% nos consumos do sistema de refrigeração a CO₂, quando comparado com o sistema de glicol com expansão indireta a R-134a. Já no gráfico 4 é possível verificar que a solução a R-134a gera, para as mesmas condições, um conjunto mais intenso de picos de consumo que o sistema de refrigeração de duplo estágio a R-744.

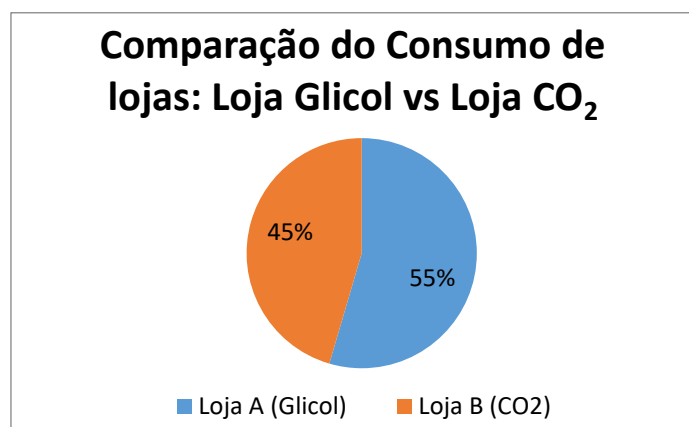


Gráfico 3 - Comparação de consumos: Loja glicol vs loja CO₂ (Hiperfrio, 2017)

Outra característica interessante do R-744 é a sua elevada densidade, o que resulta numa redução das dimensões da tubagem e dos restantes componentes e, consequentemente, do espaço ocupado pelo sistema – ver figura 6 (Vestergaard, 2007). Na tabela 1 são apresentadas de forma resumida todas as vantagens e desvantagens da aplicabilidade do R-744.

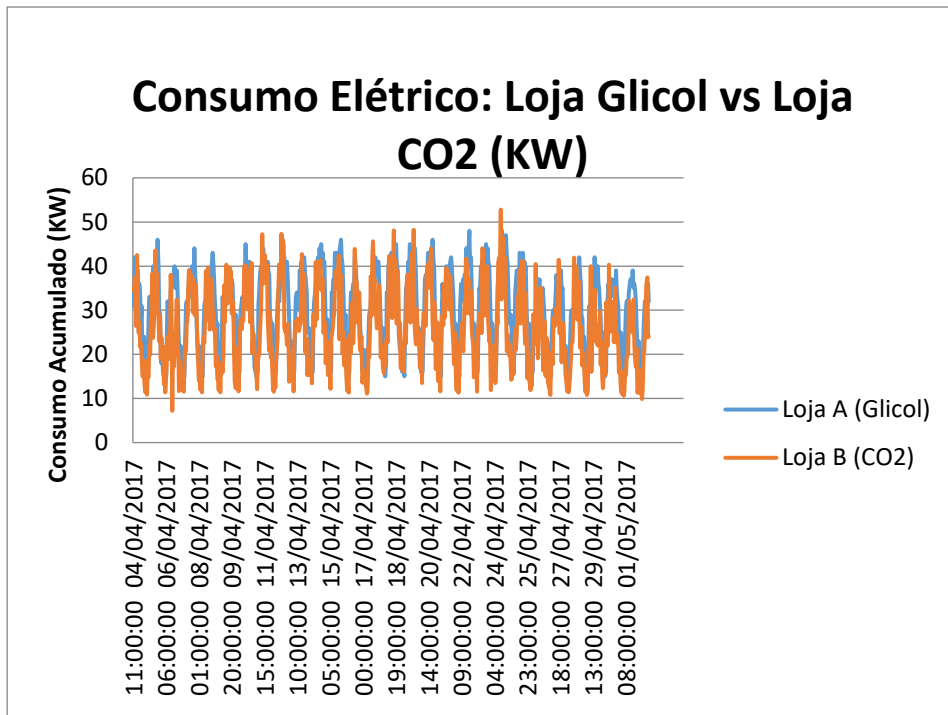


Gráfico 4 - Consumo energético – loja a glicol versus loja a CO2 (Hiperfrio, 2017)

Aspiração humida

Líquido

Comparação da área da secção transversal do tubo
Linha de aspiração humida / linha de líquido







Refrigerante		R 134a	R 717	CO ₂		
Capacidade	kW [TR]	250 [71]	250 [71]	250 [71]		
ΔT	K [F]	0.8 [1.4]	0.8 [1.4]	0.8 [1.4]		
Δp	bar [psi]	0.0212 [0.308]	0.0303 [0.439]	0.2930 [4.249]		
Velocidade	m/s [ft/s]	11.0 [36.2]	20.2 [66.2]	8.2 [26.9]		
Linha de aspiração humida						
		Diametro	mm [inch]	215 [8.5]	133 [5.2]	69 [2.7]
		Área "Aspiração Humida"	mm ² [inch ²]	36385 [56.40]	13894 [21.54]	3774 [5.85]
linha de líquido	Velocidade	m/s [ft/s]	0.8 [2.6]	0.8 [2.6]	0.8 [2.6]	
						
		Diametro	mm [inch]	61 [2.4]	36 [1.4]	58 [2.3]
		Área "líquido"	mm ² [inch ²]	2968 [4.6]	998 [1.55]	2609 [4.04]
Área total da secção transversal do tubo		Área "Aspiração Humida"	mm ² [inch ²]	39353 [61.0]	14892 [23.08]	6382 [9.89]
Porcentagem de líquido que atravessa a tubagem dimensionada		%	8	7	41	

Figura 6 – Comparação do dimensionamento da tubagem para 3 diferentes fluidos frigorigéneos. (Vestergaard, 2007)

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da aplicabilidade do R-744 (Silva, 2011b)

Aplicabilidade do R-744	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não inflamável. • Não tóxico. • Sem odor. • Disponível no mercado a baixo custo. • Fácil serviço e manutenção • Sem Risco de Danificar os Produtos • Elevada capacidade frigorífica: Alto Coeficiente de Performance (COP) • Baixa potência consumida. • Altos coeficientes de troca térmica: Evaporadores e condensadores menores; • Reduzida perda de pressão: Válvulas e tubulações menores, menor quantidade de isolamento, etc. • Tensão superficial baixa: Elevada capacidade de expansão; 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada gama de pressões de projeto: O equipamento deve ser dimensionado para aguentar esta gama de pressões. • Descongelamento por gás quente (dispendioso). • Acessórios mais dispendiosos: Permutadores de calor, reservatório de óleo, filtro secador, etc. • Vazamento de ar sem odor: Em casos de fuga, o CO₂ acumula-se próximo ao chão, subindo gradualmente, podendo provocar lesões graves ou até a morte. Obrigatório uso de detetores de CO₂.

2.4. Tipos de sistemas

2.4.1. Sistema Transcrítico

Um sistema transcrítico é todo aquele gás que é comprimido acima do ponto crítico, tal como está representado na figura 7.

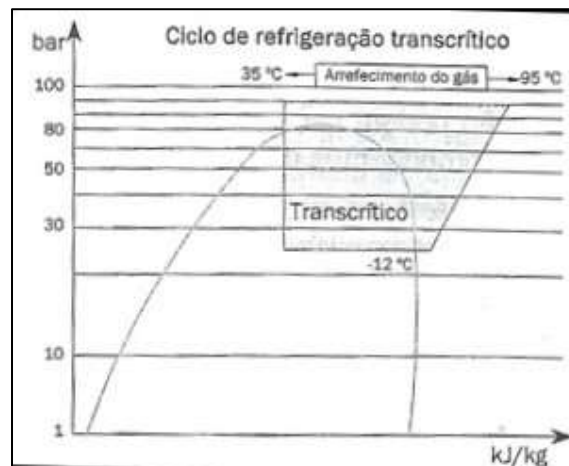


Figura 7 - Ciclo transcrítico do fluido refrigerante CO₂ (Monteiro, 2015)

Depois de comprimido o fluido frigorígeno, este irá atingir temperaturas e pressões muito elevadas. Todos os equipamentos devem estar especialmente preparados para suportar, do lado da alta pressão, pressões de operação elevadas e que podem variar entre os 80 e 140 bar (e temperaturas até aos 100 °C) e do lado da baixa pressão estes equipamentos devem suportar pressões que poderão chegar aos 70 bar.

Num equipamento denominado de *gas cooler*, o CO₂ é arrefecido, até à temperatura mínima de 35 °C, onde nunca irá mudar de fase (e por isso, não se chama de condensador). Por fim, este irá expandir atingindo temperaturas de evaporação mínimas à entrada do evaporador até aos -12°C. Este fluido frigorígeno do ciclo transcrito (figura 7) que servirá para conservação de refrigerados até aos 0°C. O CO₂ será arrefecido na serpentina até a uma temperatura máxima de 5°C, voltando a alimentar os compressores para ser comprimido.

Este tipo de sistema é utilizado para aplicações pequenas e comerciais. Exemplos disso são os sistemas de ar condicionado móvel, pequenas bombas de calor e sistemas de refrigeração de supermercados.

2.4.2. Sistema Subcrítico

É considerado sistema subcrítico aquele em que o gás é comprimido abaixo do ponto crítico, mas acima do ponto triplo, tal como mostra a figura 8. Este tipo de sistema é maioritariamente usado em superfícies comerciais e industriais, para túneis de congelação, câmaras de congelados e expositores de congelados.

Segundo a figura 8, este apenas difere para o ciclo transcrito na condensação do fluido frigorígeno. Este consegue fazer a mudança de estado do mesmo fluido, podendo denominar de condensador, por estar abaixo do ponto crítico.

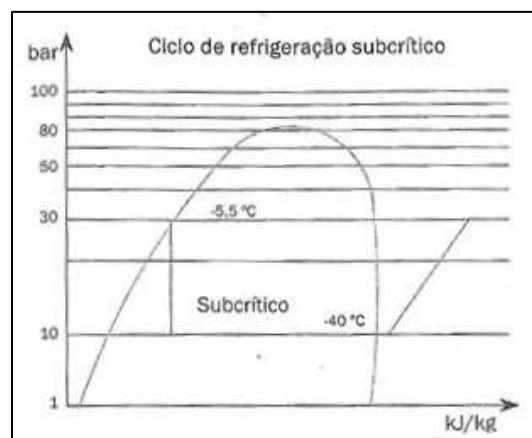


Figura 8 - Ciclo subcrítico do fluido frigorígeno CO₂ (Monteiro, 2015)

Uma das desvantagens deste sistema é a gama de temperaturas de serviço que o caracterizam, nomeadamente a temperatura de condensação que habitualmente se posiciona na gama dos $-5,5^{\circ}\text{C}$ (temperaturas de serviço: Temperatura de evaporação mínima: -55°C e temperatura de condensação máxima: 10°C).

2.4.3. Sistema de duplo estágio (*booster*)

Este tipo de sistema resulta da junção dos dois tipos anteriormente referidos: um estágio de baixa temperatura (-30°C), ou seja, subcrítico, e outra de média temperatura (0°C), isto é, transcrito. Assim sendo, é possível congelar e refrigerar num só sistema.

2.4.4. Sistema em cascata

O sistema de refrigeração a CO_2 subcrítico é utilizado para baixas temperaturas de operação (aspiração nos compressores de -35 a -30°C), por sua vez, o calor cedido pela condensação do R-744 é absorvido por um outro fluido frigorigéneo através de um permutador de calor, na evaporação do outro fluido frigorigéneo. Este procedimento é realizado em cascata entre os dois fluidos frigorigéneos, o que irá permitir a condensação do CO_2 . Nos sistemas em cascata, o R-744 é normalmente usado em regime de baixa temperatura, interligado com um ou mais permutadores de calor com o circuito de alta temperatura (R-134a, R-404a, R-717a).

2.5. Controlo, segurança e cuidados no selecionamento de equipamentos a R-744

2.5.1. Segurança do sistema e EPI's

Como qualquer outro gás fluido frigorigéneo, o CO_2 tem as suas desvantagens e merece cuidados redobrados, pois é inodoro e incolor. Em caso de fuga, em ambiente fechado, pode causar asfixia e até a morte e como é bastante denso pode “varrer” o oxigénio, o que o torna altamente perigoso. Deste modo, por questões de segurança, qualquer espaço que seja refrigerado com este gás deve possuir um detetor de CO_2 (a uma altura de 80 cm a 1 m). Este mecanismo emitirá um alarme na existência de CO_2 para que as pessoas presentes nesses espaços possam sair em segurança.

Como já foi abordado em pontos anteriores, apesar de ser um constituinte do ar atmosférico, o R-744 representa apenas de 0,04% da sua concentração, pelo que se presente numa maior quantidade pode acarretar graves consequências - ver tabela 2.

As fugas tanto podem ocorrer na linha de aspiração ou na linha de líquido do CO₂. A grande preocupação diz respeito à válvula expansora: a temperatura é muito baixa e em estado líquido pode provocar queimaduras muito graves quando em contacto com a pele. Assim sendo, é cada vez mais importante uma maior especialização dos técnicos de manutenção, para manter os sistemas de refrigeração, bem como a saúde dos colaboradores e clientes do estabelecimento. Atualmente, os próprios colaboradores têm formação de primeiros socorros, principalmente em relação ao tipo de acidentes que obrigue à utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs), como o uso de coletes e as máscaras no interior das câmaras de refrigeração e congelação.

Tabela 2 - Níveis de concentração de CO₂ e suas consequências (Silva, 2011b)

Concentração de CO ₂ (%)	Consequência
2 %	Aumento em 50% da frequência respiratória;
3 %	Aumento em 100% no ritmo respiratório, limite de 10min para curta exposição;
5 %	Aumento de 300% no ritmo respiratório, após uma hora de exposição. Pode começar a aparecer dor de cabeça e suor (suportado pela maioria das pessoas);
8 %	Limite de exposição por curto período de tempo. Dor de cabeça, tonturas, sudorese e desorientação.
8 a 10 %	A respiração do corpo natural é interrompida, e a respiração torna-se quase impossível. Dor de cabeça depois de 10 ou 15 minutos. Enjoo, zumbido nos ouvidos, elevada taxa de batimentos cardíaco, excitação e vômitos.
10 a 18%	Depois de uma exposição curta aparecem ataques epiléticos, perda da consciência e choque (as vítimas recuperam rapidamente com o ar fresco).
18 a 20 %	Pode levar à perda de consciência rápida, desmaios, ou até mesmo a morte com alguma exposição.
> 20 %	Morte rápida.

2.5.2. Cuidados na seleção de equipamentos

A produção de componentes para operarem com o R-744 é um grande desafio para os fabricantes do século XXI. Como já foi referido, sendo o regime de pressões de serviço muito elevado, o principal problema centra-se no dimensionamento de componentes/equipamentos fiáveis para operar neste regime de pressões.

De seguida são apresentados alguns equipamentos em que o dimensionamento deve ser mais cuidado:

- Por norma, a compressão transcritical é intensa, isto é, as pressões e temperaturas são muito elevadas na descarga do compressor. Por isso, o uso de permutador de placas é cada vez mais recorrente, tendo sempre em atenção o tipo de fluido e a gama de pressões de operação, visto ter de estar dimensionado para pressões de trabalho que podem atingir os 150 bar. Estes equipamentos, para além de poderem estar preparados para recorrer à água como fluido secundário, podem também permutar calor com um outro fluido frigoriférico.
- As válvulas expansoras, por exemplo, que são equipamentos com um maior desgaste, devem ser capazes de expandir o líquido em gás, com uma redução de pressão e temperatura brusca. Através de um controlo eletrónico e automático, estas devem estar dimensionadas para operar em pressões de 90 bar quando a central está parada e de 120 bar em funcionamento transcritical.
- As centrais, os permutadores e as bombas de calor devem ser revestidos em aço carbono. Estes equipamentos devem ser totalmente compatíveis com aplicações de regime transcritical, onde as espessuras dos materiais são adaptadas para resistir a altas pressões e temperaturas.
- Deve-se dar particular atenção aos componentes da linha de líquido ou na linha de aspiração em regime subcritical, pois estes componentes deverão resistir a pressões muito altas e temperaturas muito baixas, o que pode comprometer o comportamento e a resistência do aço carbono vulgar. Nestes casos, e por motivos de segurança, devem ser utilizados componentes em aço inoxidável. No quadro resumo da figura 9 apresentam-se os condicionantes relativos ao material de fabrico dos componentes constituintes de sistemas a CO₂, dependendo do tipo de funcionamento do ciclo (Monteiro, 2015).

CICLO	POSIÇÃO NO CIRCUITO	PRESSÃO MÁX. SERVIÇO	TEMPERATURA		COMPONENTES	
			MÁX. SERVIÇO	MÍN. SERVIÇO		
		bar	°C	°C	Mat	Designação
TRANS-CRÍTICO	Linha de descarga	140	160	N/A	Aço ao carbono	Separador de óleo, silenciador, válvulas
	Saída do arrefecedor de gás (gas cooler)	140	60	N/A		Filtro, depósitos de líquido, visor de líquido, válvulas
	Linha de aspiração	40	30	N/A		Separador de líquido, filtros de aspiração, válvulas
SUB-CRÍTICO	Linha de descarga	52	150	0	Aço inox	Separador de óleo, eliminador de vibração, silenciador, válvulas
	Linha de líquido	52	0	-20		Filtro de depósitos de líquido, visor de líquido, filtro de impurezas, válvulas
	Linha de aspiração	28	-20	-50		Separador de líquido, filtro de aspiração, eliminador de vibrações

Figura 9 Características dos componentes para CO₂ (Monteiro, 2015)

2.5.3. Controlo e instrumentação

Existem no mercado sistemas de gestão para instalações de refrigeração que permitem controlar, monitorizar e gerir todo o processo. Tal como para os equipamentos, os sistemas de controlo monitorizado e remoto devem ser adaptados ao tipo de fluído frigorigéneo em operação.

Numa implementação comercial (hiper e supermercados) devem ser colocados controladores, um por cada evaporador, sejam de câmara ou de expositor, bem como na central. Estes permitirão uma monitorização dos equipamentos, realizada através de sondas de temperaturas (à entrada e à saída), que, conjuntamente com os parâmetros delineados na programação do controlador, possibilitará o controlo otimizado da instalação. Estes controladores permitem também alterar os parâmetros de funcionamento, como regular a temperatura de referência, a temperatura de corte de gás, horários de descongelação ou de condição de noturna, entre outros.

2.6. Utilização Eficiente de Energia

Atualmente este é um ponto que gera preocupação por todos os que estão incluídos numa obra. A preocupação com a utilização eficiente de energia atravessa toda a equipa de projeto, começando no projetista que elabora o *layout* da loja, passando pelo arquiteto e acabando na equipa de engenharia, onde se destacam o dimensionamento dos sistemas de frio, de iluminação e de climatização.

O gráfico 5 mostra a distribuição do consumo médio de um supermercado, onde é possível verificar que a instalação frigorífica é responsável por mais de metade da energia total consumida.

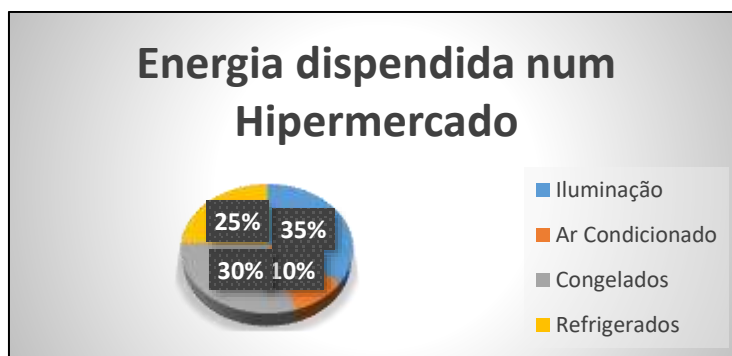


Gráfico 5 – Energia dispendida num hipermercado, em % média (Monteiro, 2015)

A economia de energia num hipermercado deve passar em primeiro lugar pela adequada escolha do tipo de fluido frigorígeno a usar. Neste âmbito, para além do CO₂ não ser tóxico e de não provocar efeitos na camada de ozono, tem um coeficiente de eficiência de transferência de calor muito alto, quando comparado com alguns fluidos frigorígenos. Desta forma, torna-se possível o funcionamento com uma diferença de temperatura maior, ou seja, com uma temperatura mais baixa nos evaporadores e permutadores de calor.

A economia de energia deve passar também pelo uso de sistemas de controlo, que permitam otimizar os parâmetros de funcionamento e desta forma reduzir o consumo de energia. A grande vantagem no campo da economia de energia advém da aplicação de uma válvula de expansão eletrónica, que funciona como válvula solenoide que, não necessitando de diferencial de pressão mínimo de abertura, nos permite trabalhar com temperaturas de condensação muito baixas.

No que respeita aos expositores, a estiva de produtos e do seu reabastecimento, bem como no controlo periódico dos expositores são fatores importantes na economia de energia. A aplicação de cortinas manuais ou automáticas nos expositores, durante a noite, reduz substancialmente o consumo energético. Estas cortinas deverão ter a sua superfície revestida com uma lâmina de alumínio de modo a aumentar a refletividade do sistema e, assim, reduzir os ganhos de origem radiativa das trocas com a envolvente. As cortinas podem ser horizontais, verticais ou oblíquas e de enrolar. As que estão na figura 10 dizem respeito a uma cortina vertical manual. O sistema de controlo remoto permite ainda, em horas programadas, ligar e desligar todo o sistema de refrigeração e erguer ou baixar as cortinas,

se estas forem automáticas, evitando, portanto, consumos desnecessários durante o período noturno.



Figura 10 - Expositor com cortina manual (Cunha, 1999)

Nas câmaras de congelados, ou em câmaras de portas frequentemente abertas, podem ser utilizadas cortinas de ar para se evitar a saída do frio para o exterior, tal como aparece na figura 11.



Figura 11 - Entrada de câmara com cortina de ar (Cunha, 1999)

As cortinas de plástico transparente reduzem sensivelmente as perdas energéticas, quer em locais refrigerados, quer em câmaras de congelados, onde assumem maior importância. Também o ambiente das salas refrigeradas deve ser protegido, com portas de vaivém, ou com cortinas de plástico (figura 12).



Figura 12 - Cortinas de plástico à entrada da câmara (Cunha, 1999)

3. Projeto – Caso de Estudo

3.1. Introdução – Descrição do caso de estudo

Os próximos capítulos serão dedicados ao caso de estudo, de acordo com os conhecimentos retidos ao longo do mestrado.

O processo em análise centra-se num projeto de refrigeração, aplicado a um supermercado onde se pretende implementar um sistema de refrigeração utilizando CO₂ como fluído frigorigéneo. Como já foi explicado em pontos anteriores, existem vários tipos de sistemas para o uso do fluído R-744, não obstante, para o caso em presença pretende-se aplicar uma solução baseada num sistema transcrito interligado com um sistema subcrítico, isto é, um sistema *booster* transcrito. Esta aplicação permitirá refrigerar e congelar com apenas uma central, através de um sistema de refrigeração de duplo estágio.

Neste capítulo, para além da explicação de todo o dimensionamento dos equipamentos, efetuar-se-á uma análise energética aos compressores, com vista à validação e avaliação deste tipo de solução.

Condições de Projeto

- **Condições exteriores de projeto**

Quanto às condições exteriores de projeto, foram pesquisados dados climatéricos do local onde este sistema de refrigeração será implantado, tais como a temperatura de bolbo seco, a humidade relativa e a amplitude térmica. Foram considerados os dados fornecidos pelo Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), com o objetivo de criar um sistema de refrigeração a 20 espaços e um vasto leque de expositores para a região de Lisboa.

Esta base de dados é amplamente utilizada pelas empresas no pré-dimensionamento deste tipo de sistemas. Por norma, a partir dos dados climatéricos (em anexo A) e escolhendo uma probabilidade acumulada de 1% de ocorrência é possível obter a temperatura de bolbo seco (em °C), a temperatura de bolbo húmido (em °C) e a amplitude térmica diária (em °C). Para o pré-dimensionamento dos locais a refrigerar foi considerada uma probabilidade acumulada de ocorrência de 99% para a cidade de Lisboa (Portela). Cruzando esses dados é possível obter uma temperatura exterior de bolbo seco de 33,3°C, uma temperatura de bolbo húmido de 23°C e uma amplitude térmica diária de 11,2°C.

Na tabela 3 são apresentadas as condições de projeto exterior. Através do *software MUTERS HDPsyChart*, com a colocação dos dados da temperatura de bolbo seco e bolbo húmido é possível retirar outros dados importantes como a entalpia e a massa volúmica, que serão necessárias para calcular as cargas térmicas. Os restantes valores podem ser consultados no anexo A.

Tabela 3 - Condições exteriores escolhidas para o caso de estudo

Condições de projeto Exteriores		
Temperatura de bolbo seco	33.3	°C
Temperatura de bolbo húmido	23	°C
Temperatura de Saturação	23.3	°C
Humidade Relativa	11.54	%
Entalpia	8.485	kJ/kg
Massa Volúmica	0.0805	kg/m ³

- **Condições interiores de projeto**

As condições de conservação são definidas pelo produto a ser conservado e, como tal, é necessária uma pesquisa em documentos específicos sobre as propriedades e as condições de conservação dos produtos utilizados, adequando a temperatura e humidade relativa a cada tipo de produto, através da referência (*Centauro, 2016*), do qual houve acesso a documentos, dos quais não podem ser expostos. Na tabela 4 serão apresentados os diferentes dados de conservação para os mais variados produtos destinados à conservação para este caso de estudo.

3.2. Implementação das câmaras

Neste caso de estudo interessa, inicialmente, dimensionar os 20 evaporadores para os 20 espaços disponíveis a refrigerar. De modo a facilitar o projeto cada espaço a refrigerar foi caracterizado no que respeita às suas dimensões (ver tabela 5), encontrando-se no anexo B o respetivo *layout*. Na fase de projeto existe uma enorme preocupação com o nível de exposição a que o local a refrigerar possa estar sujeito. Uma câmara frigorífica deverá, o quanto possível, ser projetada para um local cuja envolvente se encontre também condicionada, o que permitirá obter um impacto térmico na abertura de portas muito inferior ao que se obteria caso a solução passasse pela instalação de uma câmara frigorífica cujo espaço adjacente fosse não refrigerado.

Tabela 4 - Propriedades dos produtos a conservar em cada câmara a dimensionar

Tipo de Câmara	Tipo de Produto Selecionado	Temperatura de Bolbo Seco [°C]	Temperatura de Bolbo Húmido [°C]	Humidade Relativa [%]	Entalpia [kJ/kg]	Volume Específico [m³/kg]
Câmara de Congelados Padaria	Pão	-20	-20.20	85	-18.716	0.717
Câmara de Padaria	Pão	2	1.07	85	11.320	0.783
Câmara de Take-Away Aves	Aves	2	0.12	70	9.677	0.777
Câmara de Aves 1	Aves	0	-1.63	85	6.631	0.776
Câmara de Legumes e Fruta	Espargo	2	1.07	85	11.320	0.783
Câmara de Peixe e Gelo	Ameijoas	0	-0.80	85	8.051	0.777
Câmara de Congelados	Marisco Congelado	-20	-20.20	85	-18.716	0.717
Câmara de Lacticínios	Leite Fresco	2	0.12	70	9.677	0.777
Câmara de Bacalhau	Bacalhau Salgado	2	-0.50	60	8.583	0.782
Câmara de Aves 2	Aves	0	-1.63	85	6.631	0.776
Câmara de Talho	Salsicha Fresca	2	-1.07	80	7.577	0.777
Sala Refrigerada - Fruta e Legumes	Espargo	12	9.20	70	27.400	0.815
Sala Refrigerada - Charcutaria e Take-Away	Aves	12	9.20	70	27.400	0.815
Sala Refrigerada - Lixo	Aves	12	9.20	70	27.400	0.815
Sala Refrigerada - Apoio à Peixaria	Ameijoas	12	9.20	70	27.400	0.815
Sala Refrigerada - Apoio ao Talho	Salsicha Fresca	12	9.20	70	27.400	0.815
Corredor 1		12	9.20	70	27.400	0.815
Corredor 2		12	9.20	70	27.400	0.815
Buffer		12	9.20	70	27.400	0.815
Câmara de Congelados (Reserva)	Marisco Congelado	-20	-20.20	85	-18.716	0.717

Tabela 5 - Dimensões das câmaras a dimensionar

Tipo de Câmara	N.º Câmara	Área[m ²]	Altura [m]
Câmara de Congelados Padaria	CC01	5.389	3
Congelados OPLS	CC02	24.024	3
Câmara de Congelados (Reserva)	CC03	6,30	3
Câmara de Refrigerados Padaria	CR01	9.8	3
Câmara de Take-Away	CR02	5.4131	3
Câmara de Aves 1	CR03	4.9742	3
Câmara de Fruta e Legumes	CR04	14.5564	3
Câmara de Lacticínios	CR05	25.65	3
Câmara de Bacalhau	CR06	7.29	3
Câmara de Aves 2	CR07	7.4169	3
Câmara de Peixe e Gelo	CR08	12.192	3
Refrigerados (Talho)	CR09	15.28	3
Corredor 1	SR01	67.7987	3
Corredor 2	SR02	32.5	3
Sala Refrigerada – Lixo	SR03	17.628	3
Sala Refrigerada – Apoio Charcutaria e Take-Away	SR04	14.9842	3
Sala Refrigerada - Fruta e Legumes	SR05	16.0024	3
Sala Refrigerada - Apoio à Peixaria	SR06	7.6614	3
Sala Refrigerada - Apoio ao Talho 1 e 2	SR07a e SR07b	42.4	3
Buffer	SR08		5

A figura 13, proveniente do *layout* deste caso de estudo (Anexo B), é um exemplo da implementação estratégica das câmaras. É possível perceber que a via de acesso às câmaras de *take-away* e aves é realizada por um corredor refrigerador e uma sala de preparação da charcutaria e *take-away*.

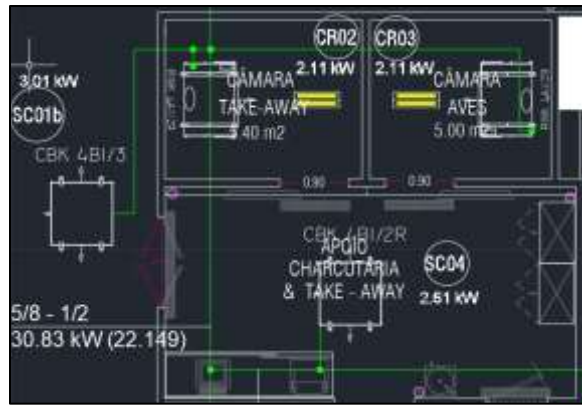


Figura 13 – Layout da estratégia de implementação das câmaras de refrigerados CR02 e CR03

Durante o projeto existiu a preocupação de evitar zonas com temperaturas altas sobre o teto (devido, por exemplo, à exposição solar do edifício), não obstante, caso essa solução não se vislumbrasse possível, optou-se por reforçar os isolamentos na envolvente a esses espaços. No entanto, existem raras exceções em que os evaporadores tiveram de ser sobredimensionados para que esse ganho extra fosse devidamente considerado.

De modo a salvaguardar as câmaras de congelados, aplicou-se uma estratégia semelhante às câmaras anteriormente referidas. As câmaras de congelados devem estar sobre zonas adjacentes refrigeradas, mas principalmente entre câmaras de conservação refrigeradas (ver figura 14).



Figura 14 – Layout da estratégia de implementação da câmara de congelados

É fundamental que o produto, antes de entrar na câmara de congelados, não sofra um choque térmico grande. Tal é possível de evitar se todos os lugares por onde o produto passar estiverem climatizados (p.e. antecâmara, corredores, etc.). Aqui é necessário a colocação de cortinas de ar, que não possibilitem a entrada de ar quente tão facilmente, o que permitirá um aumento da eficiência do sistema.

3.2.1. Isolamento térmico das câmaras

O painel isotérmico é, na prática, o ponto de partida do projeto. A partir daqui, já se devem ter definido quais os locais a refrigerar. Por norma a espessura do painel difere com o tipo de câmara a isolar, tal como apresentado na tabela 6. Quanto maior for a espessura do painel isolante, maior é o poder de isolamento do mesmo.

Tabela 6 - Gama de espessuras dos painéis isotérmicos para os mais diversos tipos de conservação para o caso de estudo (Nunes, 2014)

Painéis Isotérmicos – Gama de espessuras recomendadas (mm)	
Câmaras frigoríficas de temperatura negativa	120 – 150
Câmaras frigoríficas de temperatura positiva	80 - 100
Salas/Corredores Climatizados	60

De modo a reduzir as os ganhos térmicos da instalação e, com isto, a sua eficiência, as interligações entre painéis isotérmicos devem ser, preferencialmente, do tipo sanitário e preenchidas com poliuretano injetado (ver figura 15).

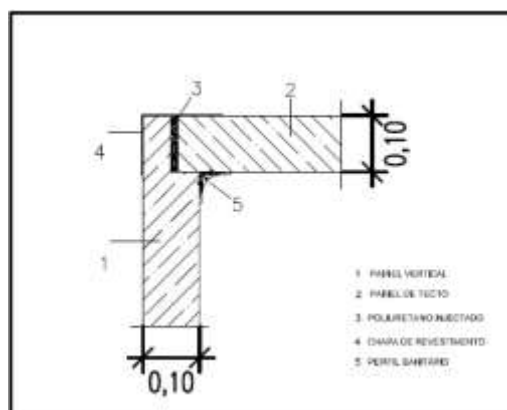


Figura 15 - Tipo de acabamento do painel isotérmico numa câmara de refrigerados do caso de estudo

A figura 16 ilustra o tipo de isolamento de solo colocado nas câmaras de congelados deste caso de estudo. Estas câmaras devem conter no seu isolamento um vazio sanitário e tela asfáltica. Esta escolha pretende evitar que na zona do acabamento impermeabilizante se produza gelo, resultante do arrefecimento que ocorre no vazio sanitário de 40 mm. A tela asfáltica garante uma total estanquicidade e uma perfeita aderência à estrutura. Devido à sua estrutura extremamente maleável, é possível impermeabilizar todo o tipo de estruturas, mesmo as mais irregulares, sem danificar a estrutura do edifício.

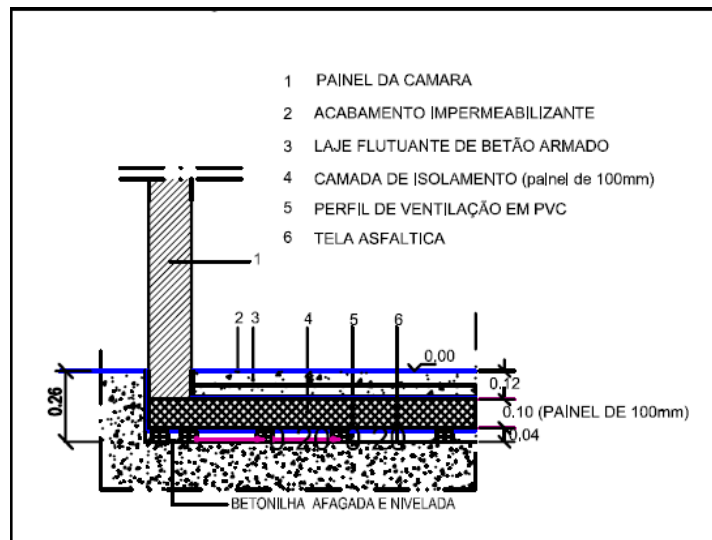


Figura 16 - Tipo de isolamento solo com vazio sanitário, com tela asfáltica de uma câmara de congelados

No que diz respeito às portas isotérmicas dos espaços a refrigerar, estas devem ser da mesma espessura do painel isotérmico das câmaras/salas. Uma porta isotérmica (exceto a vaivém) deverá ter um interruptor de fim de curso de modo a que, quando aberta, o evaporador deixe de fazer frio, fechando a válvula expansora eletrónica. Ao mesmo tempo, são desligados os motores dos seus ventiladores e é ligado um *led* de sinalização de porta aberta (cor laranja) no quadro da câmara e a respetiva iluminação da câmara (ver exemplo deste sistema na figura 17). Na referência (Cunha, 1999) estão descritos alguns dados relativos a técnicas de montagem e de manutenção dos painéis isotérmicos.



Figura 17 - Quadro elétrico de uma câmara com indicação de porta aberta (à esquerda) e interruptor fim de curso (à direita).

Para o cálculo da espessura mínima é necessário conhecer o valor do coeficiente de condutividade térmica do poliuretano a escolher para os espaços a refrigerar. Para isolamento térmico das câmaras e salas foi escolhido o poliuretano reforçado (PUR). Esta escolha foi efetuada tendo em consideração diversas características do material, como sejam: o baixo peso, a durabilidade, a capacidade de isolamento térmico e o baixo custo. Ainda assim, o

poliuretano é um material inflamável. Contudo, existem retardadores de chama como aditivo que podem ser aplicados no material, transformando os materiais inflamáveis em não-inflamáveis. No anexo C é possível visualizar o *layout* da colocação do painel isotérmico. As características do painel selecionado para o caso de estudo são possíveis de observar na tabela 7.

Tabela 7 - Características técnicas do painel isotérmico poliuretano reforçado (PUR) (Cunha, 1999)

Propriedades Painéis Isotérmicos – Características Técnicas	
Densidade	38 – 42 Kg/m ³
Condutibilidade térmica	0,018 – 0,022 W/m°C
Estabilidade	100% até 80°C, HR de 90% - 100%
Resistência à compressão	1,8 Kg/cm ³
Campo térmico de aplicação	-120°C a +120°C
Resistência à tração	1,8 kg/cm ³
Tipo de Junta	Junta seca com ou sem gancho
Tipo encaixe	Macho-fêmea
Reação ao fogo	Classe Bs2d0
Espessura de Chapa	≥ 50mm
Deverão ser estáveis, não se deteriorando com o tempo;	
Deverão ser preparadas de modo a evitar quer a absorção de odores, quer a formação e aparecimento de parasitas e fungos;	
Não deverão ser tóxicos;	
O poliuretano deve ser auto extingüível, em caso de incêndio;	

Segundo a tabela 7, é possível dizer que o valor do coeficiente de condutividade térmica do poliuretano é de $0,022 W/m.°C$. Serão feitos, a título de exemplo, dois cálculos: um para câmara de congelados da padaria com um *setpoint* de $-20°C$ e outra para a câmara de refrigerados da padaria com um *setpoint* de $+2°C$.

Como se comprovou anteriormente as espessuras diferem com as condições a que estão sujeitas, isto é, as condições de conservação dos produtos. Neste projeto, as paredes a colocar painel podem estar em contacto com uma a câmara vizinha ou até com paredes exteriores. No entanto, a temperatura exterior foi considerada a temperatura de fronteira mais desfavorável e a que foi utilizada para cálculo. Dado que a espessura mínima de isolamento que se encontra no mercado é de 40, 60, 80, 100, 120 e 150mm, a escolha terá de recair segundo estas condicionantes.

Na tabela 8 são apresentados os tipos de espessura escolhidos para cada um dos locais.

Tabela 8 – Espessura de painel isotérmico selecionado para cada espaço a refrigera

Isolamento Térmico (Espessura)		
Tipo de Câmara	Câmara/Sala	Tipo de Painel PUR
Câmara de Congelados Padaria	CC01	PUR 150mm
Congelados OPLS	CC02	PUR 150mm
Câmara de Congelados (Reserva)	CC03	PUR 150mm
Câmara de Refrigerados Padaria	CR01	PUR 80mm
Câmara de Take-Away	CR02	PUR 80mm
Câmara de Aves 1	CR03	PUR 80mm
Câmara de Fruta e Legumes	CR04	PUR 80mm
Câmara de Lacticínios	CR05	PUR 80mm
Câmara de Bacalhau	CR06	PUR 80mm
Câmara de Aves 2	CR07	PUR 80mm
Câmara de Peixe e Gelo	CR08	PUR 80mm
Refrigerados (Talho)	CR09	PUR 80mm
Corredor 1	SR01a e SR01b	PUR 60mm
Corredor 2	SR02a e SE02b	PUR 60mm
Sala Refrigerada – Lixo	SR03	PUR 60mm
Sala Refrigerada – Apoio Charcutaria e Take-Away	SR04	PUR 60mm
Sala Refrigerada - Fruta e Legumes	SR05	PUR 60mm
Sala Refrigerada - Apoio à Peixaria	SR06	PUR 60mm
Sala Refrigerada - Apoio ao Talho 1 e 2	SR07a e SR07b	PUR 60mm
Buffer	SR08	PUR 60mm

3.3. Cargas térmicas para implementação de câmaras/salas

Carga térmica é definida como sendo a porção de calor latente e sensível que deve ser retirado de um ambiente, de modo a serem mantidas as condições de temperatura e humidade estabelecidas para as câmaras frigoríficas. O primeiro passo a ser realizado no projeto é o cálculo das cargas térmicas. Através deste cálculo podem-se avaliar as cargas térmicas de calor a retirar de cada espaço e, deste modo, proceder a uma análise das cargas mais desfavoráveis. Todos os métodos e equações de cálculo das cargas térmicas podem ser consultadas na referência (Nunes, 2014). As cargas térmicas são divididas em dois grupos:

- As cargas térmicas externas, que estão associadas às trocas de calor pela envolvente exterior do local.
- As cargas térmicas internas, que dependem do produto armazenado, equipamentos internos da câmara, ocupação, etc.

Todos os cálculos (cargas térmicas internas e externas) para o dimensionamento das câmaras de congelados e refrigerados da padaria que estão a servir de exemplo são apresentados nos subcapítulos subsequentes. As cargas das restantes câmaras e salas são calculadas e elencadas nos anexos F e G.

3.3.1. Cargas térmicas externas

3.3.1.1. Cargas térmicas através das paredes, tetos e pavimentos

Este tipo de cargas térmicas através das paredes, tetos e pavimentos depende essencialmente do diferencial de temperatura entre o ambiente externo e o interior da câmara, bem como da condutividade térmica dos elementos construtivos da câmara e da área das superfícies expostas ao diferencial de temperaturas. A equação 1 o calcula as cargas térmicas representa a taxa de transferência de calor trocada através das diferentes superfícies da câmara:

$$\dot{Q}_1 = U \times \Delta T \times A [W] \quad (1)$$

Onde:

A - Área das diferentes superfícies [m^2];

ΔT - Diferencial de temperatura entre o ambiente exterior e o interior da câmara [$^{\circ}C$];

U - Coeficiente global de transferência de calor [$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$].

O coeficiente global de transferência de calor é calculado a partir da equação 2:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2)$$

No qual:

$$R_T = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{e_a}{k_a} + \frac{e_b}{k_b} + \frac{1}{h_{int}} \quad (3)$$

Em que:

h_{ext} – Coeficiente de convecção exterior [$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$];

h_{int} – Coeficiente de convecção interior [$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$]

k_a – Condutividade térmica da parede [$W/m \cdot ^{\circ}C$];

k_b – Condutividade térmica do isolamento [$W/m \cdot ^{\circ}C$];

e_a – Espessura da parede [m];

e_b – Espessura do isolamento [m];

R_T – Resistência térmica do isolamento [$m^2 \cdot ^{\circ}C/W$].

Tendo em consideração as condições de projeto do caso de estudo, em que o ar exterior está praticamente parado, ou seja, em que a ação do vento é praticamente nula, é usado um valor de coeficiente de convecção exterior de $30 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (Centauro, 2016). Para o caso do coeficiente de convecção interior o valor habitualmente usado cifra-se no valor de $15 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, segundo a mesma fonte citada anteriormente. Estes dados encontram-se nos procedimentos de cálculo utilizados pela empresa (Centauro, 2016).

Em termos de espessuras de isolamento foram utilizados painéis com uma espessura de 150 mm na câmara de congelados e 80mm na câmara de refrigerados, como de resto já se discutiu atrás. O isolamento usado tem uma condutividade térmica de $0,022 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, segundo as características técnicas do painel isotérmico PUR. Deste modo, temos as condições necessárias para o cálculo das cargas térmicas. Com os valores necessários admitidos para o cálculo do U, as equações 4 e 5 irão determinar o coeficiente de transmissão de calor para a câmara de congelados e de refrigerados da padaria:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{câmara de Congelados}} &= \frac{1}{R_T} \rightarrow R_T = \frac{1}{30} + \frac{0,15}{0,022} + \frac{1}{15} \\
 &= 6,918 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \\
 U &= \frac{1}{6,918} = 0,145 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 U_{\text{câmara de Refrigerados}} &= \frac{1}{R_T} \rightarrow R_T = \frac{1}{30} + \frac{0,08}{0,022} + \frac{1}{15} \\
 &= 3,736 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \\
 U &= \frac{1}{3,736} = 0,268 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Igual metodologia de cálculo é utilizada para a determinação das cargas térmicas provenientes do pavimento. Para este caso optou-se pela colocação de dois painéis isotérmicos de 60 mm cada. Este tipo de colocação permite, em caso de substituição, a remoção do revestimento antiderrapante e do painel superior que é onde se localizam os maiores problemas devido a infiltrações. Deste modo, é possível economizar na substituição do painel, sem retirar o painel todo. O pavimento das câmaras de congelados necessita de vazios sanitários – caixas de ar - para evitar a congelação do solo. Então, considerando o coeficiente de transmissão térmica do ar de $0,026 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, o cálculo do U pode ser calculado como mostra a equação 6:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{Pavimento congelados}} &= \frac{1}{R_T} \rightarrow R_T = \frac{1}{30} + \frac{0,06}{0,022} + \frac{0,06}{0,022} + \frac{0,04}{0,026} + \frac{1}{15} \\
 &= 7,093 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \\
 U &= \frac{1}{7,093} = 0,141 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Calculado o valor das cargas térmicas através de todas as superfícies, na equação 7 procede-se ao somatório das mesmas e multiplicar pelo número de segundos num dia, dividindo por 1000 para apresentar o valor em kJ/dia. Quanto aos efeitos das cargas latentes nas superfícies, estes são desprezáveis, pois os isolamentos presentes no mercado possuem materiais impermeáveis à humidade.

$$\dot{Q}_1 = \sum_{i=1}^n U_i \times A_i \times \Delta T_i [\text{W}] = \left(\sum_{i=1}^n U_i \times A_i \times \Delta T_i \right) \times \frac{3600 \times 24}{1000} [\text{kJ}/\text{dia}]
 \tag{7}$$

De forma a uniformizar a espessura de painel em todas as paredes, nas tabelas 9 e 10, considerou-se que qualquer uma das paredes estaria exposta a temperatura exterior.

Tabela 9 – Cargas térmicos devido aos ganhos pela envolvente das superfícies – câmara de refrigerados da padaria

Cargas Térmicas devido aos ganhos pela envolvente – Câmara de Refrigerados Padaria				
Orientação Parede	Temp,Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m²,°C]	Q [W]
Norte	33,3	10,53	0,268	88,21
Sul	33,3	10,53		88,21
Este	33,3	9,15		76,65
Oeste	33,3	9,15		76,65
Tecto	33,3	10,71		89,68
Qtotal[W]				419,41
Qtotal[kJ/Dia]				36236,60

Tabela 10 - Cargas térmicos devido aos ganhos pela envolvente das superfícies – câmara de congelados da padaria

Cargas Térmicas devido aos ganhos pela envolvente – Câmara de Congelados Padaria				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m²,°C]	Q [W]
Norte	33,3	9,51	0,145	73,27
Sul	33,3	9,51		73,27
Este	33,3	5,1		39,29
Oeste	33,3	5,1		39,29
Tecto	33,3	5,389		41,52
Pavimento	33,3	5,389	0,141	40,50
Qtotal[W]				307,15
Qtotal[kJ/Dia]				26536,44

Durante a implementação dos painéis isotérmicos, na existência de paredes refrigeradas em contacto com outras refrigeradas, prevalecem as que têm maior espessura de painel. Por exemplo, uma parede comum entre a câmara de congelados e a de refrigerados, a parede que deve prevalecer é a do painel da câmara de congelados, como é possível verificar no anexo C.

No entanto, por uma questão de segurança e pelo facto da câmara de congelados ter vazão sanitário, devem-se ter em conta as cargas térmicas do solo.

3.3.1.2. Cargas térmicas através da renovação de ar

Este tipo de ganhos de calor consiste na renovação de uma certa porção de ar do interior da câmara, por outra quantidade de ar novo vindo do ambiente, que deverá ser arrefecido até à mesma temperatura do interior da câmara.

A equação 8 é referente ao cálculo das cargas térmicas da renovação de ar:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_2 &= \dot{m} \times (h_{\text{exterior}} - h_{\text{câmara}}) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{s}} \right] \\ &= \dot{m} \times (h_{\text{exterior}} - h_{\text{câmara}}) \times 3600 \times 24 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right] \\ &= \dot{m} \times (h_{\text{exterior}} - h_{\text{câmara}}) \times 1000 \text{ [W]} \end{aligned} \quad (8)$$

Em que:

\dot{Q}_2 – Carga térmica devido à renovação de ar [kJ/s = kW];

\dot{m} – Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara [kg/s];

h_{exterior} – Entalpia do ar exterior [kJ/kg];

$h_{\text{câmara}}$ – Entalpia do ar no interior da câmara [kJ/kg].

Na equação 9 é apresentado o cálculo do caudal mássico do ar exterior que entra na câmara:

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}_{\text{Diário}}}{v \times 86400} \quad (9)$$

Sendo que:

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (10)$$

Em que:

$\dot{V}_{Diário}$ – Caudal volúmico diário de ar exterior que entra na câmara [m^3/dia];

v – Volume específico do ar exterior [m^3/kg];

ρ – Densidade [kg/m^3].

Para o caudal volumétrico diário de ar exterior é necessário calcular a taxa de renovação de ar exterior (n). A taxa de renovação é dependente da movimentação dos produtos, máquinas e pessoas entre o exterior e o interior da câmara e do volume desta. A equação 11 é apresentado o cálculo da taxa de renovação de ar exterior:

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}} \quad (11)$$

Onde:

n – Taxa de renovação de ar exterior [adimensional];

V – Volume da câmara frigorífica [m^3].

O valor de 70 apresentado na expressão anterior é utilizado para uma movimentação normal na câmara frigorífica. Caso esta estivesse sujeita a uma movimentação mais intensiva, ter-se-ia de aumentar o valor para 100 (Nunes, 2014).

Na equação 12 é apresentado o caudal volumétrico diário de ar exterior inserido na câmara:

$$\dot{V}_{Diário} = V \times n \quad (12)$$

A partir de todos os resultados relevantes adquiridos a partir das expressões anteriores, já se pode calcular a carga térmica relativa à renovação de ar.

Tabela 11 – Dados utilizados para o cálculo da carga térmica devido à renovação do ar – Câmara de Congelados Padaria

Dados para o cálculo das cargas térmicas devido à renovação do ar – Câmara de Congelados Padaria			
Entalpia Exterior (kJ/kg)	Entalpia Interior (kJ/kg)	Massa volúmica do ar exterior (kg/m ³)	Volume do espaço a refrigerar (m ³)
67,934	-18,716	1,143	16,167

Tabela 12 - Dados utilizados para o cálculo da carga térmica devido à renovação do ar – Câmara de Refrigerados Padaria

Dados para o cálculo das cargas térmicas devido à renovação do ar – Câmara de Refrigerados Padaria			
Entalpia Exterior (kJ/kg)	Entalpia Interior (kJ/kg)	Massa volúmica do ar exterior (kg/m ³)	Volume do espaço a refrigerar (m ³)
67,934	11,32	1,143	32,117

Tabela 13 - Carga térmica devido à renovação do ar – Câmara de Congelados Padaria

Cargas Térmicas devido à renovação do ar – Câmara de Congelados Padaria				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumétrico diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[kj/Dia]
17,41	281,457	0,005	393,63	34009,6

Tabela 14 – Carga térmica devido à renovação de ar – Câmara de Refrigerados Padaria

Cargas Térmicas devido à renovação do ar – Câmara de Refrigerados Padaria				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumétrico diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[kj/Dia]
17,65	566,714	0,008	474,07	40960

De acordo com Nunes, 2014, foi considerando um valor de 70 e 100 para a taxa de renovação de ar para câmara de congelados e refrigerados respetivamente), foram determinadas as seguintes cargas térmicas, referentes à câmara de congelados e refrigerados para padaria (tabelas 13 e 14 respetivamente). Os dados utilizados para o cálculo da carga térmica devido à renovação do ar de cada um dos espaços apresenta-se nas tabelas 11 e 12, cargas térmicas devido a infiltração do ar.

Estas cargas térmicas correspondem ao ganho de calor da infiltração de ar exterior através da abertura e fecho das portas da câmara isotérmicas (porta do tipo deslizante para câmaras e porta vaivém de dupla folha para as salas), isto é, o ar exterior penetra no interior da câmara indesejavelmente, proporcionando uma carga térmica adicional para o dimensionamento da mesma.

Para o cálculo deste ganho de calor é necessário estimar a quantidade de ar que entra na câmara. A quantidade de renovação de ar depende do tipo de câmara/sala. Para qualquer tipo de câmara/sala, a renovação de ar depende de 4 tipos de abertura de portas: fraco, normal, forte e muito forte, correspondendo para cada um volume de ar trocado.

Na figura 18 apresenta-se uma tabela de renovações de ar, dependente do tipo e do serviço de câmara em causa. Este fator expressa a quantidade de trocas de ar, em metros cúbicos, por cada 24 horas. Como o volume da câmara de refrigerados é de 32,12 m³ e considerando que a abertura de portas pode ser considerada como “normal”, é possível retirar uma renovação de ar de 503m³/24h. Já para a câmara de congelados, que possui um volume de 16m³, e considerando que existe uma abertura de portas fraca (apenas nas primeiras horas

da madrugada e manhã, para fazer o pão), retira-se um valor de renovação de ar de 180 m³/24h. Para todas as câmaras o raciocínio é o mesmo.

Volume da câmara [m ³]	Câmara a temperatura superior a 0°C				Câmara a temperatura inferior a 0°C			
	SERVIÇO				SERVIÇO			
	Fraco	Normal	Forte	Muito Forte	Fraco	Normal	Forte	Muito Forte
15	216	360	540	720	176	293	439	506
16	222	370	554	740	180	300	450	600
27	284	473	709	946	224	373	559	746
28	289	482	722	964	228	381	571	762
29	295	493	740	986	235	392	587	784
300	302	503	754	1006	239	398	596	796

Câmara de Congelados Padaria
 Câmara de Refrigerados Padaria

Figura 18– Renovações de ar dependente do tipo de abertura de portas do catálogo (Centauro, 2016)

Deste modo, a equação 13 determina o fator de troca de ar (FTA), sendo apenas necessário dividir pelo volume da câmara em causa.

$$FTA (\text{trocas de ar}/24h) = \frac{\text{Quantidade de ar de renovação (m}^3/24h)}{\text{Volume da câmara (m}^3)}$$

$$FTA_{\text{Câmara de Refrigerados Padaria}} = \frac{503}{30} = 16,77 \text{ trocas de ar por dia} \quad (13)$$

$$FTA_{\text{Câmara de Congelados dos Padaria}} = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ trocas de ar por dia}$$

De seguida, é necessário procurar um valor designado por calor cedido pelo ar exterior ao entrar na câmara, estimado por intermédio da figura 19 (Centauro, 2016), do qual houve acesso a documentos dos quais não podem ser expostos, em que se relacionam as condições exteriores de projeto ($HR = 11,54\%$; $T_{ext} = 33,3^\circ\text{C}$) e a temperatura do interior da câmara ($T_{câm \text{ refrigerados padaria}} = 2^\circ\text{C}$ e $T_{câm \text{ congelados padaria}} = -20^\circ\text{C}$).

MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS
UNIDADES E TABELAS TÉCNICAS
(REFRIGERAÇÃO)

MIT 09/DIV - 01

RENOVAÇÃO DE AR EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS
Kcal/m³ a retirar para arrefecimento do ar de renovação

Temp. no Interior da câmara	TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA DO AR EXTERIOR															
	+5°C 80%	+6°C 75%	+10°C 70%	+13°C 70%	+15°C 65%	+18°C 65%	+20°C 60%	+23°C 60%	+25°C 60%	+28°C 60%	+30°C 60%	+33°C 50%	+35°C 60%	+38°C 60%	+40°C 60%	
4	-	1.7	2.6	3.9	4.9	6.7	8.3	10.8	12.7	15.5	17.7	20.8	23.4	27.2	29.8	
3	-	2.2	3.2	4.5	5.4	7.2	8.8	11.4	13.2	16.1	16.2	21.4	23.9	27.7	30.2	
2	1.2	2.7	3.7	5	5.9	7.7	9.3	11.9	13.8	16.7	18.7	22	24.5	28.3	30.9	
1.5	-	-	-	-	-	1.5	3	5.5	7.5	10.1	12	14.9	17.5	21.4	23.9	
10	-	-	-	-	1.6	3.4	4.8	7.3	9.3	11.6	14	17	19.6	23.5	25.9	
9	-	-	-	-	2.2	4	5.4	7.9	9.9	12.1	14.6	17.7	20.2	24.3	26.8	
8	-	-	-	1.7	2.8	4.6	6	8.5	10.5	12.5	15.2	18.3	20.9	24.8	27.3	
7	-	-	-	2.3	3.3	5.2	6.6	9.1	11	13.8	15.9	18.9	21.5	25.4	27.9	
6	-	-	1.4	2.9	3.9	5.7	7.2	9.7	11.6	14.4	16.5	19.6	22.2	26.1	28.6	
5	-	1.2	2	3.4	4.4	6.2	7.7	10.3	12.1	15	17.2	20.2	22.8	26.8	29.3	
18	10.3	12	13	14.5	15.5	17.8	19.6	22.2	24.1	27	29	32.2	35.1	39.4	42.3	
16	11.5	12.9	13.9	15.4	15.4	18.7	20.5	23.1	25.1	28	30	33.2	36.1	40.6	43.9	

Figura 19 - Calor cedido pelo ar exterior ao entrar na câmara (Centauro, 2016)

É de enorme importância realçar que na consulta deste tipo de tabelas há que ter em consideração que os valores das variáveis do projeto raramente se encontram tabelados. O valor da temperatura de bolbo seco e da humidade relativa não são iguais aos tabelados, mas aceitou-se por aproximação uma temperatura de 33°C e uma HR de 50%. Apesar da humidade relativa não ser próxima do selecionado, utilizou-se este valor devido ao facto de estar-se a ser mais conservativo. O facto de ser ter selecionado uma maior humidade relativa significa que existe maior quantidade de vapor água no ar, logo está-se a precaver de possíveis pontos de congelação, principalmente nas câmaras de congelação.

Como podemos constatar pela análise da figura 19, o valor do calor cedido pelo ar exterior ao entrar na câmara de refrigerados da padaria é de $22 \text{ Kcal/m}^3 = 92,05 \text{ kJ/m}^3$, segundo a tabela 15. Já para a câmara de congelados, este valor sobe para os $33,2 \text{ Kcal/m}^3 = 138,91 \text{ kJ/m}^3$, segundo a tabela 16.

Com o valor do FTA e do calor cedido procede-se ao cálculo da carga térmica na equação 14:

$$\dot{Q}_3 = V_{\text{câmara}} \times FTA \times \Delta H' \left[\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right] = \frac{V_{\text{câmara}} \times FTA \times \Delta H'}{3600 \times 24} \text{ [W]} \quad (14)$$

Em que:

\dot{Q}_3 – Carga térmica por infiltração [kJ/dia];

$V_{\text{câmara}}$ – Volume da câmara [m^3];

FTA – Fator de troca de ar [$Trocas/Dia$];

$\Delta H'$ - Calor cedido pelo ar exterior ao entrar na câmara [kJ/m^3].

Tabela 15 - Carga térmica devido à abertura de portas da câmara de refrigerados da padaria

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[kj/dia]
32,12	16,77	92,05	573,69	49566

Tabela 16 - Carga térmica devido à abertura de portas da câmara de congelados da padaria

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[kj/dia]
16,18	11,25	138,91	487,36	42107,6

3.3.2. Cargas térmicas internas

3.3.2.1. Cargas térmicas devido à iluminação

A iluminação de todos os espaços frigoríficos é um dos pontos importantes no dimensionamento das necessidades de iluminação e de economia energética. É necessário ter em conta que a distância de uma armadura à parede deverá ser metade da distância entre as armaduras, segundo a figura 20. Nesta distribuição de armaduras deve-se ter em conta a existência de vigas, pilares e estruturas de suporte de produtos. O calor libertado pelas lâmpadas será tido em conta no balanço térmico.

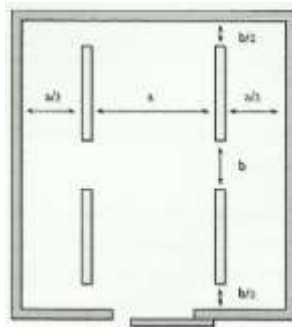


Figura 20 – Método de cálculo para a disposição de armaduras de iluminação (Cunha, 1999)

Tanto a iluminação como os motores instalados no interior de uma câmara frigorífica dissipam calor para a câmara. Assim sendo, há que ter especial atenção aos equipamentos que se elegem para o interior da câmara, tanto motores como lâmpadas para iluminação do espaço. O calor dissipado pelo sistema de iluminação depende da potência das lâmpadas

instaladas e do seu tempo de utilização. Tendo em conta o tipo de abertura de portas, considerou-se que a iluminação é inteiramente dependente desse mesmo tipo de renovação.

Por norma, existe um micro *switch*, que permitirá ligar a luz sempre que se abrir a porta. Desta forma, considerou-se que na câmara de congelados da padaria tem um tipo de renovação de ar fraco, ou seja, o tempo de porta aberta é muito curto ($\tau_{Cam\ Cong\ Padaria} = 2\ horas$). Por sua vez a câmara de refrigerados da padaria tem um serviço de abertura normal. Comparativamente com a câmara de congelados, possui um maior tempo de abertura de portas, o mesmo que o tempo do uso da iluminação ($\tau_{Cam\ Refri\ Padaria} = 8\ horas$).

Visto que as lâmpadas *LED* estão em franca expansão para quaisquer condições, decidiu-se aplicá-las para iluminação do espaço. Estas lâmpadas, embora um pouco mais caras do que as lâmpadas convencionais, são mais eficientes, gastando assim menos energia elétrica e dissipando menos calor para o ambiente, o que resulta numa poupança bastante significativa na fatura da eletricidade ao final do mês. As lâmpadas *LED* usadas são de formato tipo tubo com 120 e 60 cm de comprimento e uma potência de 36 e 18 W respetivamente. O valor da potência térmica das lâmpadas de uma forma generalizada é de $12W/m^2$, sendo este o valor utilizado na equação 15. Cada câmara terá uma armadura de 2 x 18W ou 2 x 36W, dependendo da sua área.

$$\dot{Q}_4 = P_{iluminação} \times A \times \tau [W] = \frac{P_{iluminação} \times A \times \tau \times 3600 \times 24}{1000} \left[\frac{kJ}{dia} \right] \quad (15)$$

Em que:

\dot{Q}_4 – Carga térmica através da iluminação [W];

$P_{iluminação}$ – Potência da lâmpada instalada [W/m^2];

A – Área de teto da câmara [m^2];

τ – Tempo em que as lâmpadas estão acesas por dia [h/dia].

O cálculo da carga térmica através da iluminação é obtido através da seguinte expressão e os seus resultados apresentados nas tabelas 17 e 18:

Tabela 17 - Carga térmica devida à iluminação – Câmara de refrigerados da padaria

Carga térmica devida à iluminação – Câmara de Refrigerados Padaria					
Potência de cada uma das lâmpadas fluorescentes selecionada [W]	Tempo de utilização [h]	Potência necessária (W)	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [kJ/Dia]
36	6	64	2	432	37324,6

Tabela 18 - Carga térmica devida à iluminação – Câmara de congelados da padaria

Carga térmica devida à iluminação – Câmara de Congelados Padaria					
Potência de cada uma das lâmpadas fluorescentes selecionada [W]	Tempo de utilização [h]	Potência necessária (W)	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [kJ/Dia]
36	2	32	2	144	12441,6

3.3.2.2. Cargas térmicas devido aos operadores

Para os casos em que existem operadores a trabalharem nos interiores das câmaras, estes também devem fazer parte do cálculo dos ganhos de calor. Há que ter em atenção que, quanto maior a temperatura no interior da câmara, menor é a carga térmica relativa ao operador no espaço, como é possível verificar na figura 21. O calor gerado pelos operadores depende principalmente da atividade que praticam no interior da câmara, do tipo de vestuário e, sobretudo, da temperatura da câmara. Este calor é sensível. O calor latente não foi utilizado para o cálculo pois este praticamente não tem expressão quando comparado com o calor sensível. A equação 16 servirá para calcular a carga térmica das pessoas, desta forma:

$$\dot{Q}_5 = n \times q \times \tau [W] = \frac{n \times q \times \tau \times 3600 \times 24}{1000} \left[\frac{kJ}{dia} \right] \quad (16)$$

Onde:

q – Calor libertado por cada pessoa [W];

τ – Tempo de permanência das pessoas na câmara [h/dia];

n – Número de pessoas na câmara.

Calor dissipado por pessoas a trabalhar no espaço refrigerado - Factor CP		
Temperatura na câmara	W	Kcal/h
+10	209,30	180
+5	239,53	206
0	269,77	232
-5	300	258
-10	330,23	284
-15	360,47	310
-20	390,70	336
-25	418,60	360

Figura 21 – Calor dissipado por pessoa dependendo da temperatura de conservação do local refrigerado, através do catálogo (Centauro, 2016)

Para as câmaras de padaria que estão a servir de exemplo, o tempo de permanência dos operadores é, em média, de 6 horas para a câmara de refrigerados e de 2 horas para a câmara de congelados. Esta diferença deve-se ao facto de os produtos congelados da padaria serem usados praticamente antes da abertura de loja, onde se encontram massas de pão e bolos prontos. Já a câmara refrigerada da padaria contém massas desses produtos em descanso. São apresentadas nas tabelas 19 e 20 as cargas térmicas devido aos operadores calculadas para cada uma das câmaras.

Tabela 19 - Carga térmica devido aos operadores – Câmara de refrigerados da padaria

Carga térmica devido aos operadores – Câmara de Refrigerados Padaria				
Horas	nº pessoas	Calor dissipado pessoa (W)	Q[W]	Q[kJ/dia]
6	1	257,67	1546,04	133578,20

Tabela 20 - Carga térmica devido aos operadores – Câmara de congelados da padaria

Carga térmica devido aos operadores – Câmara de Congelados Padaria				
Horas	nº pessoas	Calor dissipado pessoa [W]	Q[W]	Q[kJ/dia]
2	1	390,7	781,40	67512,96

3.3.2.3. Cargas térmicas devido às empilhadoras

Neste ponto apenas é aplicado o cálculo nos locais climatizados onde exista uma empilhadora a trabalhar dentro de um espaço climatizado. Nas câmaras de padaria não existe a necessidade da entrada de empilhadoras, pois há outros meios de transporte (*combis*) que se adequam às dimensões das portas das câmaras. No entanto, é necessário o seu uso na zona do *Buffer*, onde é recebido todo o tipo de produtos perecíveis ou não perecíveis. Será considerado um nº de horas de uso por dia, em que a potência da empilhadora será de 6 kW (anexo D). Assim, na equação 17 é obtida a carga térmica do funcionamento da empilhadora no interior da câmara:

$$\dot{Q}_6 = n \times P \times t [W] \frac{n \times P \times \frac{t}{24} \times 3600 \times 24}{1000} \left[\frac{kJ}{dia} \right] \quad (17)$$

Em que:

- \dot{Q}_6 – Carga térmica devido à empilhadora [W];
- n – Número de empilhadores;
- P – Potência do empilhador [W];

- t – Tempo de funcionamento da empilhadora [h/dia].

3.3.2.4. Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto

Alguns produtos, como os de origem animal ou vegetal encontram-se, na maioria das vezes, a uma temperatura de entrada superior à temperatura da câmara. Desta forma, o produto ainda liberta uma determinada quantidade de calor até que seja encontrado o equilíbrio de temperaturas. Para a equação 18 é calculada carga térmica devido à temperatura de entrada do produto (dependendo se se trata de um produto congelado ou refrigerado):

$$\begin{aligned} \dot{Q}_7 &= m_{diária\ de\ produto} \times c_p \times (T_{entrada} - T_{câmara}) [kJ/dia] \\ \dot{Q}_7 &= \frac{m_{diária\ de\ produto} \times c_p \times (T_{entrada} - T_{câmara})}{\frac{3600 \times 24}{1000}} [W] \end{aligned} \quad (18)$$

Em que:

\dot{Q}_7 – Carga térmica devido à temperatura de entrada do produto [kJ/dia];

m – Massa de produto que entra diariamente na câmara [kg];

c_p – Calor específico do produto abaixo/acima da temperatura de congelação [kJ/kg. °C];

$T_{entrada}$ – Temperatura de entrada do produto na câmara [°C];

$T_{câmara}$ – Temperatura da câmara frigorífica [°C].

Para o cálculo da carga térmica devido à temperatura de entrada do produto é necessário ter em conta a massa de produto que entra diariamente. Segundo a tabela 21, é escolhido o tipo de densidade da carga dependendo do tipo de produto a conservar. A título de exemplo, qualquer uma das câmaras de padaria terão uma densidade de carga considerada como normal, devido ao seu baixo peso, quando comparado com carne ou peixe.

Tabela 21 - Densidade de carga dos locais a refrigerar (Centaurus, 2016)

Densidade de carga (Kg/m ³)			
Fraco	Normal	Alto	Muito alto
200	250	400	450

Para determinar a massa de produto armazenada é considerado uma capacidade máxima de 70% do volume da câmara, segundo a equação 19:

$$m_{total\ de\ produto} = 0,70 \times \rho \times V$$

$$m_{total\ de\ produto\ cam.\ refri\ padaria} = 0,70 \times 250 \times 32,12 = 5602,39\ kg \quad (19)$$

$$m_{total\ de\ produto\ cam.\ cong.\ padaria} = 0,70 \times 250 \times 16,17 = 2829,23\ kg$$

Em que:

V – Volume da câmara [m^3];

m – Massa do produto no interior da câmara [kg].

ρ – Densidade de carga [m^3/kg]

Para que os cálculos das cargas térmicas referentes à temperatura de entrada do produto sejam realizados corretamente terá que se calcular a entrada de massa diária de produto e, desta forma, a equação 20 permite calcular a carga térmica resultante dos 10% do volume total de produto que entra diariamente.

$$m_{diária\ de\ produto} = m_{total\ de\ produto} \times 0,10$$

$$m_{diária\ de\ produto\ câm.\ refri.\ padaria} = 5602,39 \times 0,10 = 560,24\ kg \quad (20)$$

$$m_{diária\ de\ produto\ câm.\ cong.\ padaria} = 2829,23 \times 0,10 = 282,92\ kg$$

Tabela 22 - Carga térmica devida à entrada de produtos: Câmara de refrigerados da padaria

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto – Câmara de Refrigerados da Padaria				
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da câmara[kg]	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[kJ/Dia]
3,138	5620,39	562,04	204,13	17636,78

Tabela 23 - Carga térmica devida à entrada de produtos: Câmara de congelados da padaria

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto – Câmara de Congelados da Padaria				
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da câmara[kg]	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[kJ/Dia]
1,715	2829,23	282,92	179,75	15530,77

Nas tabelas 22 e 23 são apresentados os resultados das cargas térmicas deste ponto, para as câmaras de refrigerados e congelados da padaria, sendo que o calor específico do produto se encontra a seleção no anexo F.

3.3.2.5. Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados

A carga térmica devido à respiração dos produtos armazenados é a que corresponde à maior percentagem das cargas térmicas totais. A respiração é o principal processo envolvido na fisiologia das hortaliças e frutas depois de colhidas. Por isso é importante garantir temperaturas baixas de conservação, permitem aumentar a vida útil e reduzir as reações metabólicas da fruta e legumes (Cunha, 1999).

Esta carga representa o calor libertado na câmara resultante da respiração das frutas e dos vegetais frescos. Este calor libertado depende da temperatura a que o produto esteja sujeito. Assim, quanto mais frio se encontra o produto, menos calor liberta. Na equação 21 é possível calcular a respetiva carga térmica de que trata neste tópico:

$$\dot{Q}_8 = m \times C$$
$$C = \frac{c \times 4,187}{3600 \times 24} \quad (21)$$

Em que:

m – Massa do produto no interior da câmara [kg];

C – Calor de respiração [W/kg];

c – Calor de respiração [Kcal/ton].

O calor de respiração foi retirado da referência (Centauro, 2016), do qual houve acesso a documentos dos quais não podem ser expostos, apenas o valor para a câmara de fruta e legumes (figura 22). É utilizado o produto com maior calor de respiração a 0°C (para o pior caso), tendo em conta a temperatura ideal de conservação dos mesmos.

* Produto	Calor de respiração	
	0°C	15°C
	[Kcal/ton/24h]	
Crustáceos	0	0
Damasco	0	0
Enchidos frescos	0	0
Enchidos fumeiro	0	0
Enchidos secos	0	0
Ervilha	2000	10000
Espargo	2000	10000
Espinagre	1200	4000

Figura 22 – Seleção do produto com maior calor específico e com calor de respiração dos produtos (Centauro, 2016)

Através da figura 22, e fazendo rapidamente uma interpolação linear para saber qual é o calor de respiração do produto em relação à temperatura de armazenamento do mesmo, obtém-se um valor 3066,67 Kcal/ton/dia para o caso dos espargos, à temperatura de 2°C da câmara de fruta e legumes.

Para o caso de estudo (câmaras de padaria) não é necessário efetuar este cálculo, pois não existe respiração por parte dos produtos armazenados nestas câmaras.

3.3.3. Carga térmica total

Na equação 22 e 23 é efetuado carga térmica total é a soma de todos os ganhos de calor que a câmara sofre na situação mais crítica do funcionamento da instalação, tal como apresentado nas tabelas 24 e 25. Todas as cargas térmicas podem ser consultadas no anexo D e E.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_T \text{ Câmara Refrigerados padaria} \\ = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4 + \dot{Q}_5 + \dot{Q}_6 + \dot{Q}_7 + \dot{Q}_8) \times 1000 \text{ [kW]} \end{aligned} \quad (22)$$

Onde:

\dot{Q}_1 – Carga térmica devido aos ganhos pela envolvente [W]

\dot{Q}_2 – Carga térmica devido à renovação do ar [W]

\dot{Q}_3 – Carga térmica devido à abertura de portas [W]

\dot{Q}_4 – Carga térmica devida à iluminação [W]

\dot{Q}_5 – Carga térmica devido aos operadores [W]

\dot{Q}_6 – Carga térmica devido às empilhadoras [W]

\dot{Q}_7 – Carga térmica devido à temperatura de entrada do produto [W]

\dot{Q}_8 – Carga térmica devido à respiração dos produtos armazenados [W]

Tabela 24 - Cargas térmicas totais – Câmara de refrigerados da padaria

Cargas térmicas totais									
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]
419,41	474,07	573,69	432,00	1546,04	0,00	204,52	0,00	3649,34	3,65

$$\begin{aligned} \dot{Q}_T \text{ Câmara Congelados padaria} = \\ = (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4 + \dot{Q}_5 + \dot{Q}_6 + \dot{Q}_7 + \dot{Q}_8) \times 1000 \text{ [kW]} \end{aligned} \quad (23)$$

Tabela 25 - Cargas térmicas totais – Câmara de congelados da padaria

Cargas térmicas totais									
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]
307,13	393,63	487361	32,33	781,40	0,00	179,75	0,00	2181,61	2,18

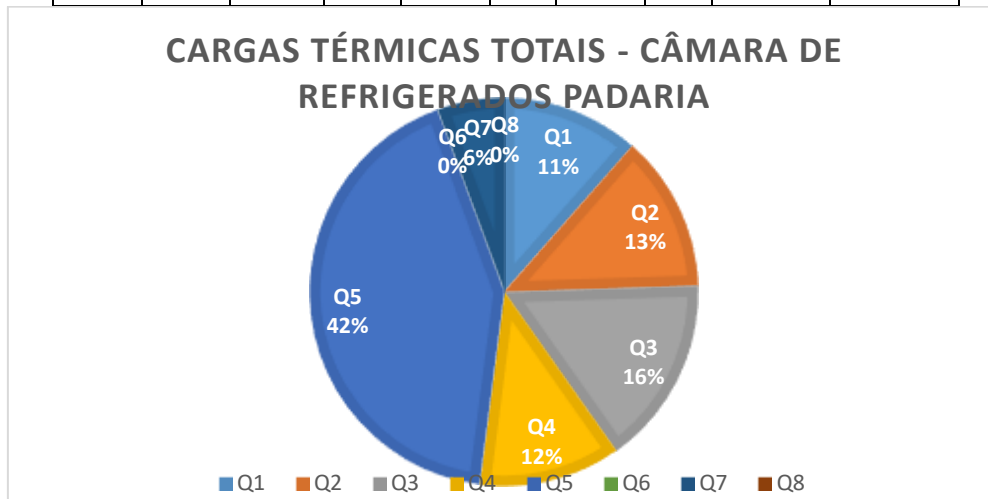


Gráfico 6 – Cargas térmicas totais – Câmara de refrigerados da padaria

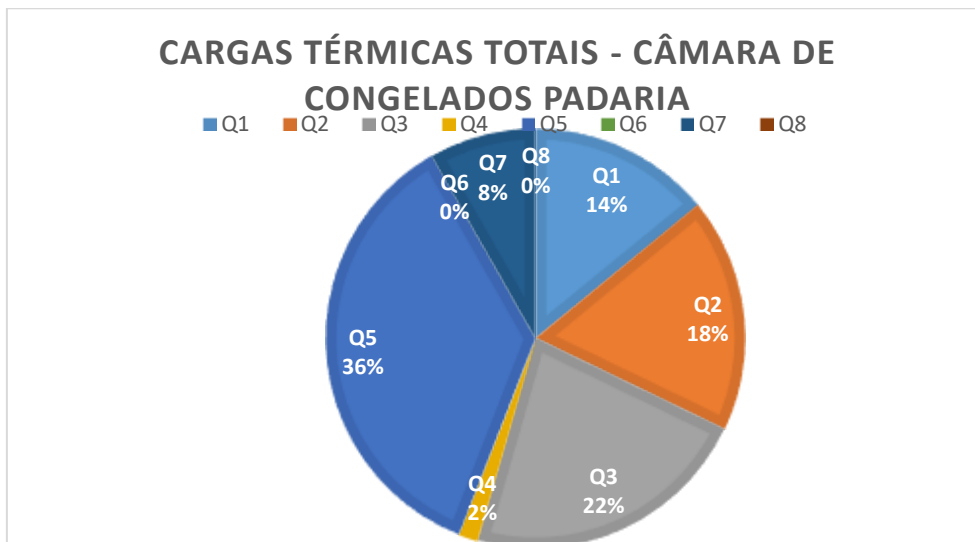


Gráfico 7 – Cargas térmicas totais – Câmara de congelados da padaria

Com o resultado das cargas térmicas totais, fica-se a conhecer a potência que terá de ser removida pela instalação frigorífica por parte de cada uma das câmaras. Nos gráficos 6 e 7 são apresentadas as cargas térmicas internas e externas distribuídas por cada uma das câmaras de congelação e de refrigeração da padaria.

Os gráficos 6 e 7 revelam que as maiores cargas térmicas existentes se devem à ocupação nas câmaras. Apesar de existir um menor tempo de ocupação na câmara de congelados, o calor libertado por uma pessoa nesta câmara é muito maior do que o calor libertado por uma pessoa numa câmara de refrigerados, devido à diferença de temperaturas maiores.

A segunda maior carga térmica detetada para a câmara de refrigerados foi a iluminação, resultado de uma maior ocupação, o que significa um maior tempo de abertura de portas e como consequência maior presença de iluminação. Já na câmara de congelados a iluminação não foi a segunda maior causa de carga térmica.

Por fim, de forma a que a instalação frigorífica não fique com um dimensionamento demasiado limitado, é aconselhado, pelo fornecedor, um acréscimo de 10 a 15% da potência frigorífica. Aplicando o fator de segurança referenciado anteriormente, é possível através da equação 24, obter carga térmica total corrigida.

$$\dot{Q}_{T\text{corrigida}} = \dot{Q}_T \times 1,10 \quad (24)$$

Desta forma, pela equação 25 é possível calcular a carga térmica corrigidas para as câmaras que servem de exemplo.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{T\text{ corrigida Câmara Refrigerados padaria}} &= 3,65 \times 1,10 = 4,02 \text{ kW} \\ \dot{Q}_{T\text{ corrigida Câmara Congelados padaria}} &= 2,18 \times 1,10 = 2,40 \text{ kW} \end{aligned} \quad (25)$$

3.4. Dimensionamento dos evaporadores

Depois de determinadas as cargas térmicas, chegou o momento de dimensionar os evaporadores. As cargas térmicas totais indicam a quantidade de calor libertada por dia e, por isso, o evaporador irá ser dimensionado para compensar esta quantidade de calor libertada. Os evaporadores necessários para o dimensionamento dos mais diferentes espaços serão da marca **Centauro** e dos modelos expostos na tabela 26.

Tabela 26 – Modelos dos evaporadores selecionados para os mais variados espaços a refrigerar (Centauro, 2016)

Evaporadores Centauro	
Evaporador redondo – Gama ERK	Salas Refrigeradas
Evaporador de duplo fluxo – Gama CBK	Salas Refrigeradas, corredores refrigerados
Evaporador de duplo fluxo – Gama CBN	Câmaras Refrigeradas de longo comprimento
Evaporador estático - ETC	Câmara de Peixaria
Evaporador de cubico – MT e DD	Câmaras Refrigeradas e Congeladas
Evaporador de baixo perfil - RWK	Câmaras Refrigeradas

Inicialmente foi feito o dimensionamento dos evaporadores pelo *software CalCam-Quiron* by Centauro. Porém, devido a alguns problemas no seu dimensionamento deixou-se de parte esta solução. Esses problemas são relatados no anexo F.

Por isso, não foi considerado este método de cálculo, mas sim um outro que passa por calcular a capacidade corrigida do diferencial de temperatura, de acordo com o catálogo do fabricante *Centauro*. Ainda antes de seguir o método abordado, foi necessário saber que tipo de evaporadores serão os mais úteis aos espaços, dependendo dos seguintes critérios:

- Tipo de evaporador (tabela 26);
- Espaçamento de alhetas (tabela 27);

Tabela 27 – Tipo de espaçamento entre alhetas possíveis para os espaços a refrigerar (*Centauro, 2016*)

Espaçamento de alhetas (mm)	Espaço a refrigerar
3,2 a 4,2	Salas de refrigeração
4,2 a 6,3	Câmaras de refrigeradas
6,3	Câmaras de congelados

Dependendo do tipo de evaporador, este será dimensionado segundo:

- \dot{Q}_T corrigida - Potência frigorífica (kW);
- ΔT - Diferencial entre a temperatura de evaporação e a temperatura de conservação (K);
- Tipo de fluido frigorigéneo;

Para tal, é necessário saber que tipo de evaporador será mais útil. No caso da câmara de refrigerados da padaria, seguindo os critérios anteriormente estipulados, é possível definir o evaporador da seguinte forma:

- Tipo de evaporador – baixo perfil (baixo comprimento);
- Espaçamento de alhetas – 4,2 mm;
- \dot{Q}_T corrigida Câmara Refrigerados padaria = 4,02 kW
- R-744;

Como se pode verificar na figura 23, este modelo é utilizado em câmaras de refrigerados e não para congelados. Para que seja selecionado o evaporador pela figura 22, é necessário escolher QSm (capacidade para seleção) igual ou superior à capacidade frigorífica corrigida anteriormente calculada para a câmara de refrigerados da padaria. Desta forma, foi selecionado o evaporador **RWK 4A2/40**, sendo ainda necessário verificar:

- a projeção do ar do equipamento preconizado é adequada ao comprimento da câmara.
- cálculo da capacidade corrigida do evaporador selecionado;

Pela figura 23 é possível verificar que a projeção máxima de ar é de 10 metros, o que é mais do que suficiente para o comprimento do espaço em causa (3,51 metros).

Modelo / Type	Capacidade QSm (DT=2°C / DTm=8K)	Capacidade QSm (DT=10°C / DTm=10K)	Superfície Evaporador	Volume interno (Normal Volume)	N.º de Circuitos	Diâmetro do Tubo (mm)	Capacidade de Ar (m³/h)	Projeção de Ar (m)
RWK 4A120	2,04	-	6,76	1,06	1	306	868	10
RWK 4A124	2,38	-	8,45	1,33	1	306	888	10
RWK 4A127	2,71	-	10,14	1,60	1	306	908	10
RWK 4A129	2,85	-	11,83	1,88	1	306	928	10
RWK 4A246	4,39	-	13,52	2,13	2	306	1900	10
RWK 4A249	4,88	-	16,93	2,68	2	306	1780	10
RWK 4A251	5,33	-	20,38	3,18	2	306	1880	10

Figura 23 – Capacidade frigorífica para determinadas condições para o modelo selecionado pelo catálogo – câmara de refrigerados padaria. (Centauro, 2016)

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	16h
Tipo de uso / Usage	Normal

Figura 24 – Dados de cálculo utilizado para a capacidade frigorífica apresentada proveniente do catálogo (Centauro, 2016)

O valor QSm retirado na figura 23, corresponde à capacidade para uma temperatura de 2°C e uma diferença de temperatura média entre o diferencial de temperatura à entrada do evaporador em bolbo seco e o diferencial de temperatura à saída do evaporador em bolbo seco (DTm) de 8K, indicado pelo fabricante. Na tabela 28 são apresentados os valores de DTm recomendados para todos os tipos de câmaras/salas de conservação, pelo fabricante dos evaporadores.

Tabela 28 – DTm indicados pelo fornecedor, para os evaporadores a aplicar nos mais diferentes espaços (Centauro, 2016)

Espaço a refrigerar	Temp. de Conservação (°C)	DTm (K)	Acessórios
Câmara de Lactínios Camara de Take-away Câmara de Fruta e Legumes Câmara de Charcutaria	2	6	-
Câmara de Aves Câmara de Talho Câmara de Ossos	0 a 2	6	Resistências de descongelamento
Câmara de Peixe	2	10	Resistências de descongelamento e pára-pingos
Câmara de Bacalhau	2	6	Controlo de Humidade
Câmara da Padaria	2	6	Controlo de Humidade
Câmara de Congelados	-18 a -20	6	Resistências de descongelamento
Salas de Preparação e armazenamento	10 a 12	10	

De acordo com a tabela 28, a câmara de refrigerados de padaria, em que o gás usado será o R-744, o DTm recomendado é de 6K. Desta forma, torna-se necessário proceder à correção do valor tabelado (para um TC=2°C e DTm=6K) utilizando para tal a equação 26:

$$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RC_m \times FC1_{MP} \times FC2 = 4,06 \times 0,741 \times 1,00 \times 1,03 = 3,10 \text{ kW} \quad (26)$$

Em que:

Q_{0m} - Capacidade corrigida em DTm;

Q_{Sm} - Capacidade para seleção em DTm;

RC_m – Fator de correção para dados em DTm;

$FC1_{MP}$ – Fator de correção do fluido refrigerante (ponto médio).

$FC2$ – Fator de correção do material das alhetas

Todos os fatores de correção RC_m , $FC1_{MP}$ e $FC2$ foram obtidos das figuras 25, 26 e 27 respetivamente.

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

Figura 25 – Fator de correção dependendo do DTm – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo (Centaurus, 2016)

FC1 _{MP}	R404A R744	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	0,94	1,01	0,95	0,99

Figura 26 – Fator de correção do fluido frigorígeno usado – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo (Centaurus, 2016)

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

Figura 27 – Fator de correção da tubagem utilizada – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo (Centaurus, 2016)

Então o evaporador necessário será um **RWK/E 4A2/40 + BR** (bateria de resistências, utilizado de modo a baixar humidade relativa do ar quando esta ultrapassa os parâmetros). Esta bateria de resistências funciona para reaquecer o ar, antes de entrar no evaporador e baixar a humidade relativa do mesmo. O ar antes de entrar no evaporador, é ligeiramente aquecido, de modo a “secar” o ar, ou seja, baixar a quantidade de vapor, antes de entrar no evaporador. De seguida, é arrefecido o ar até à temperatura desejada. O resultado é que o ar

à temperatura pretendida tem uma humidade relativa mais baixa. Desta forma é possível não deixar humidificar todos os produtos da padaria, evitando alterações nas suas características. Por fim, letra “E” não é mais que uma resistência elétrica, que o fornecedor recomenda a aplicar a todos espaços com uma temperatura igual ou inferior a 0°C.

Já para a câmara de congelados da padaria, é necessário saber que tipo de evaporador será mais útil, seguindo os seguintes critérios:

- Tipo de evaporador – cubico (baixo comprimento);
- Espaçamento de alhetas – igual ou superior a 6,2 mm;
- $\dot{Q}_T \text{ corrigida Câmara Refrigerados padaria} = 2,40 \text{ kW}$
- R-744;

Como se pode visualizar pela figura 28, este modelo é o indicado para câmaras de congelados. Por isso, é possível retirar o valor da capacidade (capacidade para seleção) igual ou superior à capacidade frigorífica corrigida anteriormente calculada para a câmara de congelados da padaria. Desta forma, foi selecionado o evaporador DD 7C1/3, sendo ainda necessário verificar:

- a projeção do ar do equipamento indicado é adequada ao comprimento da câmara.

cálculo da capacidade corrigida do evaporador selecionado;

Pela figura 28 é possível verificar que a projeção máxima de ar é de 16 metros, o que é mais do que suficiente para o comprimento do espaço em causa (3,17 metros).

O valor Q_{Sm} retirado na figura 28, corresponde à capacidade para uma temperatura de +2°C e um DT_m de 8K indicado pelo fabricante. Para a câmara de refrigerados de padaria, segundo a tabela 28 onde o gás usado será o R-744 e o DT_m usado é de 6K e uma temperatura de conservação de -20°C, logo a capacidade corrigida calcula-se segundo a equação 27.

$$\begin{aligned} Q_{om} &= Q_{Sm} \times RC_m \times FC1_{MP} \times FC2 = 3,07 \times 0,583 \times 1,00 \times 1,03 \\ &= 1,84 \text{ kW} \end{aligned} \quad (27)$$

Modelo Type	Capacidade C0m Capacity C0m (TC=+2°C / DTm=8K)	Capacidade C0m Capacity C0m (TC=-18°C / DTm=8K)	Superfície Surface	Volume Interno Internal Volume	Nº. Nr.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Projeção ar Air throw
	kW	kW						
DD 7C1/2	2,34	1,42	7,82	3,25	1	300	1350	12
DD 7C1/3	3,07	1,85	12,51	5,20	1	300	1250	12
DD 7E1/4	3,62	2,19	11,17	3,60	1	350	1940	16
DD 7C2/5	5,17	3,13	18,77	6,92	2	300	2600	12
DD 7C2/6	6,00	3,64	25,02	8,10	2	300	2500	12
DD 7E2/7	7,11	4,31	22,34	7,20	2	350	3880	16
DD 7E2/8	8,48	5,14	29,79	9,60	2	350	3500	16
DD 7C3/9	9,30	5,63	37,53	13,26	3	300	3750	12

Figura 28 – Capacidade frigorífica para determinadas condições para o modelo selecionado – câmara de congelados da padaria, proveniente do catálogo (Centauro, 2016)

RCm	TC [°C]	DTm [K]						
		10	9	8	7	6	5	4
	+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

Figura 29 - Fator de correção dependendo do DTm, proveniente do catálogo da Centauro – Câmara de congelados da padaria (Centauro, 2016)

Todos os fatores de correção RC_m , $FC1_{MP}$ e $FC2$ foram considerados segundo a figura 29, 30 e 31 respetivamente.

FC1 _{MP}	R404A R744	R134a	R407C	R407A R407F	R448A R449A
	1,00	0,94	1,01	0,95	0,99

Figura 30 – Fator de correção do fluido frigorígeno usado – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo da Centauro (Centauro, 2016)

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

Figura 31 – Fator de correção da tubagem utilizada – Câmara de refrigerados padaria proveniente do catálogo da Centauro (Centauro, 2016)

O cálculo para os outros espaços fez-se de igual modo. Na tabela 29 é apresentado o quadro resumo dos evaporadores selecionados.

Assim sendo, o evaporador necessário será um DD/E 7C1/3 CO₂ + RG (Resistência de gola). A resistência de gola é usada em arrefecimento a baixas temperaturas, abaixo dos -15 °C.

Este tipo de resistência colocada impede que água solidifique no bocal do ventilador depois da descongelação da bateria, como é possível verificar na figura 32. Impede o gelo de bloquear as pás do ventilador quando esses forem ligados, assegurando maior longevidade das pás e do motor.

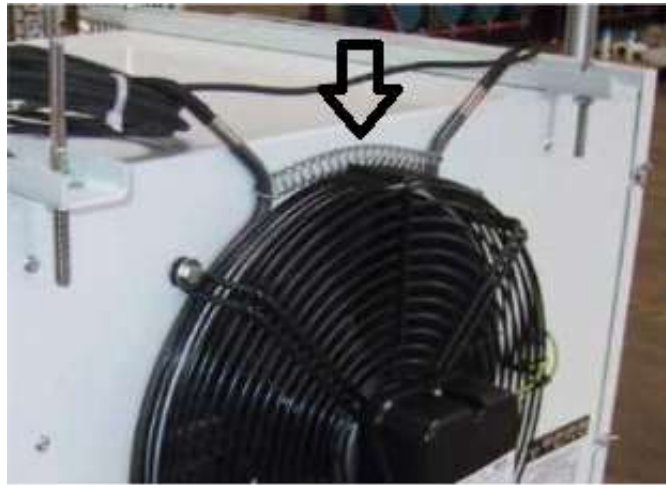


Figura 32 – Evaporador com resistência de gola em volta do ventilador (Centauro, 2016)

Tabela 29 - Quadro resumo dos evaporadores selecionados para os espaços a refrigerar

Evaporadores das Câmaras/Salas	Área	Volum e	Evaporador	Uni .	Pot. Frig. (kW)	Pot. Frig. Instala da (kW)	Pos .
Câmara Refrigerados – Padaria	10,71	32,12	RWK/E 4A2/40 CO2 + BR	1	3,65	4,01	CRO1
Câmara Refrigerados - Take Away	5,41	16,24	RWK/E 4A1/27 CO2	1	2,20	2,42	CRO2
Câmara Refrigerados – Aves 1	4,97	14,92	RWK/E 4A1/27 CO2	1	2,26	2,49	CRO3
Câmara Refrigerados - Fruta e Legumes	15,86	47,57	MT 4E1/5 CO2	1	4,37	4,81	CRO4
Câmara Refrigerados - Peixe e Gelo	12,27	36,82	22 ECT/E 30 CO2	1	4,08	4,49	CRO5
Câmara Refrigerados - Lactícínios	20,24	61,90	MT 4C2/8 CO2	1	6,66	7,33	CRO6
Câmara Refrigerados - Bacalhau	9,34	28,01	RWK/E 4A2/40 CO2 + BR	1	3,27	3,60	CRO7
Câmara Refrigerados – Aves 2	10,38	31,13	RWK/E 4A2/40 CO2	1	3,66	4,02	CRO8
Câmara Refrigerados – Talho	22,27	66,80	CBN/E 4B2/7 CO2	1	6,13	6,74	CRO9
Sala refrigerada - Fruta e Legumes	16,00	48,01	CBK 4B1/4R CO2	1	2,71	2,98	SRO1
Sala refrigerada - Take Away	20,74	62,22	CBK 4B2/2R CO2	1	3,65	4,01	SRO2
Sala Refrigerada – Lixo	17,36	52,07	CBK 4B1/3 CO2	1	2,92	3,21	SRO3
Sala refrigerada – Peixaria	7,37	22,11	CBK 4B1/2R CO2	1	2,59	2,85	SRO4
Sala refrigerada – Talho	42,40	127,20	2x CBK 4B2/6R CO2 + BR	2	10,00	11,00	SRO5
Corredor 1	67,80	203,40	CBK 4B4/12R=2x CBK 4B2/6R CO2	2	10,34	11,38	SCO1
Corredor 2	32,50	97,50	CBK 3F1/7R=2xCBK 4B2/4R CO2	2	6,54	7,20	SCO2
Buffer	49,00	245,00	CBK 4B4/14 CO2	1	13,15	14,46	SCO3
Congelados – Padaria	5,39	16,17	DD/E 7C1/3 CO2 + RG	1	2,18	2,40	CCO1
Congelados OPLS	21,61	64,82	DD/E 7C2/5 CO2 + RG	1	4,72	5,19	CCO2

O sigla “E” significa que existem resistências de descongelação, de modo a retirar o gelo acumulado quando programado ou quando for necessário, mas sempre de forma controlada.

3.5. Dimensionamento do monobloco

Este não é mais que um evaporador que pode ser compacto ou partido, a colocar na câmara de congelados de reserva. Isto significa que a unidade de condensação pode estar integrada no conjunto (compacto) ou pode estar à distância (partido). O monobloco compacto pode ser de tecto (com unidade de condensação por cima) ou pode ser de parede (com unidade de condensação no exterior da câmara).

Segundo as cargas térmicas determinadas para a câmara de congelados de reserva (ver anexo D), existe uma grande quantidade de calor a retirar do espaço. Este espaço é utilizado quando existe manutenção ou problemas nas câmaras de congelados, pois a central é a mesma para todas as câmaras e salas. Nesta câmara será diferente, pois terá uma unidade de condensação exterior que depende somente do evaporador de parede colocado nela. Para dimensionar o monobloco será escolhido o da marca ZANNOTTI, partido, a 10 metros de distância máxima entre as unidades, própria para congelados. O monobloco mais indicado para congelados será um o modelo **DBS** (figura 33), pois tem um monobloco cubico, com alhetas mais espaçadas que as outras oferecem.

DBS
partido Suelo
Axial
R404A - R134A - R449A




-20°
BAIXA
R404A

Modelo	-20°C		HP	Voltagem	Consumo (Kwh)	Carga Gas (Kg)	Caudal (m³/h)		Potência Desc.	Niv. Sonoro (dB)
	Watt	m²					CND	ESP		
BOB121NS611F	720	4,8	3/4	230V1	0,6	1,5	750	600	0,55	38
BOB121TS611F	917	6	1	230V1	0,7	1,5	750	600	0,55	38
BOB123TS611F	1.234	9	1,2	230V1	0,9	1,5	750	600	0,55	38
BOB221NS611F	1.425	12	1,2	230V1	1,0	2,0	1.400	1.200	0,90	39
BOB221TS610F	1.681	15	1,7	230V1	1,3	2,0	1.400	1.200	0,90	37
BOB221TS600F	1.681	15	1,7	400V3	1,3	2,0	1.400	1.200	0,90	37
BOB13SNS600F	2.102	23	2	400V3	2,3	2,7	1.500	1.800	1,40	41
BOB13ST5600F	2.453	30	3	400V3	1,9	2,7	1.500	1.800	1,40	41
BOB14ONS970F	2.888	39	3	400V3	2,3	5,2	3.150	2.300	1,40	42
BOB14OTS970F	3.315	49	4	400V3	3,0	7,1	3.150	2.300	1,40	42
BOB23SNS394F	4.302	73	5	400V3	4,1	8,5	3.100	4.600	3,10	36
BOB23ST5394F	4.838	86	6	400V3	5,5	10,0	3.100	4.600	3,10	37
BOB33SNS394F	6.014	118	7,5	400V3	6,1	10,0	7.000	6.800	4,10	40

Figura 33 – Seleção do modelo do monobloco (Zanotti, 2016)

Segundo a figura 33, a câmara de congelados de reserva com cerca de 19 m³, necessita de um monobloco que esteja sobredimensionado, devido entrada e saída de pessoas, bem como à iluminação quando está em uso a câmara e, nesse caso, o modelo selecionado foi o **BOB140NS970F**, preparado para um espaço com um volume máximo de 39 m³, com uma capacidade de arrefecimento de 2.89 kW, o que não compromete as necessidades de arrefecimento calculadas para o local (2.86 kW).



Figura 34 - Dados de cálculo utilizado para a capacidade frigorífica do monobloco (Zanotti, 2016)

Este monobloco está preparado para as condições de funcionamento apresentada na figura 34. Para considerar que a temperatura de condensação deve ser igual à da central (como se irá ver no dimensionamento da central), segundo a equação 28, é necessário corrigir o volume ou a potência frigorífica para fazer um novo cálculo para a temperatura de condensação pretendida (45°C):

$$P_{+45} = 0,85 \times P_{+35} = 0,85 \times 2,86 = 2,43 \text{ kW} \quad (28)$$

Por fim, será necessário corrigir o valor do fluido frigorigéneo a usar, pois pretende-se usar um gás mais amigo do ambiente: R-449a. Este gás é um *retrofit* do R-404a, que não é prejudicial para a camada do ozono e tem um baixo impacto para o aquecimento global, permitindo uma economia de energia entre os 8 e os 12%, quando comparado com o R-404a. Devido ao uso do R-449a é necessário ter em conta uma perda de potência de 5 % por kg, segundo o catálogo da ZANOTTI. Portanto, se este modelo necessita de 2,7 kg de fluido frigorigéneo, então terá cerca de 15% de perda de potência e a potência corrigida será calculado segundo a equação 29:

$$\begin{aligned} & \text{Potência corrigida pelo refrigerante} \\ & = (1 - \%_{\text{por cada kg}}) \times \text{Potência nominal} \\ & = (1 - 0,05) \times 2,888 \approx 2,74 \text{ kW} \end{aligned} \quad (29)$$

Na tabela 30 mostra que as condições calculadas pela marca são menos rígidas do que as projetadas no balanço térmico desta câmara e por isso são comparadas as bases de cálculo de alguns pontos dispaes:

Tabela 30 – Comparação entre os dados considerados pelo balanço térmico e a base de cálculo do catálogo (Zanotti, 2016)

	Base de cálculo - Balanço térmico	Base de cálculo - ZANOTTI
Isolamento	150 mm	100 mm
Densidade de carga	250 kg/m ³	250 kg/m ³
Movimento de carga	10 %	10 %
Temperatura de entrada	+2 °C	-5 °C
Calor específico	0,49 kcal/kg °C	0,44 kcal/kg °C

Como se pode verificar, o fator que mais pode dispersar o valor da capacidade frigorífica é a temperatura de entrada do produto, que na base de cálculo da ZANOTTI é menos exigente do que a que foi considerada no balanço térmico. Apesar do calor específico e do isolamento serem também menos exigentes, não são os fatores principais para a grande diferença entre a capacidade frigorífica o balanço térmico. É de referir que não está considerado qualquer ocupação no espaço e iluminação na base de cálculo da ZANOTTI, fatores que aumentam, e muito, a carga térmica total calculada.

Na tabela 31 são comparados os valores da carga térmica total calculada e do evaporador selecionado para o fluído refrigerante R-449a.

Tabela 31 – Comparação dos resultados do balanço térmico com a seleção feita pelo catálogo da Zanotti

Câmaras/Salas Refrigerados Necessário (R-404a)	Qttotal (kW)	Câmaras/Salas Refrigerados Selecionado (R-449a)	Qttotal (kW)
Congelados (Reserva)	2,86	Congelados (Reserva)	2,74

3.6. Dimensionamento dos expositores frigoríficos

Neste ponto será abordado todo o dimensionamento dos expositores frigoríficos para o caso de estudo. A grande maioria dos expositores estará ligada à central, tal como acontece com os evaporadores. Por norma, nas grandes superfícies retalhistas, a zona da padaria, por ser um espaço praticamente não refrigerado, considera-se que todo e qualquer expositor que seja refrigerado contenha uma unidade de condensação, sempre com o fluído frigorigéneo R-449a, pelos motivos já evidenciados em pontos anteriores.

De um modo geral, as necessidades em causa para o projeto serão da autoria do cliente. No entanto, o projetista deve ser pró-ativo e ter em atenção a eficiência energética dos equipamentos a colocar. A existência de expositores com portas e iluminação *LED* é uma opção que permite reduzir bastante as necessidades frigoríficas.

Na tabela 32 são apresentadas as medidas necessárias dos expositores a colocar, de acordo com o *layout* (anexo B).

Tabela 32 – Dimensões dos expositores

EXPOSITORES REFRIGERADOS	
MURAL /VITRINA	Dimensões (mm)
MURAL LEGUMES & 4ª GAMA	3 X 250 + 187,5
MURAL LEGUMES	375
MURAL LACTICINIOS	5 X 375 + 250
MURAL CHARCUTARIA	375
MURAL TALHO	2 X 250
MEIO MURAL CONVERTÍVEL (CHARCUTARIA)	125
VITRINA DE TALHO	375 + 250
VITRINA TAKE AWAY - CHAPA QUENTE	100
VITRINA CHARCUTARIA	250
VITRINA TAKE AWAY	250
VITRINA QUEIJOS	187.5
ILHAS DE CONGELADOS	
ILHAS	Dimensões (mm)
ILHAS DE CONGELADOS	4 X 250 + 2 X 375 + 2 X 187,5
ILHAS DE CONGELADOS	4 X 250 + 2 X 375 + 2 X 187,5
ILHAS PEIXE CONGELADO	250 + 187,5

As linhas de vitrines são sempre colocadas à junto da zona de atendimento do sector correspondente, como é o caso do talho, charcutaria/*take-away* e padaria. Já nas linhas de murais e ilhas de congelados devem, sempre que for possível, ser criados corredores “refrigerados”, como é possível verificar na figura 35 com linhas azuis escuras.

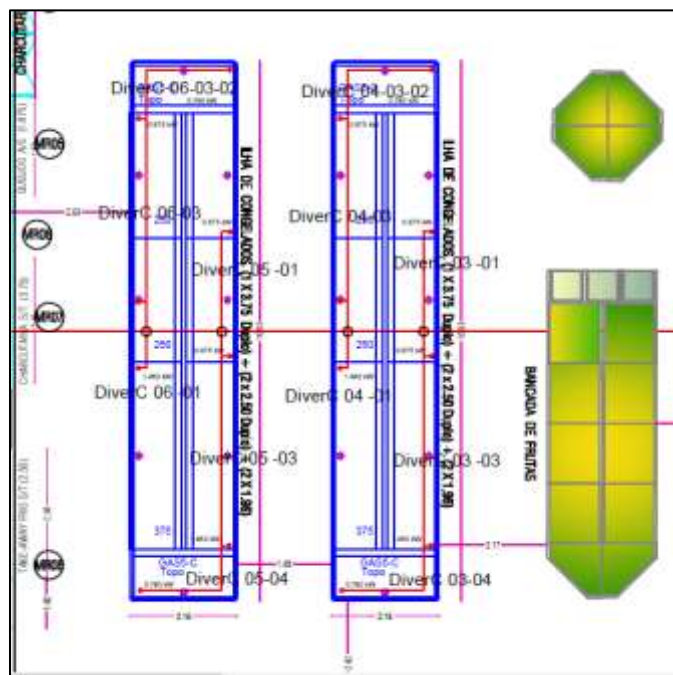


Figura 35 - Disposição das ilhas de congelados em redor de outros expositores

A fim de se obter uma menor perda de carga, deve-se aproximar o mais possível os expositores da central. De seguida será realizado o dimensionamento de 3 expositores de

refrigerados e o dimensionamento de 2 expositores de congelados, de modo a elucidar a forma como foi realizado todo o procedimento de seleção. Os restantes serão apresentados no anexo G e todos os catálogos de seleção de expositores podem ser consultados na referência (Excal, 2017).

MR01 – Murais de Lacticínios A/S

Este corredor será de lacticínios frescos. Considerando a figura 36 é possível verificar que os expositores frigoríficos (lacticínios frescos) ficarão à direita da figura.

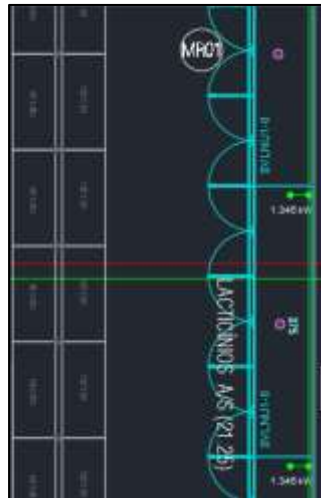


Figura 36– Local dos murais de lacticínios a dimensionar

Para dimensionar estes expositores é necessário perceber quais as dimensões do espaço onde serão colocados e, por fim, escolher quais as medidas a aplicar.

Foram selecionados 5 murais de 3,75 metros e 1 mural de 2,50 metros, cuja potência frigorífica será de 318 W/m (por ter portas e ser ligado à central), ou seja, um total 6,76 kW. Estes murais são os mais indicados para este espaço, uma vez que possuem uma largura próxima daquela que se pretende, de modo a que o corredor não fique demasiado estreito.

MR02 – Murais de Talho A/S

Os murais a dimensionar ficarão mesmo ao lado da zona de atendimento do talho, como é possível verificar na figura 37. É um espaço muito estreito, pelo que, mais uma vez, é necessário saber as dimensões a colocar nos expositores.



Figura 37 - Local dos murais de talho a dimensionar

Foram selecionados 2 murais de 2,50 metros, cuja potência frigorífica é de 366 W/m (por ter portas e ser ligado à central), ou seja, um total 1,83 kW.

MR03 – Vitrines de Talho S/T

As vitrines do talho, tal como já foi afirmado, ficarão na zona de atendimento do talho, como mostra a figura 38. É um espaço muito estreito, pelo que, mais uma vez, é necessário saber as dimensões a colocar nos expositores.

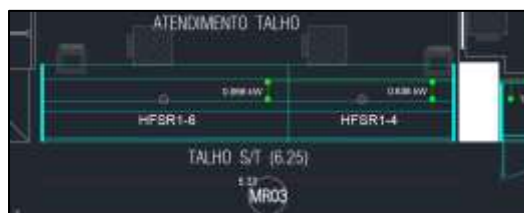


Figura 38 - Local das vitrines de talho a dimensionar

Foi selecionada uma vitrine de 3,75 metros e uma vitrine de 2,5 metros, cuja potência frigorífica dos expositores da *Exkal*, modelo Louvre HFSR1, é de 255 W/m (por ter portas de correr e ser ligado à central), ou seja, um total 1,59 kW.

IC01 e IC02 – Ilhas de Congelados 1 e 2

A zona onde serão colocadas as ilhas de congelados deverá ser ampla, de preferência próximo da zona da peixaria, tal como está ilustrado na figura 39. Deve ter-se em atenção a necessidade de se deixar espaço entre as ilhas duplas de congelados, de modo a que os clientes possam andar confortavelmente sobre o corredor de congelados, bem como na sua adjacência.



Figura 39 - Local das ilhas de congelados a dimensionar

Foram projetadas 4 ilhas duplas de congelados de 2,50 metros, 2 ilhas duplas de congelados de 3,75 metros e 4 ilhas de congelados nos topos, onde a potência frigorífica das Ilhas Ibiza GAS5 é de 390 W/m (por ter portas e ser ligado à central), ou seja, um total 7,80kW.

3.7. Dimensionamento da máquina de gelo em escamas

O gelo que normalmente é utilizado e fabricado para a peixaria é de dois tipos: moído ou em escamas. O primeiro é fruto da trituração de blocos de gelo. Já o segundo, tem uma espessura que varia entre os 1,5 e os 4,5 mm, e é produzido num tambor refrigerado e retirado por meio de um raspador.

A máquina de gelo será instalada sobre o teto de uma câmara de conservação, câmara do peixe, como ilustra a figura 40 (à esquerda). Já à direita da mesma figura encontra-se a conduta da máquina de gelo e o carrinho onde este irá ser depositado. A estrutura será reforçada para não ceder e terá um acesso à unidade de condensação através de um alçapão.



Figura 40 - Unidade de condensação da máquina de gelo e máquina de gelo do tipo split (à esquerda). Condução da máquina de gelo split e o carrinho de gelo (à direita)

Pode-se incluir a máquina de gelo aproveitando o facto da existência da central para um ciclo subcrítico a R-744 (baixa temperatura). Como a máquina de gelo compacta e a remota não são possíveis a R-744, então será escolhida a do tipo *split*. O gelo fabricado na máquina cairá através de uma conduta em inox para um silo ou diretamente para um carrinho transportador.

Por norma, para um supermercado, a quantidade de gelo em escamas necessária para os expositores do atendimento da peixaria é de 1000 a 2000 kg, por cada 24h. Por isso, foi selecionada uma máquina de gelo (figura 41) em escamas da marca ITV, modelo **Scala 1000 CO₂ split**.



CARACTERÍSTICAS		SCALA GAMA INDUSTRIAL			
PRODUCCIÓN 24H. PRODUÇÃO 24H.	POTENCIA POTÊNCIA	REQUERIMIENTOS FRIGORÍFICOS CON. TEMP. EVAPORACIÓN A -24°C	Ø SALIDA HIELO mm. Ø SALIDA GELO mm.	PESO NETO PESO LÍQUIDO	
Kg.	W.	w./h.		Kg.	
SCALA 1000 CO2 SPLIT	± 1000	190	5500 W.	480	170

Figura 41– Características da máquina de gelo selecionada (ITV, 2015)

3.8. Dimensionamento da Central

A casa de máquinas deve ficar o mais perto possível dos consumidores de frio, de modo a se evitarem perdas de carga desnecessárias. No caso de existirem consumidores espalhados pela loja, a casa das máquinas deverá localizar-se o mais perto possível dos consumidores de baixa temperatura. As portas deverão abrir para fora, pois em caso de acidente será mais fácil proceder à saída dos colaboradores. Do mesmo modo, deverá também existir um sistema de ventilação eficaz, por meio de ventiladores que façam o seu varrimento completo, com aspiração do ar por cima e entrada de ar por baixo, no lado oposto ou por arejamento natural, através de janelas amplas que contribuirão também para a iluminação diurna.

Para o dimensionamento da central é essencial saber que necessidades existem e devem ser consideradas. Porém, ainda antes desta etapa é fundamental perceber que tipo de central será concebida. Pensou-se numa central para cada tipo de conservação: uma para congelados e outra para a refrigerados. Contudo, nos supermercados, o espaço para a sala de máquinas é pequeno e, por isso, optou-se por uma central com um sistema de duplo estágio que fará a compressão a baixa temperatura (subcrítica) e a média temperatura (transcrítico). No *layout* do dimensionamento da tubagem é possível visualizar o local da central, no anexo B.

3.8.1. Seleção de componentes principais

3.8.1.1. Dimensionamento dos compressores

Para este dimensionamento é necessário verificar a potência de que necessitam os evaporadores, expositores e máquina de gelo. Depois de verificar todos equipamentos de frio é necessário perceber qual a temperatura de evaporação mais crítica, especificado nas tabelas 33, 34, 35, 36 e 37.

Tabela 33 – Caracterização das temperaturas de evaporação das câmaras e salas refrigeradas

Evaporadores das Câmaras/Salas	Pos.	T (°C)	Tevap(°C)
Câmara Refrigerada - Padaria	CR01	2	-4
Câmara Refrigerada – Take-Away	CR02	2	-4
Câmara Refrigerada – Aves 1	CR03	2	-4
Câmara Refrigerada - Fruta e Legumes	CR04	2	-4
Câmara Refrigerada - Peixe e Gelo	CR05	0	-10
Câmara Refrigerada - Lactínicos	CR06	2	-4
Câmara Refrigerada - Bacalhau	CR07	2	-4
Câmara Refrigerada – Aves 2	CR08	0	-6
Câmara Refrigerada - Talho	CR09	0	-6
Sala Refrigerada - Fruta e Legumes	SR01	12	2
Sala Refrigerada – Take-Away	SR02	12	2
Sala Refrigerada - Lixo	SR03	12	2
Sala Refrigerada - Peixaria	SR04	12	2
Sala Refrigerada - Talho	SR05	12	2
Corredor 1	SC01	12	2
Corredor 2	SC02	12	2
Buffer	SC03	12	2

Como é possível verificar nas tabelas 33 e 34, a temperatura de evaporação mais baixa é a do evaporador da câmara de peixe e gelo. No entanto, por precaução é considerado um DT adicional de 2°C devido às perdas que possam existir na linha de aspiração. Por isso, a temperatura de evaporação considerada para o dimensionamento do compressor de média temperatura (MT) será de -10°C e a temperatura de condensação será de +40°C. Já para o compressor de baixa temperatura (LT) terá de se verificar qual o DT mais baixo a dimensionar.

Tabela 34 - Caracterização das temperaturas de evaporação dos expositores refrigeradas

POS	Expositor	Modelo	T (°C)	Tevap(°C)
MR01	Mural de Lactínios A/S	SVLNU1-6	2	-2
		SVLNU1-4	2	-2
MR02	Mural de Talho A/S	SVLNU1-4	0 a 1	-4
MR03	Vitrine de Talho S/T	HFSR1-6	0 a 1	-4
		HFSR1-4	0 a 1	-4
MR04	Mural de Charcutaria A/S	SVLNU1-6	2	-2
MR05	Vitrine Queijos A/S	HASR1-3	2	-1
MR06	Meio Mural Convertível	LHCB1-2	2	-1,5
MR07	Vitrine de Charcutaria S/T	HFSR1-4	2	-0,5
MR08	Vitrine Take Away Frio S/T	HFSR1-4	2	-0,5
MR09	Murais de Fruta e Legumes A/S	VLNU1-4	2	-2
	Mural 4ªGama A/S	VLNU1-3	2	-2

Tabela 35 - Caracterização das temperaturas de evaporação das câmaras congelados

Pos.	Evaporadores das Câmaras	T (°C)	Tevap (°C)
CC01	Congelados - Padaria	-20	-26
CC02	Congelados	-20	-26

Tabela 36 - Caracterização das temperaturas de evaporação da máquina de gelo

Pos.	Equipamento	Tevap. (°C)
MG01	Máquina de Gelo	-32

Tabela 37 - Caracterização das temperaturas de evaporação das ilhas de congelados

POS	Expositor	Modelo	T (°C)	Tevap(°C)
IC01	Ilhas de Congelados c/topos	GAS5-4 Doble C/portas	-20°C	-25°C
		GAS5-6 Doble C/portas		
		GAS5-3 C/portas		
IC02	Ilhas de Congelados c/topos	GAS5-4 Doble C/portas		
		GAS5-6 Doble C/portas		
		GAS5-3 C/portas		
IC03	Ilhas de Peixe Congelado	GAS5-3 C/portas		
		GAS5-4 C/portas		

Através das tabelas 35, 36 e 37 é possível notar que a máquina de gelo necessita de uma temperatura de evaporação mais baixa. Constatando que existem perdas máximas de 3°C no decurso da linha de aspiração, concluiu-se que a temperatura de evaporação a considerar é de -35°C.

Posteriormente, na equação 30 serão dimensionados 4 compressores MT e 3 compressores LT:

$$\begin{aligned}
 Pot_{\text{mínima recomendada do compressor MT}} &= \frac{Pot_{\text{necessária}} \times 105\%}{n^{\circ}_{\text{compressores}}} \\
 &= \frac{121,25 \times 1,05}{4} = 31,43 \text{ kW}
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

$$\begin{aligned}
 Pot_{\text{mínima recomendada do compressor BT}} &= \frac{Pot_{\text{necessária}} \times 105\%}{n^{\circ}_{\text{compressores}}} \\
 &= \frac{31,37 \times 1,05}{3} = 10,98 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Isto significa que cada compressor deverá ter, no mínimo, 31,43 kW para refrigerados, enquanto que cada compressor de congelados deverá ter 10,98 kW. Assim sendo, para o ciclo MT foram selecionados 4 compressores, dois com os modelos 4FTC-20K-40P de 31 kW cada e outros dois com os modelos 4DTC-25K-40P de 39.2 kW como mostra a figura 42. Já para o ciclo LT foram selecionados 3 compressores 2FSL-4K-40S de 12,14kW, como mostra a figura 43.

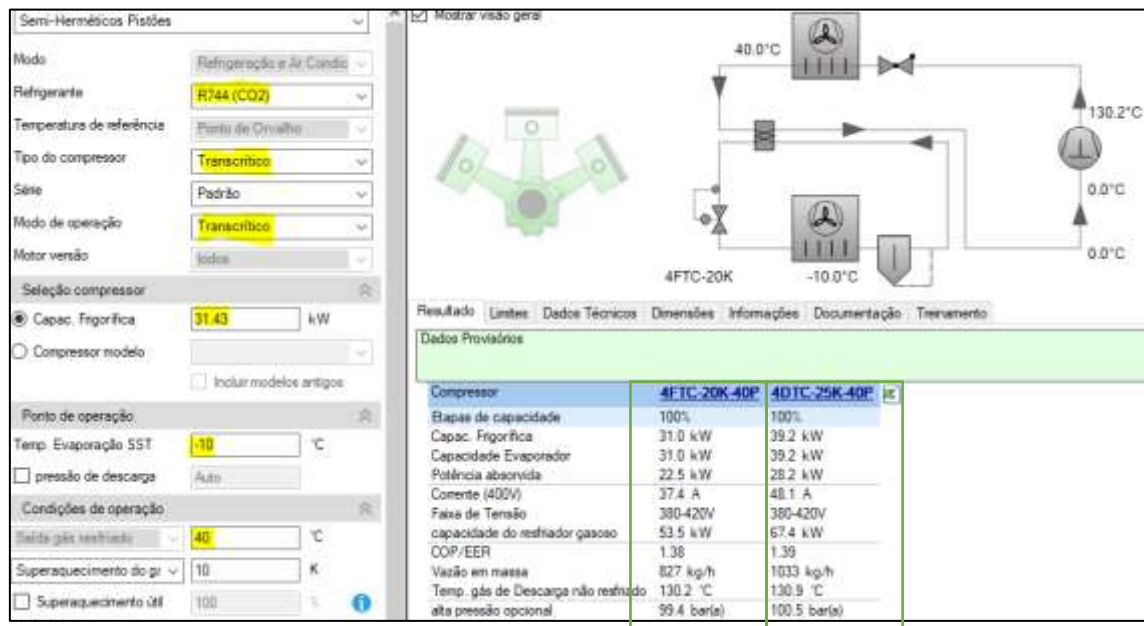


Figura 42 – Dimensionamento dos compressores MT

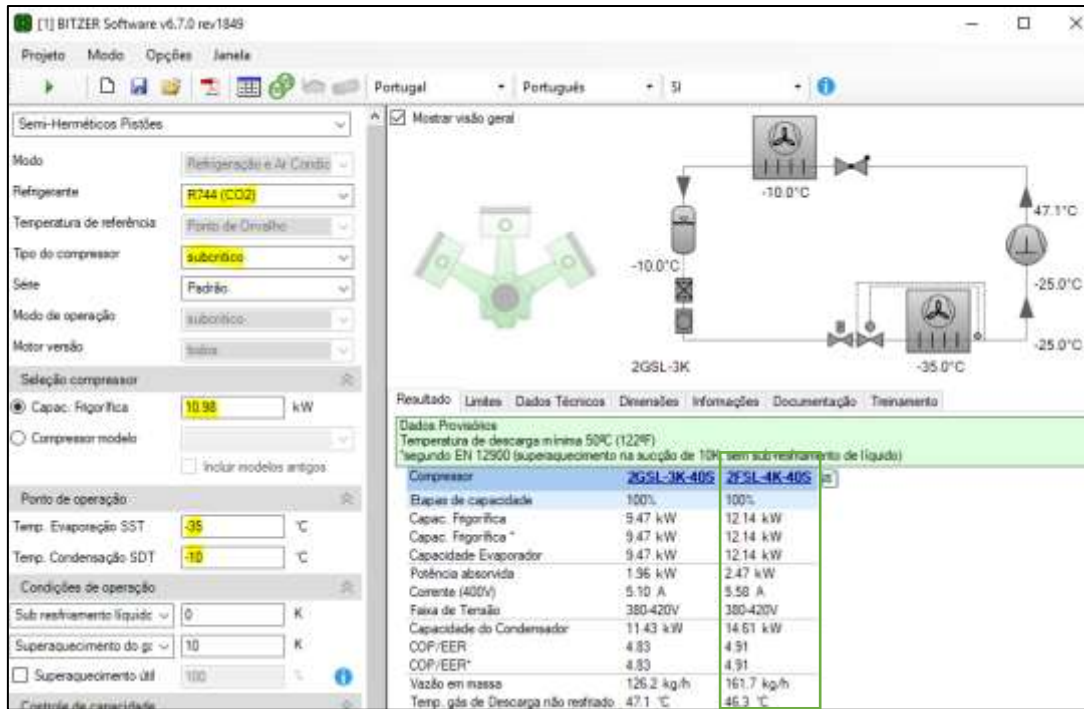


Figura 43 - Dimensionamento dos compressores LT

Considerando sempre um sobreaquecimento de 10K, através do software da *Bitzer*, foi possível dimensionar o compressor indicado para as quantidades necessárias. As tabelas 38 e 39 explicam a forma como os compressores foram dimensionados.

Tabela 38 – Dimensionamento dos compressores MT

	kW		Central de Refrigerados	
Potência dos Evaporadores	95,83		$Pot_{mínima}$ recomendada do compressor MT (kW)	31,83
Potência dos Expositores	25,43			
Potência Necessária	121,25		% de folga da capacidade frigorífica	16%
2x Compressor Bitzer 4FCT-20K-40P + 2x Compressor Bitzer 4DTC-25K-40P (-10°C/40°C) R744				
	1 [kW]	(1 + 1) [kW]	(2 + 1) [kW]	(2 + 2) [kW]
Potência Frigorífica	31,00	62,00	101,20	140,40
Potência Absorvida	22,50	45,00	73,20	101,40
CTR	53,50	107,00	174,40	241,80

Tabela 39 – Dimensionamento dos compressores LT

	kW		Central de Congelados	
Potência dos Evaporadores	13,09		$Pot_{mínima}$ recomendada do compressor LT (kW)	10,98
Potência dos Expositores	18,28			
Potência Necessária	31,37		% de folga da capacidade frigorífica	16%
2x Compressor Bitzer 2FSL-4K-40S + 1x Compressor Bitzer 2GSL-2K-40S (-35°C/-10°C) R744				
	1 [kW]	(1 + 1) [kW]	(2 + 1) [kW]	
Potência Frigorífica	12,14	24,28		36,42
Potência Absorvida	2,47	4,94		7,41
CTR	14,61	29,22		43,83

Colocaram-se na tabela anterior os valores da potência frigorífica e absorvida, pois estes valores serão necessários para calcular o condensador como se irá verificar no seguimento deste tópico.

Segundo a equação 31, é efetuado um cálculo que determina a percentagem de folga da capacidade frigorífica para que se possa considerar um compressor bem dimensionado. Nas equações 32 e 33 será capacidade de folga para cada uma das centrais MT e LT.

$$\%_{de\ folga\ da\ capacidade\ frigorífica} = \left[\left(\frac{Q_0\ Total\ Refrigerados/Congelados}{Pot_{necessária\ Refrigerados/Congelados}} \right) - 1 \right] \times 100 \quad (31)$$

Onde:

$\%_{de\ folga\ da\ capacidade\ frigorífica}$ [Adimensional] – Percentagem de folga da capacidade frigorífica por cada tipo de central (refrigerados/congelados);

$Q_0\ Total\ Refrigerados/Congelados$ [kW] – Potência frigorífica da soma dos compressores por cada tipo de central (refrigerados/congelados);

$Pot_{necessária\ Refrigerados/Congelados}$ [kW] – Potência frigorífica dos todos os evaporadores e expositores por cada tipo de central (refrigerados/congelados);

Se esta percentagem estiver entre os 10 e os 20 % de folga da capacidade frigorífica, significa que estão garantidas as condições de sobredimensionamento controlado.

Central de Refrigerados

$$\%_{de\ folga\ da\ capacidade\ frigorífica} = \left(\frac{140.40}{121.25} \right) - 1 = 0,16 = 16\% \quad (32)$$

Central de Congelados

$$\%_{de\ folga\ da\ capacidade\ frigorífica} = \left(\frac{36.42}{31.37} \right) - 1 = 0,16 = 16\% \quad (33)$$

Como se pode verificar, as centrais dimensionadas estão dentro da gama de percentagem de folga controlada. A questão que se coloca é: o que significa esta folga? Esta folga permite que o dimensionamento acautele uma possível colocação de um novo expositor ou evaporador. Por exemplo, na central de congelados, a folga de 16% representa 5,05 kW de frio. Isto permite colocar um evaporador ou uma linha de expositores de congelados, para as mesmas condições de conservação (-18 a -20 °C), até 1,68 kW, sem necessidade de alterar a

central, desde que na sua adição não reduza a folga a um valor inferior a 11%, ou seja, 3,37 kW.

Para o dimensionamento do condensador será necessário a equação 34, que determina o calor total rejeitado (CTR):

$$CTR (kW) = Q_{0\ compressor} + Pot_{absorvida} \quad (34)$$

Legenda:

$Q_{0\ compressor}$ – Potência frigorífica do compressor (kW);

$Pot_{absorvida}$ – Potência absorvida elétrica do compressor (kW).

Para o caso dos compressores da central de congelados, como são 3, sendo que todos eles são iguais (3 x 2FSL-4K-40S), as equações 35 e 36 determinam o calor total rejeitado para cada uma das centrais.

$$\begin{aligned} CTR_{Central\ Congelados} &= (Q_{0\ compressor1} + Pot_{absorvida1}) \\ &+ (Q_{0\ compressor2} + Pot_{absorvida2}) \\ &+ (Q_{0\ compressor3} + Pot_{absorvida3}) \\ &= (12,14 + 2,47) + (12,14 + 2,47) + (12,14 + 2,47) \\ &= 43,83\ kW \end{aligned} \quad (35)$$

Já para os compressores da central de refrigerados, uma vez que são 4 compressores (2x 4FCT-20K-40P + 2x 4DTC-25K-40P).

$$\begin{aligned} CTR_{Central\ Refrigerados} &= \\ &= (Q_{0\ compressor1} + Pot_{absorvida1}) \\ &+ (Q_{0\ compressor2} + Pot_{absorvida2}) \\ &+ (Q_{0\ compressor3} + Pot_{absorvida3}) \\ &+ (Q_{0\ compressor4} + Pot_{absorvida4}) \\ &= (31,00 + 22,50) + (31,00 + 22,50) + (37,47 + 28,20) \\ &= 241,80\ kW \end{aligned} \quad (36)$$

Então o CTR para o dimensionamento do condensador é obtido segundo a equação 37.

$$\begin{aligned} CTR_{Total} &= CTR_{Central\ Congelados} + CTR_{Central\ Refrigerados} \\ &= 43,83 + 241,80 = 285,63\ kW \end{aligned} \quad (37)$$

De forma resumida, a central será constituída por um ciclo de duplo estágio: um circuito de refrigerados composto por quatro compressores semi-herméticos e o circuito de congelados

terá uma central composta por três compressores semi-herméticos, todos da marca *Bitzer*. No anexo H, encontram-se as características dos compressores selecionados e no anexo I, a ficha técnica resumida da central selecionada.

3.8.1.2. Dimensionamento do variador de velocidade

Os variadores de velocidade são normalmente preparados para controlo de compressores e ventiladores de condensadores de sistemas de refrigeração. No entanto, podem ser aplicados em bombas de calor da bomba e do ventilador de extração. Os variadores de velocidade selecionados da *Danfoss*, modelo FC 103 do *Refrigeration VLT®* compromete proteger, economizar e salvaguardar a energia necessária aumentando o tempo de vida dos componentes. Por norma, cada variador de velocidade consegue controlar 3 compressores, como mostra a figura 44.

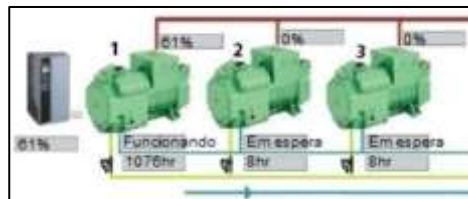


Figura 44 - Compressores controlados por um variador de velocidade, através do programa store view by danfoss

Para a seleção do variador de velocidade (figura 45) apenas é necessário saber a capacidade de cada compressor (MT e LT) onde irá ser colocado este variador de velocidade. Assim os critérios para escolha dos variadores de velocidade são:

- Potência elétrica absorvida de cada compressor MT (máx): 2x 22,5kW e 2x 28,20kW;
- Potência elétrica absorvida de cada compressor LT (máx): 2,47kW;

VLT® Refrigeration Drive 3 x 380-480 V AC							
Enclosure	IP20/Chassis #		B3			B4	
	IP21/Type 1, IP55/Type 12 IP66/NEMA 4X		B1			B2	
			P11K	P15K	P18K	P22K	P30K
Typical shaft output	[kW]		11	15	18.5	22.0	30
Typical shaft output 460 V	[HP]		15	20	25	30	40

VLT® Refrigeration Drive 3 x 380-480 V AC							
Enclosure	IP20/Chassis #		A2			A3	
	IP55/Type 12, IP66/NEMA 4X		A4 + A5			A5	
			P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P4K0
Typical shaft output	[kW]		1.1	1.5	2.2	3.0	4.0
Typical shaft output 460 V	[HP]		1.5	2	2.0	4.0	5.5

Figura 45 – Seleção dos variadores de velocidade para a central MT e LT, através do catálogo da danfoss

Através dos critérios de seleção, foi possível escolher para os compressores da central MT o variador de velocidade **Danfoss VLT Refrigeration Drive FC 103 - P30K - T4 - E20**,

com uma potência absorvida máxima de **30kW**. Por fim, foi possível escolher para os compressores da central LT o variador de velocidade **Danfoss VLT Refrigeration Drive FC 103 - P3K0 - T4 - E20**, com uma potência absorvida máxima de **3kW**. No anexo J, é apresentado o catálogo e a ficha técnica resumida do variador de velocidade selecionado.

3.8.1.3. Dimensionamento do condensador

Já com a central dimensionada é possível pensar em projetar o *gás cooler*. A capacidade do condensador, que se denomina de carga de calor rejeitado (CTR), é aplicável para uma determinada DT. As equação 38 e 39 servem para corrigir este valor, de modo a selecionar de forma correta o condensador.

$$Q_{Cond. \text{ Corrigido } DT=15K} = \frac{Q_{Condensador@DT=Selecionado} \times DT_{15K}}{DT_{Selecionado}} \times FC1 \times FC2 \times FC3 \times FC4 \quad (38)$$

Onde:

FC1 - Fator de correção do fluido frigorigéneo (ponto médio);

FC2 - Fator de correção do material das alhetas (não relevante);

FC3 - Fator de correção da temperatura ambiente;

FC4 – Fator de correção de altitude;

$DT_{Selecionado}$ – Diferença de temperatura pretendida (K);

DT_{15K} – Diferença de temperatura catalogada (K);

$Q_{Condensador@DT=Selecionado} = CTR_{TOTAL}$ - Capacidade do condensador para o DT pretendido (kW);

Tal como para o evaporador, o fator FC1 é o mesmo e o fator FC2 não foi considerado, pelos motivos já apresentados. Os restantes parâmetros podem ser definidos pela figura 46.

FC3	TA [°C]					
	+15	+20	+25	+30	+35	+40
	1,06	1,05	1,03	1,02	1,00	0,98


FC4	A [m]								
	0	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400
	1,00	0,99	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,85	0,84

Figura 46 – Fator de correção do da temperatura ambiente e de altitude através do catálogo da Centauro (Centauro, 2016)

Definindo que o DT seleccionável é de 8K, existem condições para calcular pela equação 39.

$$Q_{Cond. \text{ Corrigido } DT=15K} = \frac{279,27 \times 15}{8} \times 1 \times 1 \times 0,98 \times 1 = 513,16 \text{ kW} \quad (39)$$

Recorrendo ao catálogo da *CENTAURO* é possível escolher o condensador. Selecionou-se um condensador, de preferência com ruído médio, devido à possibilidade de estar próximo de edifícios de habitação, como mostra a figura 47.



Modelo Type	Capacidade (DT=15K) Capacity (TD=15K)		Capacidade (DT=10K) Capacity (TD=10K)		Superfície Surface	Volume Interno Internal Volume	Ventiladores Fans							
	kW	kW	kW	kW			N.º. / No.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Rotação Revolutions	Profundidade total Total power	Comento total Total current	Alimentação V/F/Hz	Ruído (1) Noise level (1)
EVODIM													6-6 PÓLOS	6-6 POLES
EVODIM 491/256T	256,10	170,73	504,06	53,00	4	910	102200	840	7360	15,32	Δ 400/3/50	55		
EVODIM 491/256Y	222,16	148,11	504,06	53,00	4	910	81100	670	4600	8,88	Y 400/3/50	50		
EVODIM 491/316T	315,90	210,60	756,10	79,50	4	910	97400	840	7360	15,32	Δ 400/3/50	55		
EVODIM 491/316Y	266,00	177,33	756,10	79,50	4	910	76000	670	4600	8,88	Y 400/3/50	50		
EVODIM 491/351T	351,33	234,22	1008,10	106,00	4	910	93000	840	7360	15,32	Δ 400/3/50	55		
EVODIM 491/351Y	289,57	193,05	1008,10	106,00	4	910	72000	670	4600	8,88	Y 400/3/50	50		
EVODIM 491/380T	380,31	253,54	1260,10	132,50	4	910	89000	840	7360	15,32	Δ 400/3/50	55		
EVODIM 491/380Y	304,36	202,91	1260,10	132,50	4	910	68200	670	4600	8,88	Y 400/3/50	50		
EVODIM 691/458T	457,74	305,16	1134,14	119,20	6	910	146100	840	11040	22,98	Δ 400/3/50	57		
EVODIM 691/458Y	388,49	258,99	1134,14	119,20	6	910	114000	670	6900	13,32	Y 400/3/50	52		
EVODIM 691/548T	548,26	365,51	1512,20	159,00	6	910	139500	840	11040	22,98	Δ 400/3/50	57		
EVODIM 691/548Y	447,20	298,13	1512,20	159,00	6	910	108000	670	6900	13,32	Y 400/3/50	52		

Figura 47 – Capacidade do condensador para determinadas condições para o modelo selecionado, através do catálogo da Centauro (Centauro, 2016)

A tabela 40 expõe o resumo do dimensionamento do condensador.

Tabela 40 - Dimensionamento do condensador

Calor rejeitado total (CTR): 285.63 kW		
Capacidade de rejeição corrigida (DT=15K) 524.84 kW	Capacidade do Condensador corrigida DT= 15K (kW)	548,26 kW
	Capacidade do Condensador corrigida DT= 10K (kW)	365,51 kW
	Modelo do Condensador: EVOD/M 691/548T	

O condensador selecionado é um **EVOD/M 691/548T** da *CENTAURO*, com capacidade de rejeição de **548.26 kW**. Poderia pôr-se em questão a aplicação do inovador sistema “DFAC” – *dry fins adiabatic cooling*, especialmente recomendado para climas bastante quentes ou climas caracterizados por grande amplitude térmica diária ou sazonal. Como a amplitude

térmica não é assim tão elevada nesta zona do país, não se consideraram os painéis adiabáticos.

Não se teve em conta que o condensador está próximo de uma zona marítima ou demasiadamente húmida e, por isso, não se colocou a opção de alhetas revestidas. Por fim, teve-se em conta a existência de motores EC, que permitem acionar os ventiladores consoantes as necessidades de arrefecimento. No anexo K apresenta-se o quadro resumo das características deste condensador, bem como o catálogo e a ficha técnica resumida do condensador selecionado.

3.8.2. Seleção de equipamentos secundários e acessórios

3.8.2.1. Seleção do permutador de calor de AQS

O dimensionamento do permutador de calor para águas quentes sanitárias é elaborado de modo a fazer arrefecer o R-744, por permuta, com a água, aquecendo até um máximo de 45°C. Assim que o permutador atinja a temperatura de 40 °C à saída do fluído frigorigéneo, o sistema deixa de funcionar. Para que tal seja possível existe uma válvula de 3 vias com um atuador eletrónico, que têm a função de controlar a mistura ou não de fluído frigorigéneo arrefecido. Quando atinge a temperatura da sonda Shr2 ou Shr4, esta permuta de calor deixa de ser realizada, logo, deixa de haver mistura de fluído frigorigéneo, tal como está representado na figura 48.

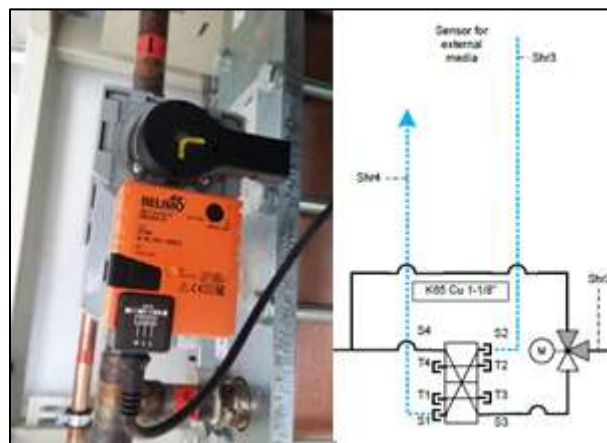


Figura 48 – Válvula de 3 vias (à esquerda) e o esquema de funcionamento (à direita)

As condições de projeto para o dimensionamento deste permutador prendem-se pelos seguintes pontos:

- Permutador de calor para AQS;

- Condições de funcionamento (água): 15°C a 45°C;
- Condições de entrada (CO₂): 94,2°C – Retirado do programa *coolselector by danfoss* para as condições de projeto definidas;
- Válvula expansora eletrónica de 3 vias para controlo da mistura de CO₂;
- Instalação na própria central;

Segundo estas condições impostas pelo projeto, foi solicitado à ALFA LAVAL o modelo e as especificidades de funcionamento do permutador de calor de AQS, que se encontram de seguida discriminadas:

- Marca e Modelo: Alfa Laval - AXP52-100M-F
- Capacidade: 68 kW;
- Fluxo de massa: 65%;
- Controlo de água: Sim;
- Conexão da tubagem água: 1" ¼ / 1" ¼ ISO;
- Controlo de mistura de CO₂: Sim;
- Conexão da tubagem CO₂: DN25 / DN25;
- Condições de entrada/saída água: +15°C/+45°C;
- Condições de entrada/saída CO₂: +94.2°C/+41°C;
- Pressão de serviço: 130 bar;
- Temperatura de serviço: -10°C a +150°C

No anexo L é apresentado o catálogo permutador de calor do AQS selecionado.

3.8.2.2. Seleção do separador de óleo

Os separadores de óleo são projetados na central de modo a proporcionar o retorno de óleo ao compressor, através de uma separação de óleo lubrificante misturado com o fluído frigorigéneo, proveniente da compressão. Deste modo, é possível minimizar a quantidade de óleo presente no gás de descarga e garantir o retorno de óleo ao compressor com as condições de funcionamento. Os critérios de seleção do depósito de óleo são os seguintes:

- Pressão de serviço mínima recomendada: 100bar
- Diâmetro da tubagem a entrada/saída: 1" 1/4";
- Gás frigorigéneos CO₂;

Seguindo estes critérios selecionou-se o separador de óleo que será um **Temprite 137A** apropriado para circuito transcrito de CO₂. No anexo M, é apresentado o catálogo e a ficha técnica resumida do separador de óleo.

3.8.2.3. Seleção do depósito de óleo

O depósito de óleo permite armazenar todo o óleo proveniente do separador. O separador irá ter sensores de nível mínimo de modo a alertar a falta de óleo no sistema de retorno de óleo.

As condições de funcionamento para selecionar o depósito devem cumprir os seguintes pontos:

- Pressão de serviço: Superior a 100bar;
- Temperatura máxima de serviço: 120°C;
- Carga de óleo nos compressores (máxima): 13,4 litros;

De acordo com as condições de funcionamento é possível escolher o depósito de óleo (figura 49), segundo o catálogo da HERNY.

Oil Reservoir														
Part No	Conn Size (inch)	Dimensions (mm)								Mounting details	Drawing reference	Capacity (l)	Weight (kg)	CE Cat
		ØA	B	C	D	ØE	F	G	H					
STH-9109	3/8 NPT	168.3	623	199	240	231	209	120	120	3 x 14mm slots	fig.3	6.0*	28.0	Cat III
STH-9108	3/8 NPT	168.3	930	199	547	231	209	269	278	3 x 14mm slots	fig.3	13.0*	41.5	Cat III

*Indicates reservoir capacity

Figura 49 - Seleção do depósito de óleo

Será necessário um sensor de nível de líquido para comunicar com a central, em caso de falta de óleo. Assim, o depósito de óleo será um **Herny STH – 9108 CO₂**, apropriado para o circuito transcrito de CO₂. No anexo N é apresentado o catálogo, bem como a ficha técnica resumida do depósito de óleo.

3.8.2.4. Seleção de filtro secador de óleo

O último elemento a dimensionar no circuito de retorno antes de entrar no compressor é o filtro de óleo. Estes filtros secadores são colocados no circuito de retorno de óleo, depois do depósito de óleo, de modo a reter toda humidade e partículas sólidas que possa conter. Por normal, deve ser colocado na vertical. Caso não seja possível, a saída do depósito colocado na horizontal deverá de estar virada para baixo. Os critérios de seleção deste filtro secador são os seguintes:

- Pressão de serviço: 100bar;
- Temperatura máxima do óleo antes de entrar no secador: 100°C

De acordo com os critérios de seleção referidos acima é possível escolher o filtro secador **Danfoss DMT 133 CO₂** apropriado para circuito transcrito de CO₂, segundo o catálogo da *Danfoss*. No anexo O é apresentado o catálogo e a ficha técnica resumida do filtro secador de óleo.

3.8.2.5. Seleção dos equipamentos para sub-cooler

Seleção do permutador de calor do *sub-cooler*

Para se efetuar o dimensionamento do permutador de calor do *sub-cooler* é necessário explicar o seu princípio de funcionamento. Com este permutador pretende-se fazer arrefecer o R-744 com um outro fluído frigorígeno, o R-404a. Assim que à saída do *gas cooler* se detetarem temperaturas inferiores a 34°C (mais à frente será definido no dimensionamento dos controladores), a válvula eletrónica V2e irá fechar-se, o que permitirá a passagem direta do R-744, pela válvula de duas vias V1e, à válvula expansora eletrónica de alta pressão.

Na figura 50 é possível visualizar que, caso a válvula V1e feche, as válvulas V2e e V3e se irão abrir, de modo a entrarem no permutador de calor e arrefecendo o R-744. Assim que a sonda à saída do *gas cooler* atinja valores superiores a 34°C, a válvula expansora eletrónica do permutador de calor permite expandir o R-404a, para arrefecer o R-744. Da mesma forma que a sonda deteta temperatura superior à definida pelo *setpoint* será também capaz de fechar quando atinge valores iguais ou inferiores ao *setpoint*.

No permutador de placas são colocadas quatro sondas de temperatura. Sc1 e Sc2 são sondas de temperatura à entrada e à saída do R-404a respetivamente.

As condições de projeto para o dimensionamento deste permutador, pelo programa *SSP G7 by SWEP*, são definidas pelos seguintes pontos:

- Pressão de serviço máx. (R-744): 120 bar (estado gasoso);
- Pressão de serviço máx. (R-404a): Irrelevante (estado líquido);
- Temperatura máxima de serviço (R-744): 40°C;
- Temperatura de arrefecimento máximo (R-744): 20°C;
- Temperatura de evaporação mínima (R-404a): -5°C;
- Capacidade de evaporação (R-404a): 30.00 kW (Capacidade máxima de uma unidade condensação);

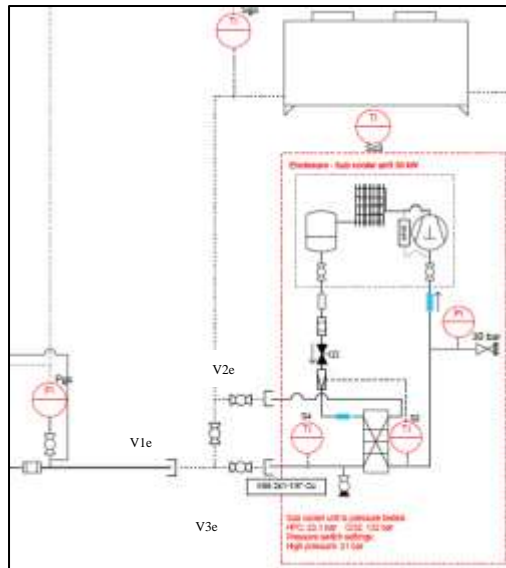


Figura 50 - Esquema de funcionamento do sub-cooler, através do programa store view by danfoss

Segundo estas condições impostas pelo projeto, foi solicitado ao *software* o modelo e as condições de funcionamento do permutador de calor. No anexo P é possível verificar programa selecionou o **modelo BX8Tx30**, com uma temperatura à saída do *sub cooler* por parte do R-744 de 19,5°C.

Seleção da unidade de condensação, válvula expansora eletrónica ETS e válvula solenoide EVR do sub cooler

Para a seleção da unidade de condensação para o *sub cooler* (figura 51) foi necessário ter em conta os seguintes parâmetros:

- Temperatura de evaporação mínima (R-404a): -5°C;
- Fluido frigorígeno selecionado: R 404a;
- Capacidade de refrigeração à temperatura de evaporação definida pelo permutador: 30,64 kW

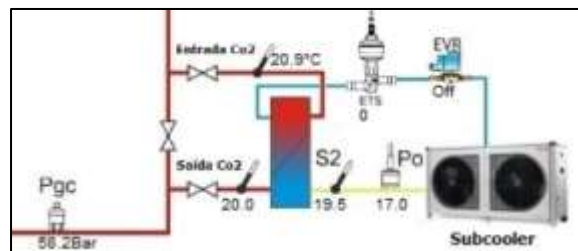


Figura 51 - Princípio de funcionamento do sub cooler, através do programa store view by danfoss

Segundo as condições impostas pelo projeto, o modelo **OPTYMA OP-HGZ160D** da *Danfoss* (figura 52) foi selecionado com uma capacidade de refrigeração 32,22 kW e a uma temperatura exterior próxima da definida pelo caso de estudo.

Unidades Condensadoras con R404A/R507 (Medias y Altas temperaturas)										Danfoss					
Catálogo															
Ventiladores	Condiciones de prueba	Modelo	Código por versión		Código eléctrico	Compresor	Temperatura ambiente	Capacidad de refrigeración (W) a temperatura de evaporación							
			D20	D39				-30°C	-25°C	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C
		OP-HGZ160D	115F0126	115F0326	E	MTZ160	32°C	11.824	15.259	19.194	23.641	28.563	33.944	39.754	45.957
							35°C	11.083	14.371	18.128	22.374	27.078	32.314	37.786	43.746
							38°C	10.353	13.487	17.067	21.106	25.589	30.497	35.824	41.545
							43°C	9.161	12.032	15.306	19.007	23.118	27.647	32.579	37.927

Figura 52 – Seleção da unidade de condensação

Já a válvula de expansão eletrónica é selecionada pelo *software Coolselector by Danfoss* indicando os seguintes parâmetros:

- Temperatura evaporação da unidade de condensação: -5°C;
- Temperatura condensação da unidade de condensação: 35°C;
- Capacidade de evaporação da unidade de condensação: 32,20 kW;
- Carga: 100%;
- Fluido: R-404a;
- Linha de líquido;

A válvula expansora eletrónica selecionada é uma **ETS 12,5**, com uma capacidade funcional até 42,4 kW a 0,2904 kg/s, para uma carga de 86% a 1,90 m/s.

Por fim, a válvula solenoide é selecionada pelo mesmo *software*, adicionando os seguintes parâmetros:

- Temperatura evaporação da unidade de condensação: -5°C;
- Temperatura condensação da unidade de condensação: 35°C;
- Capacidade de evaporação da unidade de condensação: 32,20 kW;
- Carga: 100%;
- Fluido: R-404a;
- Velocidade: 1 m/s;

A válvula solenoide selecionada é uma **EVR 20**, com uma perda de carga até 5000 Pa a 0,2904 kg/s, para um DT de 0,1°C a 1,03 m/s. No anexo X é apresentado o catálogo e o relatório técnico da seleção permutador de calor, bem como a válvula solenoide e a válvula expansora eletrónica para o *sub cooler*.

3.8.2.6. Seleção do depósito de líquido e dos equipamentos para a unidade de condensação de auxílio ao depósito

Seleção do depósito de líquido

O depósito de líquido a dimensionar serve para separar o líquido do gás. Desta forma é possível garantir que o líquido retirado da parte inferior do depósito chegue a servir as linhas de líquido. Antes do fluido frigorífero entrar no compressor de baixa temperatura, faz-se uma pequena permuta com o depósito de líquido para ajudar ao arrefecimento do fluido presente no depósito. Já tendo os restantes componentes anteriormente dimensionados e selecionados, existem condições para a seleção do depósito de líquido, de modo a garantir o seu funcionamento. Os critérios de seleção do depósito de líquido são os seguintes:

- Volume total de líquido para alimentar expositores e evaporadores (mín.): 150dm³;
- Pressão de serviço mínima recomendada: 40bar
- Diâmetro da tubagem a entrada/saída: 2” 1/8”;
- Gás frigorífero CO₂;

Seguindo estes critérios selecionou-se o separador indicado na figura 53:

Type	Receiver volume	Maximum charge ^①		Weight	Connections				Joining threads		Sight glasses	
		CO ₂	R410A		Inlet ^②	Outlet ^②		Inlet	Outlet	Gauge		
	dm ³ (l)	kg	kg	kg	Zoll	Inch	Zoll	Inch				
F1602K	160	126,0	156,2	127	2 x 28	2 x 2 1/8"	28	2 1/8"	2 x 1 3/4"-12 UNF	1 3/4"-12 UNF		2

Figura 53 - Seleção do depósito de líquido, pelo catálogo da Bitzer

Assim sendo, o separador de óleo selecionado foi o **Bitzer F1602K**, apropriado para o circuito transcítico de CO₂ (Anexo Q).

Seleção permutador de calor e a unidade de condensação auxiliar ao depósito de líquido

Para se efetuar o dimensionamento deste permutador é necessário explicar o seu princípio de funcionamento (figura 54). Este permutador, tal como o permutador dimensionado para o *subcooler*, tem como função arrefecer o R-744, com um outro fluido frigorífero, o R-134a. Assim que o primeiro atinja temperatura superior a 5°C ou que seja atingido o nível mínimo, o gás existente no depósito é retirado para arrefecer no permutador de calor auxiliar.

É de realçar que nem todo o gás vai para a unidade de condensação auxiliar, pois parte desse irá para a tubagem *bypass*. Quando não se consegue usar todo o gás para unidade condensação, este continuará na tubagem de *bypass* de modo a voltar a misturar o fluido

frigorigéneo com a linha de aspiração de média temperatura. Assim que a sonda atinja valores iguais ou inferiores a 3°C e que esteja acima do sensor de nível mínimo, a válvula expansora eletrónica de alta temperatura que foi ligada por detetar temperatura superior à definida pelo *setpoint* será também capaz de fechar quando atinge valores iguais ou inferiores ao *setpoint*.

No permutador de placas não é necessário a colocação de sondas de registo de temperaturas, pois o seu funcionamento é permanente.

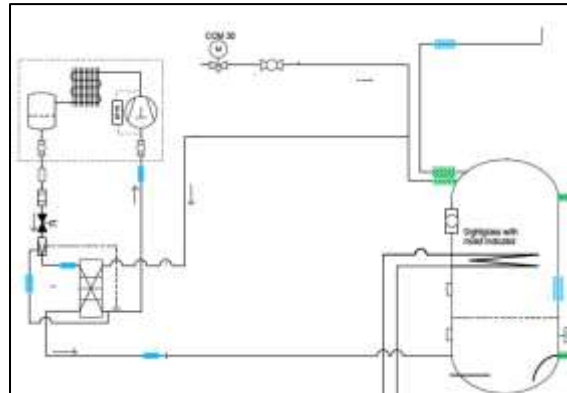


Figura 54- Esquema de funcionamento do depósito de líquido e da unidade de condensação auxiliar, através do programa store view by danfoss

As condições de projeto para o dimensionamento deste permutador, pelo programa *SSP G7* by *SWEP*, são definidas pelos seguintes pontos:

- Pressão de serviço máx. (R-744): 37 bar (estado gasoso);
- Pressão de serviço máx. (R-134a): Irrelevante (estado líquido);
- Temperatura máxima de serviço (R-744): 5°C;
- Temperatura de arrefecimento máximo (R-744): 3°C;
- Temperatura de evaporação mínima (R-124a): -10°C;
- Temperatura de arrefecimento mínima (R-124a): -5°C;
- Caudal mássico de fluído frigorigéneo principal (R-744): 0.254 kg/s = cerca de ¼ do caudal mássico total (dado calculado no dimensionamento da tubagem);

Segundo estas condições impostas pelo projeto, foi solicitado ao *software* o modelo e as condições de funcionamento do permutador de calor.

No anexo Q é possível verificar que o programa selecionou o modelo BX8Tx24, com uma temperatura à saída do permutador de calor auxiliar da parte do R-744 de 2,28°C.

Por fim, para se proceder à seleção da unidade de condensação auxiliar para o depósito de líquido, foi necessário ter em conta os seguintes parâmetros:

- Temperatura de evaporação mínima (R-134a): -10°C;
- Fluido frigorígeno selecionado: R 134a;
- Capacidade de refrigeração à temperatura de evaporação definida pelo permutador: 1,05 kW.

Segundo estas condições impostas pelo projeto, foi selecionado o modelo OPTYIMA OP-UCG026 da Danfoss (figura 55), com uma capacidade de refrigeração 1,29 kW e a uma temperatura de condensação de 32°C.

No anexo Q é apresentado o catálogo do permutador de calor e da unidade de condensação, bem como o relatório técnico da seleção do permutador de calor e da unidade de condensação para a unidade de condensação auxiliar.

Optyima™ condensing unit R134a LBP/MBP/HBP																				
Test conditions	Unit	Platform	Version			Electrical code	HP	Condenser coil			Condenser fan		Capacity in Watt at evaporating temperature °C							
			A00	A01	A04			Type	Airflow m³/h	Inter vol (dm³)	Num-ber	Fan blade (mm)	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
			RGT 20	OP-UCGC026	GS			114X0772	114X0773	114X0775	G	3/4	BG7	990	0.84	1	300			
	OP-UCGC034	GS	114X0780	114X0781	114X0783	G	1	BG7	990	0.84	1	300				990	1.250	1.500	1.800	2.100

RGT 20
Constant suction gas temperature: 32°C
20°C


Version
A00 Without valves and receiver for capillary tubes
A01 With receiver, 2 stop valves, bracket and copper pipes for KP
A02 A01 + KP 17WB universal pressure switch
A04 A01 + KP 17WB + FSA-Kit + power cord (except UCGC034)

Figura 55 - Seleção da unidade de condensação auxiliar, através do catálogo da Danfoss

3.8.3. Seleção da tubagem e acessórios

Em refrigeração comercial, particularmente na área dos sistemas de refrigeração de super e hipermercados, existe um aumento progressivo no uso de um fluido frigorígeno mais ecológico e amigo do ambiente - o R744 -, o que despoletou o aparecimento da tubagem de cobre K65. Este tipo de tubagem é o mais adequado às condições de serviço deste fluido frigorígeno, pois suporta pressões até 120 bar, o que torna a instalação mais segura. A tubagem de cobre é constituída por uma liga Wieland K65, que permite economizar e aumentar a resistência mecânica do material. Este material é elaborado de maneira semelhante à tubagem de cobre, possuindo uma maior leveza quando comparado com o anteriormente referido. A sua conexão por soldadura é permitida, sem qualquer perda das suas propriedades. Na tabela 41 é possível verificar as características da tubagem de cobre K65 escolhido.

Tabela 41 - Características da tubagem de cobre K65 especifica para fluido frigoregeneo R-744

Características Gerais do Cobre K65	
<ul style="list-style-type: none"> • Identificação – Tubo Wieland K65 120bar • Condições de pressão - até 120bar; • Material - K65 (CU-FE2-P) • Propriedades - ligeiramente magnético, o que o distingue do cobre; • Extremidades fechadas e devidamente identificadas, o que o diferencia da convencional tubagem de cobre; 	

O dimensionamento das tubagens para o fluido R-744 é efetuado com base no *software coolselector*. Para tal, são necessários os seguintes parâmetros:

- Potência calorífica que leva a tubagem;
- Temperaturas de Evaporação e Condensação;
- Temperatura à saída do *gas cooler* e do depósito de líquido;
- Comprimento da tubagem;
- Velocidade de escoamento.

Analisando a tabela 42 é possível verificar os valores de velocidade de escoamento recomendadas, dependendo da localização da linha.

Tabela 42 - Valores de velocidade de escoamento recomendado nas diferentes linhas

Linha	Localização na linha	Velocidade de escoamento (m/s)
Aspiração	Montante compressor	10
Descarga	Jusante compressor	8
Dreno	Jusante condensador e montante deposito líquido	1
Líquido	Jusante deposito de líquido	1

Contudo, não só a velocidade é importante. A temperatura, quer na linha de aspiração quer na descarga, são importantes para o dimensionamento da tubagem, como as temperaturas de evaporação e de condensação sucessivamente, tal como as temperaturas à saída do *gas cooler* e do depósito de líquido. Após o dimensionamento das tubagens é necessário retirar e analisar os seguintes parâmetros:

- Caudal (kg/s);
- Perda de carga (Pa);
- Velocidade real (m/s);

3.8.3.1. Dimensionamento da tubagem e acessórios da central

Nas tabelas 43 e 44 são apresentados os valores resultantes do dimensionamento da central.

Tabela 43 – Resumo do dimensionamento da tubagem e acessórios da central – Dimensionamento da tubagem de linha de descarga e de arrefecimento

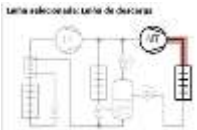
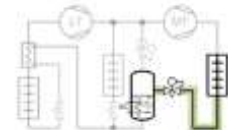
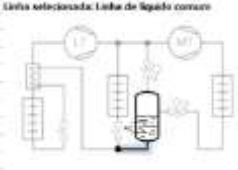
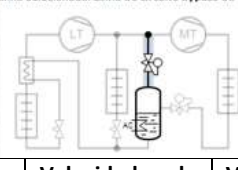
DIMENSIONAMENTO DE TUBAGEM - DESCARGA - REFRIGERADOS+CONGELADOS					
					
COMPRIMENTO DA LINHA DE DESCARGA – REFRIGERADOS (M)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade da tubagem seleccionada (m/s)	
2	À saída do compressor	150,10	8	7,09	
CAUDAL (KG/S)	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Perda de carga (Pa)	
1,134	0,0013	0,041	ANSI 1 5/8	2570	
DIMENSIONAMENTO DE TUBAGEM E VALVULA - ARREFECIMENTO - REFRIGERADOS+CONGELADOS					
					
COMPRIMENTO DA LINHA DE ARREFECIMENTO – REFRIGERADOS (M)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade da tubagem seleccionada (m/s)	
1	À saída do condensador	150,10	1	0,95	
CAUDAL (KG/S)	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Perda de carga (Pa)	Válvula expansora eletrónica de alta pressão
0,995	0,00229	0,05398	ANSI 2 1/8	4708057,2	CCMT 16

Tabela 44 – Resumo do dimensionamento da tubagem e acessórios da central – Dimensionamento da tubagem de linha de líquido comum e da linha de bypass

DIMENSIONAMENTO DE TUBAGEM - LINHA DE LÍQUIDO COMUM - REFRIGERADOS+CONGELADOS						
						
COMPRIMENTO DA LINHA DE DESCARGA – REFRIGERADOS (M)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade da tubagem selecionada (m/s)		
2	À saída do depósito de líquido	150,10	1	1,05		
CAUDAL (KG/S)	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Perda de carga (Pa)		
0,6796	0,00096	0,035	ANSI 1 3/8	487		
DIMENSIONAMENTO DE TUBAGEM E VALVULA- BYPASS DE GÁS DO DEPOSITO DE LÍQUIDO						
						
COMPRIMENTO DA LINHA DE DESCARGA – REFRIGERADOS (M)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade da tubagem selecionada (m/s)		
1	À saída do depósito	150,10	8	8,25		
CAUDAL (KG/S)	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Perda de carga (Pa)	Válvula expansora eletrónica de alta pressão	Válvula de bloqueio e retenção e
0,4548	0,00064	0,02858	ANSI1 1/8	1328887	CCM 20	GBC 22s H CHV 65

De seguida, será apenas realizado o dimensionamento da linha de circuito *bypass* de gás, proveniente do depósito de líquido.

No anexo R é exposto um resumo de todo o selecionamento da tubagem da linha de líquido comum, bem como será possível verificar nos anexos as fichas da escolha da tubagem pelo software.

No anexo S, é exposto um resumo de toda a seleção da tubagem da linha de descarga, bem como será possível verificar nos anexos as fichas de selecionamento da tubagem pelo *software*.

No anexo T, é exposto um resumo de toda a seleção da tubagem da linha de arrefecimento, bem como será possível verificar nos anexos as fichas de selecionamento da tubagem e da válvula expansora eletrónica de alta pressão pelo *software*.

No anexo U é apresentado um resumo de toda a seleção da linha de *by-pass*, bem como será possível verificar nos anexos as fichas técnicas resumidas do selecionamento da tubagem, da válvula expansora de alta pressão, do dimensionamento da válvula de bloqueio e da válvula de retenção pelo *software*.

3.8.3.2. Seleção da tubagem da linha de líquido MT e LT

Neste tópico pretende-se explicar o dimensionamento da linha de líquido para toda a linha de refrigerados e congelados. Para além de se procurar saber o diâmetro da tubagem a colocar, também é necessário perceber quais os acessórios a colocar, bem como o caudal e a perda de carga que tem durante cada troço a dimensionar. Este dimensionamento tem como objetivo saber qual o troço com maiores perdas de carga, cujos compressores têm de vencer essa perda.

Nos anexos V e X estão presentes o dimensionamento das linhas de líquido e das linhas de aspiração de todos os equipamentos de frio, respetivamente. O dimensionamento da linha de líquido será efetuado no troço junto ao equipamento mais próximo, quer para a linha de líquido MT e quer para a linha de líquido LT.

Dimensionamento da tubagem da linha de líquido MT

O dimensionamento da linha de líquido deve ser feito troço a troço. Esta técnica permite dimensionar realmente para a capacidade frigorífica que se está a transportar naquele troço. Na tabela 45 são apresentados os troços a dimensionar até ao primeiro equipamento refrigerado (troço Deriv. 01-01-01).

Tabela 45 – Dimensionamento da linha de líquido até ao primeiro equipamento de refrigeração (Linha MT)

DIMENSIONAMENTO DE TUBAGEM DE COBRE K65 - REFRIGERADOS						
Comprimento da Linha de Líquido – Refrigerados (M)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada (kW)	Temp, de Evap, do equipamento(°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)
1	Coletor de Líquido	121,25	-	1	0,84	0,433
	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Válvula Expansão Eletrônica	Perda de pressão (Pa)	
	0,00095	0,003493	1 3/8	-	161,8	
6,3	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada (kW)	Temp, de Evap, do equipamento(°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)
	Deriv 01	109,86	-	1	0,98	0,429
	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Válvula Expansão Eletrônica	Perda de pressão (Pa)	
	0,00064	0,02858	1 1/8	-	1750	
1,08	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada (kW)	Temp, de Evap, do equipamento(°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)
	Deriv 01-01	6,76	-	1	0,64	0,030
	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Válvula Expansão Eletrônica	Perda de pressão (Pa)	
	7,12944E-05	0,00953	3/8	-	513,3	
0,26	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada (kW)	Temp, de Evap, do equipamento(°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)
	Deriv 01-01-01	1,1925	-4	1	0,11	0,005
	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Válvula Expansão Eletrônica	Perda de pressão (Pa)	
	7,12944E-05	0,00953	3/8	AKVH 10-1	837905,9	

A linha MT dimensionada para o equipamento mais próximo não é a que tem maior perda de carga. A tabela 46 indica que a perda de carga maior situa-se da derivação Deriv 15-03, com uma perda de carga de 10,42 bar. Esta é a pressão que os compressores da central têm de vencer. O dimensionamento da tubagem e acessórios do percurso mais curto e ao percurso com maior perda de carga pode ser encontrada nos anexos R e Z.

Tabela 46 - Perda de carga para o percurso até ao equipamento mais próximo e para o percurso até ao equipamento mais longe – Linha de líquido MT

Percurso com maior perda de carga (Refrigerados)		Percurso mais próximo ao evaporador (Refrigerados)	
Linha de com maior perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha com menor perda de carga	Perda de carga (MPa)
Deriv 15-03	1,04	Deriv 01-01-01	0,84

Dimensionamento da tubagem da linha de líquido LT

O dimensionamento da linha de líquido deve ser realizado troço a troço, tal como também para a tubagem de refrigerados. Pretende, na realidade, dimensionar a tubagem segundo a capacidade frigorífica que está a transportar naquele troço. Na tabela 47 são apresentados os troços a dimensionar até ao primeiro equipamento refrigerado (troço DerivC. 01-01).

Tabela 47 - Dimensionamento da linha de líquido até ao primeiro equipamento de congelação (Linha LT)

DIMENSIONAMENTO DE TUBAGEM COBRE K65 - CONGELADOS						
COMPRI MENTO DA LINHA DE LÍQUIDO - CONGELA DOS (M)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada (kW)	Temp, de Evap, do equipamento(°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)
1	Coletor de Líquido	31,37	-	1	0,96	0,133
	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Válvula Expansão Eletrónica	Perda de pressão (Pa)	
	0,000198	0,001588	5/8	-	483,7	
43,55	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada (kW)	Temp, Evap, do equipamento (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)
	DerivC 01	12,40	-	1	1,07	0,05262
	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Válvula Expansão Eletrónica	Perda de pressão (Pa)	
7,12944E-05	0,00953	3/8	-	55160		
6,72	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada (kW)	Temp, Evap, do equipamento (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)
	DerivC 01-01	5,190	-28	1	0,45	0,02209
	Área da Secção (m ²)	Diâmetro	Diâmetro (polegadas)	Válvula Expansão Eletrónica	Perda de pressão (Pa)	
7,12944E-05	0,00953	3/8	AKVH 10-3	2242787		

A linha LT dimensionada para o equipamento mais próximo não é a que possui maior perda de carga. A tabela 48 indica que a perda de carga maior situa-se na derivação DerivC 02-03, com uma perda de carga de 28,2 bar. Esta é a pressão que os compressores da central têm de vencer. O dimensionamento da tubagem e acessórios do percurso com maior perda de carga pode ser encontrado no anexos AA e BB.

Tabela 48 – Perda de carga para o percurso até ao equipamento mais próximo e para o percurso até ao equipamento mais longe – Linha de líquido LT

Percurso com maior perda de carga (Congelados)		Percurso mais próximo ao evaporador (Congelados)	
Linha de com maior perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha com menor perda de carga	Perda de carga (MPa)
DerivC 02-03	2,82	DerivC 01-01	2,50

3.9. Princípio de funcionamento e controlo do ciclo frigorífico implementado

Depois de efetuado o dimensionamento dos diversos equipamentos da instalação é possível apresentar, no anexo CC, um *layout* com a descrição de toda a instalação frigorífica através de um princípio de funcionamento dos controladores e sensores.

O sistema frigorífico implementado neste projeto é um sistema de refrigeração com controladores que permite, por exemplo, abrir/fechar as válvulas expansoras eletrónicas ou monitorizar a temperatura através dos seus sensores. O sistema utiliza ciclos de expansão direta para retirar as cargas térmicas do interior da câmara/salas/expositores em alguns casos, de atmosfera controlada no seu interior. Trata-se de um processo de transferência de energia calorífica do ar interior da câmara/sala/expositor para o fluido frigorigéneo. Este processo pretende regular a produção de frio nos espaços, bem como averiguar o funcionamento da central e de todos os componentes que a englobam. Segundo o *software store view by danfoss* é possível verificar um painel idêntico ao da figura 56, com indicação dos valores dos sensores.

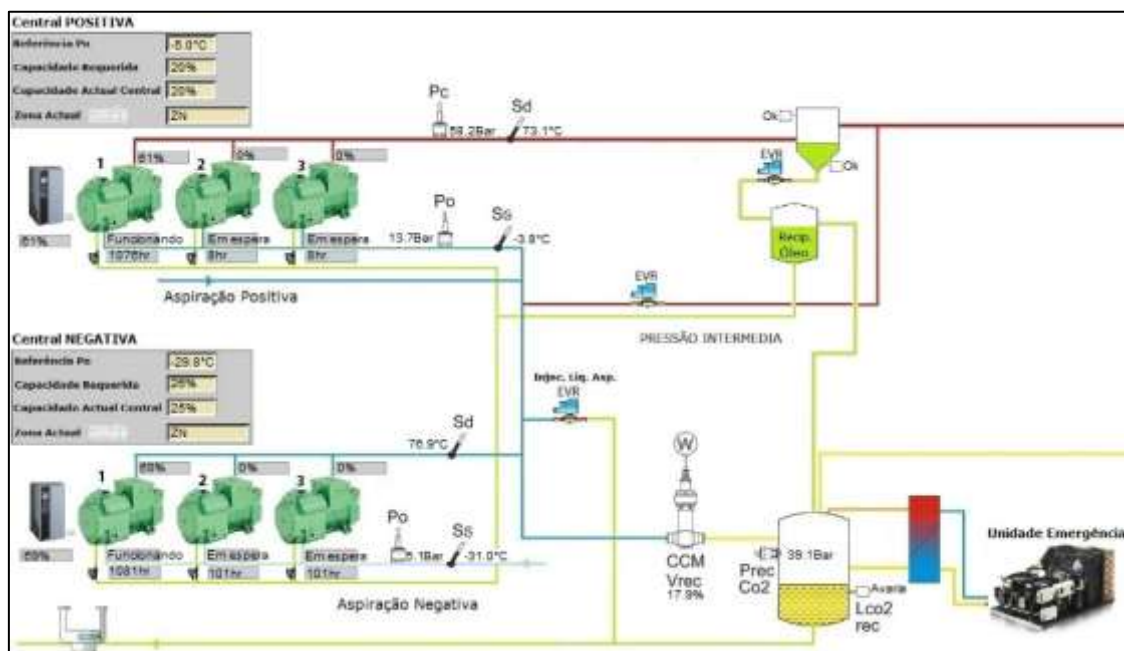


Figura 56 - Circuito de controlo do sistema de refrigeração implementado no supermercado, através do software store view by Danfoss

(1-2) Compressão de baixa (LT) e de alta pressão (MT)

A compressão do fluido frigorigéneo dá-se em duas fases: baixa e alta pressão. Durante a compressão, a pressão e a temperatura irão aumentar, isentropicamente, ou seja, com a mesma entropia, até às condições necessárias.

Como se pode verificar nos diagramas das figuras 58 e 59, o fluido frigorigéneo sai dos vários evaporadores de congelação (13), misturando-se no estado de vapor saturado e segue para o compressor (1). No percurso até à central, o fluido frigorigéneo irá sofrer um pequeno aquecimento, algo normal, devido à enorme diferença de temperatura entre o ambiente e o fluido frigorigéneo. No entanto, antes de entrar no compressor, é realizado um pré-aquecimento feito por permuta no interior do depósito intermédio, ajudando o compressor LT a efetuar um menor esforço.

Já quanto ao controlo, os compressores são ativados consoante as necessidades deste caso de estudo. No controlador da central LT a temperatura de entrada e de saída, bem como a pressão de saída são monitorizadas. À entrada do compressor LT, os sensores Ss e Po são sensores de temperatura e pressão. Já à saída do compressor só é necessário o sensor de temperatura (Sd), pois as pressões nunca atingem valores próximos dos limites definidos. Além disso, o fluido frigorigéneo que sai dos compressores de baixa pressão irá misturar-se com o gás proveniente do *by-pass* do depósito intermédio.

Tal como no circuito de subcrítico, no circuito transcrito também se faz a compressão do fluido R-744, mas a alta pressão. O fluido sai dos vários evaporadores de refrigeração (12), misturando-se entre eles e juntando o fluido proveniente da expansão da tubagem de *bypass* (16). De seguida, o fluido frigorigéneo entra no compressor (1), onde serão colocados novamente sensores de pressão e temperatura antes da compressão (Po e Ss respetivamente). Quando o fluido entra compressor irá sofrer compressão até à pressão de condensação subcrítica (2). Durante este processo, a temperatura do fluido aumenta, saindo do compressor no estado de vapor sobreaquecido, com controlo feito através de sensores de pressão e temperatura também (Pc e Sc respetivamente).

Existem limites definidos de pressão e de temperatura à saída do compressor MT que, caso sejam excedidos, os compressores deixam de funcionar. Por norma, os valores de pressão e temperatura máximas são definidos perante a resistência dos equipamentos dimensionados para a central. Neste caso, os valores de pressão e temperatura definidos para o projeto não

devem ultrapassar os 120 bar e os 100°C, respetivamente para os compressores MT. Caso aconteça, a central para, de modo a arrefecer e a perder pressão.

No *software* de controle remoto *StoreView By Danfoss* o nº de compressores em funcionamento é monitorizado consoante as necessidades de frio. O compressor 1 de cada central, seja compressor de baixa temperatura (LT) ou de média temperatura (MT), possui um variador de velocidade, que permite regular consoante as necessidades de frio. Chegando a 75% de capacidade, ou mesmo ao não funcionamento de um compressor, o compressor seguinte é ativado. No caso de existir um compressor avariado é deixado um alarme, dando conta dessa avaria.

No caso da figura 56 verifica-se que cada uma das centrais tem o compressor 1 em funcionamento, com uma capacidade de 61% e 69% da central MT e LT, respetivamente.

Separador de Óleo

O separador de óleo pretende desagregar o óleo do fluído frigorigéneo à saída dos compressores MT. Através de sensor de nível de óleo é possível enviar alarmes à central sobre um baixo ou elevado nível de óleo. O fluído frigorigéneo existente é deitado no depósito de líquido.

(2-3) Permutador de calor Águas Quentes Sanitárias

A fim de promover uma melhor eficiência energética, utilizou-se um permutador de calor para AQS. O permutador de calor dimensionado (exemplo da figura 57) serve para arrefecer o fluído frigorigéneo de forma muito ecológica, aquecendo a água que servirá para uso sanitário de um estabelecimento comercial. Pelos diagramas de Mollier figuras 58 e 59 é possível entender que o gás proveniente do compressor de alta pressão (2) irá entrar num permutador de calor a uma elevada pressão e temperatura, de modo a aproveitar o calor do fluído frigorigéneo para o aquecimento de águas quentes sanitárias (Condições de recuperação dimensionadas no ponto 3.8.2.1.: Temperatura da água à entrada: 15°C; Temperatura da água à saída: 45°C).

Num ponto de vista de controlo deste permutador de placas, com a ajuda da figura 57, a válvula de 3 vias (V3hr) estará sempre ativa para aquecer a água e deixará de o fazer quando o recuperador de calor atingir a temperatura, não necessitando de aquecer mais água. Para tal acontecer, usar-se-á um controlador, onde será necessário colocar sensores de temperatura à entrada e à saída da água do permutador de calor (Shr3 e Shr4) e um sensor temperatura do R-744 após o permutador de calor (Shr2). Caso o sensor Shr2 detete uma

temperatura muito elevada (acima de 45°C, valor limite imposto para abrir a válvula de 3 vias), o R-744 irá sempre ao permutador de calor. Por vezes, é utilizada a sonda de temperatura Shr8, medindo a temperatura da água que entra na rede já quente, proveniente do recuperador de calor.

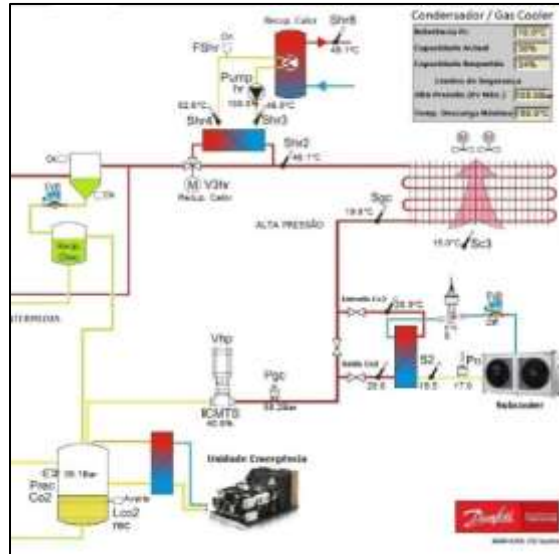


Figura 57 - Circuito de controlo do sistema de refrigeração implementado no supermercado visto no software store view by Danfoss

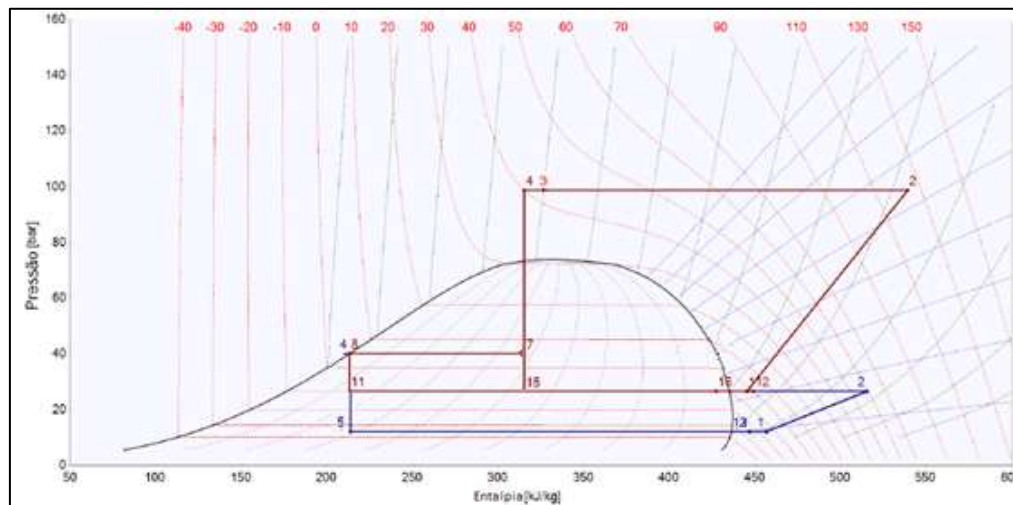


Figura 58 - Circuito frigorífico e diagrama P - h do ciclo de duplo estágio transcritical de compressão a vapor – Regime Verão

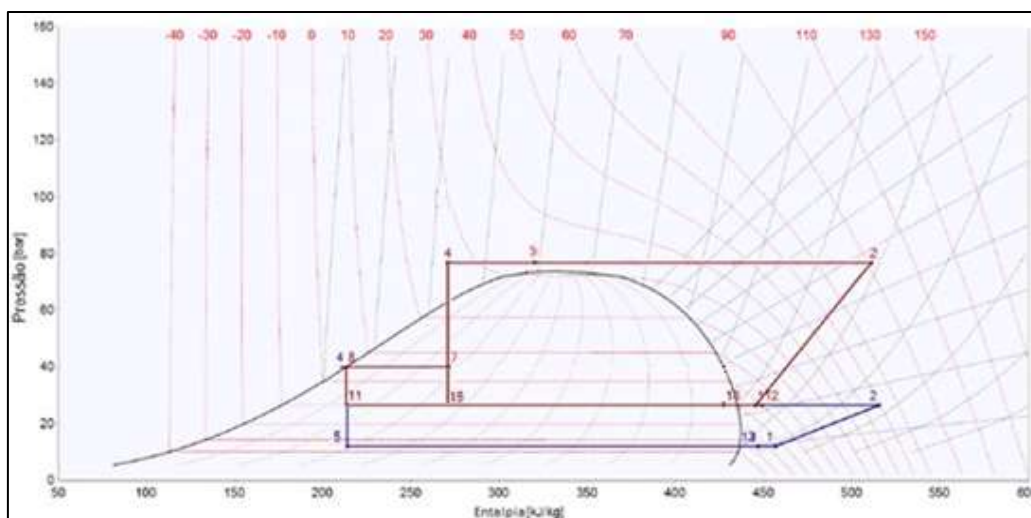


Figura 59 - Circuito frigorífico e diagrama P - h do ciclo de duplo estágio transcrito de compressão a vapor – Regime Inverno

(3-4) Condensação (*Gas Cooler*)

O condensador tem como objetivo forçar o arrefecimento do fluido frigorigéneo, sem nunca efetuar a mudança de estado do R-744, devido às elevadas pressões e temperaturas de serviço. De acordo com os diagramas das figuras 58 e 59, a partir do momento em que o fluido sai do permutador de calor de AQS (2'), segue para o condensador onde irá libertar o calor para o ambiente até atingir o *set point* pretendido à saída do *gas cooler* (4), com uma temperatura superior à do meio ambiente.

A grande diferença das figuras 58 e 59 é a temperatura à saída do compressor (2). Onde o permutador de placas para AQS e o *gas cooler* têm de ter maior capacidade de arrefecimento no verão (figura 58) do que no inverno (figura 59), isto devido as temperaturas extremas atingidas no verão o que dificulta o arrefecimento do fluido frigorigéneo R-744.

Por vezes, o fluido frigorigéneo que sai do *gas cooler* (3) não sai à temperatura pretendida, principalmente no verão, onde existe uma enorme dificuldade em arrefecer o R-744, conforme a o ciclo representado na figura 58. Quando a temperatura do *gas cooler* for superior a 40°C, este manterá os ventiladores a funcionar, mas fechará o funcionamento dos compressores de alta pressão, devido ao facto de não existirem condições para produzir frio. Já no inverno (figura 59), a temperatura que sai no *gas cooler* é bem mais baixa do que aquela que se verifica no verão. Nesses casos é ativada a unidade de condensação auxiliar, de forma a arrefecer o fluido à saída nas condições de temperatura pretendidas.

Neste caso de estudo, o *gas cooler* (exemplo na figura 57) possui 3 sensores importantes que regulam o funcionamento dos ventiladores e dos compressores: sensor de temperatura do ar

à entrada (Sc3), sensor de temperatura e o sensor de pressão à saída do compressor (Sgc e Pgc respetivamente).

Permutador de calor através do *sub cooler* (Entre os pontos 3 - 4)

Relativamente ao caso de estudo, o permutador (exemplo figura 57) permitirá arrefecer o R-744 quando este atinge valores superiores a 34°C. Através da válvula de duas vias à entrada e saída do permutador (V2e e V3e), é dada a permissão de abertura para o permutador de calor, arrancando o *sub cooler* através do sensor colocador no pressostato (FSsc) e no compressor (Comp. KP-15). A ETS da unidade de condensação não é mais do que a válvula expansora eletrónica que se ativa assim que a sonda FSsc tem corrente.

Por fim, existe um conjunto de sondas à entrada e à saída do permutador de forma a controlar a permuta. Ssc1 e Ssc2 são sensores que verificam a temperatura de entrada e saída do fluido frigorígeno no *sub cooler*. Ssc3 e Ssc4 são sensores que verificam a temperatura à entrada e saída do R-744. Quando Ssc3 começar a atingir valores iguais ou inferiores a 34°C, as válvulas de duas vias do permutador são fechadas.

(4-7) Expansão para a pressão intermédia

Numa análise aos diagramas das figuras 58 e 59, verifica-se que a expansão do fluido é forçada por uma válvula de expansão eletrónica à entrada (4), com o objetivo de regular a admissão de fluido, baixando drasticamente a pressão e temperatura à entrada do depósito de líquido (7).

Depósito intermédio (7)

O depósito intermédio serve para separar o fluido frigorígeno líquido do gasoso. Na maioria dos casos, o fluido não sai do condensador no estado líquido e, por isso, torna-se necessário o uso do depósito de líquido, evitando a entrada de vapor na válvula de expansão eletrónica junto aos equipamentos de frio. Tendo como ponto de partida da interpretação dos diagramas de *Mollier* das figuras 58 e 59, com a entrada do fluido (no estado de mistura) no depósito de líquido, obter-se-á líquido e gás no depósito. Por um lado, pretende-se aproveitar o líquido (7-8) para a sua expandir nos evaporadores. Por outro, aproveita-se o gás que sai do depósito para fazer um *bypass* (7-15), expandindo-o (15-16) para misturar com fluido frigorígeno proveniente do compressor de baixa pressão.

Desviando a análise mais para a parte de controlo (figura 57), antes do depósito intermédio, foi colocada uma válvula de expansão eletrónica de alta pressão (ICMTS) controlada através

de uma sonda (Vhp), monitorizando a percentagem de abertura da válvula, que permite expandir o gás em líquido.

Uma vez que é necessário líquido para a linha de líquido, existe um sensor no depósito, de nível mínimo (Lco2 rec), bem como um de nível máximo (Prec co2). Quando se atinge o valor mínimo de líquido é aberta automaticamente uma válvula de duas eletrónica, que permite retirar gás do depósito, arrefecendo esse mesmo gás, através de uma unidade de condensação auxiliar (unidade emergência). Desta forma, o fluído passará ao estado líquido e volta a entrar no depósito de líquido. Durante este processo, não existirá entrada de novo fluído frigorígeno, aguardando o arrefecimento do interior do depósito intermédio. O mesmo procedimento é realizado para a temperatura no interior do depósito.

Quando há gás demasiado gás no depósito, e que não seja totalmente capaz de arrefecer pela unidade de condensação auxiliar, existe uma linha bypass de gás do depósito de líquido, onde a válvula de expansão eletrónica de alta pressão CCM irá controlar a abertura através da sonda Vrec.

Expansão para os evaporadores de refrigerados (8-11) ou congelados (8-5)

Tendo novamente como referência os diagramas das figuras 58 e 59, a expansão do fluído é forçada com a sua passagem por uma válvula de expansão eletrónica à entrada (8), com o objetivo de regular a admissão de fluído, baixando drasticamente a pressão e a temperatura à entrada do evaporador, quer de refrigerados (11), quer de congelados (5). Durante este processo, a temperatura do fluído desce abaixo da temperatura da câmara frigorífica. O arrefecimento provoca uma diminuição da pressão, sendo o fluído frigorígeno parcialmente transformado em vapor.

(5-13) Evaporação LT, (11-12) Evaporação MT

Através dos diagramas das figuras 58 e 59 é possível notar que o fluído frigorígeno passa através do evaporador, absorvendo o calor a ser removido da câmara/expositor de refrigeração (11-12) ou de congelação (5-13), sendo o seu estado alterado para vapor saturado, retornando ao compressor, de alta pressão e baixa pressão respetivamente.

3.9.1. Selecionamento da gateway, controladores da central e dos controladores dos expositores e câmaras

A *gateway* escolhida para estabelecer a comunicação entre os controladores da central e o controlo remoto através do *software store view by danfoss* foi o modelo **AKA 245**. Com esta *gateway* é possível construir sistemas de controlo complexos com monitorização de alarme e registo de dados numa planta de refrigeração descentralizada do espaço onde foi colocado o sistema de refrigeração. Em anexo DD é exposto o catálogo, bem como será possível verificar as características técnicas resumidas.

Os controladores da central selecionados são os *Danfoss AK-PC 781A*. O modelo de controlador selecionado é muito completo, que permite o controlo de capacidade de compressores e condensadores em sistemas de refrigeração e, como tal, foi o selecionado para o caso de estudo. O controlador da central possui ainda sensores de nível de óleo para gerir o seu funcionamento, ativar a função de recuperação de calor em águas quentes sanitárias, por exemplo, e monitorizar o *gas cooler* do gás R-744. Este controlador permite ainda enviar sinais para outros controladores sobre o *status* operacional, como por exemplo, o fecho forçado de válvulas de expansão, sinais e mensagens de alarme, etc.

A principal função do controlador usado para as centrais é monitorizar compressores e condensadores, para que a operação seja realizada em todas as condições de pressão e temperatura ideais. Tanto as pressões e temperaturas de sucção, como as de condensação são controladas pelos sinais do transmissor de pressão e sensor de temperatura respetivamente. O controlo de capacidade pode ser realizado através da pressão de sucção P0 e da temperatura média S4. No anexo EE é exposto o catálogo, bem como será possível verificar as características técnicas resumidas.

O controlador selecionado para as câmaras, salas e expositores é da marca **Danfoss**, modelo **AK-CC 550A**. Estes controladores usados no caso de estudo são bastante abrangentes e com uma grande flexibilidade para adaptação a quaisquer equipamentos de refrigeração e câmaras frigoríficas. Para o controlo das câmaras e expositores são necessários apenas um controlador e um *display* com botões. Este controlo da temperatura é fundamental para verificar o perfeito funcionamento do expositor. No anexo FF é exposto o catálogo, bem como será possível verificar as características técnicas resumidas.

3.9.1.1. Esquema de controlo do controlador da central MT

No módulo principal do controlador selecionado existem entradas analógicas e saídas digitais, com 11 e 8 portas, respetivamente.

Como ilustra a figura 60, do lado das entradas são colocados os sensores de temperatura e pressão à saída dos compressores MT (Po Cond e Sd), bem como sensores de temperatura e pressão na aspiração dos compressores MT (Po Suction e Ss). Ainda são colocados mais 4 sensores que permitirão a gestão do *gas cooler*: sensor de pressão e temperatura antes do *gas cooler* (Pgc e Sgc respetivamente) e sensor de pressão e temperatura do condensador (Pc Cond pres. e Sd respetivamente). Estes sensores irão permitir fazer a gestão dos compressores e do óleo do depósito, pois esta só é possível se os compressores e a gestão do depósito intermédio estiverem em funcionamento, bem como a injeção de líquido proveniente do *by-pass*. Caso os parâmetros estejam fora dos limites impostos ao sistema, o compressor e a circulação de óleo deixarão de funcionar, bem como a injeção de líquido proveniente do *by-pass*, o que evita a expansão de gás a alta pressão e temperatura (ICMTS). Assim, é ativado o relé de saída digital de alarme, até que volte a entrar nos parâmetros.

Nas saídas digitais, consoantes os valores detetados pelas entradas, são dadas respostas sobre forma de abertura ou fecho do relé. De acordo com as necessidades, é ativado um determinado número de compressores. Assim que seja atingido uma percentagem igual ou superior a 75% da sua capacidade, é acionado o compressor seguinte, através dos relés DO5, DO6 e DO7. Por norma, a válvula solenoide está sempre aberta de modo a que o óleo esteja sempre a ser recirculado. Quando a central deixa de funcionar forçadamente, a válvula solenoide é fechada.

AK-PC 781A: Controller					
Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals
Po Suction pres.	AI1	1	Pt 1	AKS2050-159	1 - 2
Ss suction gas	AI2		Pt 2	PT 1000	3 - 4
Sd discharge	AI3		Pt 3	PT 1000	5 - 6
Pc Cond pres.	AI4		Pt 4	AKS2050-159	7 - 8
Sgc temp	AI5		Pt 5	PT 1000	9 - 10
Sc3 Air on	AI6		Pt 6	PT 1000	11 - 12
Pgc	AI7		Pt 7	AKS2050-159	13 - 14
Prec	AI8		Pt 8	AKS2050-159	19 - 20
(Loil Sep) High Oil Level Seper	AI9		Pt 9	Closed	21 - 22
(Loil recL) Low Oil Level Recel	AI10		Pt 10	Open	23 - 24
	AI11		Pt 11		25 - 26

AK-PC 781A: Controller					
Load/Function	Output	Module	Point	Type/Active	Terminals
Alarm	DO1	1	Pt 12	OFF	31 - 32
Válvula solenoide EVR, oleo do d	DO2		Pt 13	ON	33 - 34
	DO3		Pt 14	ON	35 - 36
Liq. Inject suction	DO4		Pt 15	ON	37 - 38
Compressor 1	DO5		Pt 16	ON	39-40-41
Compressor 2	DO6		Pt 17	ON	42-43-44
Compressor 3	DO7		Pt 18	ON	45-46-47
	DO8		Pt 19	OFF	48-49-50
Vhp 1 - Sinal de tensão para a válvula de alta pressão, ICMTS	-		Pt 24	0-10V	-
			Pt 25		

Figura 60 – Ligações no controlador AK-PC 781 para a central MT

Juntamente com o controlador principal, é colocado um módulo de ligação AK2-XM 102, com 8 inputs digitais, tal como ilustrado na figura 61. Normalmente, estas entradas

encontram-se em *on* por questões de segurança de cada compressor. Quando o/os compressor/es estão em funcionamento, o permutador de calor de AQS está fechado, dentro das gamas de temperatura. Quando o fluido frigorígeno chega à sonda de descarga a uma temperatura fora dos parâmetros, irá ativar a entrada do R-744 no chamado *heat recovery*, de forma a baixar a temperatura antes de entrar no condensador.

AK2-XM 102 A&B: 8 Digital inputs					
Signal/Function	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals
Motor Protect Safety - C	DI1	2	Pt 1	Open	1 - 2
Motor Protect Safety - C	DI2		Pt 2	Open	3 - 4
Motor Protect Safety - C	DI3		Pt 3	Open	5 - 6
	DI4		Pt 4		7 - 8
hr - Start/stop heat recov	DI5		Pt 5	Closed	9 - 10
	DI6		Pt 6		11 - 12
Exit Main Switch	DI7		Pt 7	Closed	13 - 14
All Compressors Common Safety	DI8		Pt 8	Open	15 - 16

Figura 61 - Ligações no módulo AK2-XM 102 do controlador AK-PC 781 para a central MT

Este 3º módulo (AK2-XM 250 A&B), como ilustra a figura 62, é praticamente dedicado à regulação do funcionamento da bomba de água, bem como à válvula de 3 vias do permutador de calor, consoante os valores e as funções da central. Quando o nível de óleo no depósito atingir um valor inferior ou superior ao recomendado é realizada uma gestão diferente dos compressores. Quando se ultrapassa os limites impostos pelos sensores de nível de óleo corta a injeção nos compressores, bem como a passagem para o permutador de calor de AQS, fazendo com que a bomba de AQS se desligue.

AK2-XM 205 A&B: 8 Digital outputs + 8 Analogue inputs						AK2-XM 205 A&B: 8 Digital outputs + 8 Analogue inputs					
Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals	Load/Function	Output	Module	Point	Type/Active	Terminals
MT-Comp. Request	AI1	3	Pt 1	Closed	1 - 2	MT - Comp. Release	DO1	3	Pt 9	On	25 - 26 - 27
Fan 1 Safety	AI2		Pt 2	Closed	3 - 4	Liq. Inject heat exch.	DO2		Pt 10	On	28 - 29 - 30
Level switch, oil, rec	AI3		Pt 3	Closed	5 - 6	Injection On	DO3		Pt 11	On	31 - 32 - 33
Level switch, oil, rec	AI4		Pt 4	Closed	7 - 8	Pump hr	DO4		Pt 12	On	34 - 35 - 36
Level switch, oil, rec	AI5		Pt 5	Closed	13 - 14	V3hr - 3 way valve, heat oil	DO5		Pt 13	On	37 - 38 - 39
Level switch, CO2 re	AI6		Pt 6	Open	15 - 16	V3tw - 3 way valve, tap wa	DO6		Pt 14	On	40 - 41 - 42
Prec CO2- Refriger	AI7		Pt 7	AKS 2050-15	17 - 18	V3gc - 3 way valve, gas co	DO7		Pt 15	On	43 - 44 - 45
Prec Oil	AI8		Pt 8	AKS 2050-16	19 - 20	Start/Stop VLT for fans	DO8		Pt 16	On	46 - 47 - 48

Figura 62 - Ligações no módulo AK2-XM 205 A&B do controlador AK-PC 781 para a central MT

No módulo 4, apresentado na figura 63, existe uma gestão de entradas, sensores de pressão e temperatura que, consoante a informação da temperatura e da pressão do *gas cooler* à saída, aumenta ou diminui a velocidade dos ventiladores do condensador, dos compressores, bem como da unidade de condensação auxiliar. Se se verificar uma maior temperatura à saída do *gas cooler* será necessário um maior arrefecimento, logo uma maior velocidade dos ventiladores do condensador.

AK2-XM 103A: 4 Analogue inputs						AK2-XM 103A: 4 Analogue outputs					
Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals	Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals
Sgc - Temp. Gas	AI1	4	Pt 1	PT 1000	1 - 2		AO1	4	Pt 5		17 - 18
Shp - Temp. By-pa	AI2		Pt 2	PT 1000	3 - 4	Speed hr	AO2		Pt 6	0 - 10v	19 - 20
Pgc - Gas cooler P	AI3		Pt 3	AKS 2050-15	5 - 6	Speed Compressor	AO3		Pt 7	0 - 10v	21 - 22
	AI4		Pt 4		7 - 8	Speed Condensador	AO4		Pt 8	0 - 10v	23 - 24

Figura 63 - Ligações no módulo AK2-XM 103A do controlador AK-PC 781 para a central MT

No 5º módulo (figura 64) há 7 entradas analógicas e 2 saídas que praticamente faz a gestão do permutador de calor de AQS. Segundo a figura 65, nas entradas do controlador existe, na grande maioria, sensores de temperatura à entrada e saída do permutador de calor de AQS, quer do lado do R-744, quer de água. Ainda nas entradas, consoante o que for registado pelos sensores de temperatura, é dada uma informação à válvula solenoide FShr para o funcionamento ou não do permutador na parte da água. Perante este cenário, o permutador dá sinais para as válvulas expansoras de alta pressão, de modo a expandir mais ou menos consoante as necessidades.

AK2-XM 208C: 8 Analogue inputs + 4 Steps					
Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals
Shr4	AI1	5	Pt 1	PT 1000	1 - 2
Shr3	AI2		Pt 2	PT 1000	3 - 4
Shr8	AI3		Pt 3	PT 1000	5 - 6
HC1	AI4		Pt 4	0 - 10v	7 - 8
Hr enable	AI5		Pt 5	Closed	9 - 10
FShr	AI6		Pt 6	Closed	11 - 12
Shr2	AI7		Pt 7	PT 1000	13 - 14
	AI8		Pt 8		15 - 16

Load/Function	Output	Module	Point	Type/Active	Terminals
Vhp 1	O1	5	Pt 9	User defined	25-26-27-28
Vrec 1 - Stepper sig	O2		Pt 10	ETS-50,CCM-30	29-30-31-32
	O3		Pt 11		33-34-35-36
	O4		Pt 12		37-38-39-40

Figura 64 - Ligações no módulo AK2-XM 208C (heat recovery) do controlador AK-PC 781 para a central MT

AK2-XM 208C: 8 Analogue inputs + 4 Steps					
Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals
Ssc2	AI1	6	Pt 1	PT 1000	1 - 2
Ssc1	AI2		Pt 2	PT 1000	3 - 4
Ssc3	AI3		Pt 3	PT 1000	5 - 6
Vsc12	AI4		Pt 4	0 - 10v	7 - 8
Sc enable	AI5		Pt 5	Closed	9 - 10
FSsc	AI6		Pt 6	Closed	11 - 12
Ssc4	AI7		Pt 7	PT 1000	13 - 14
	AI8		Pt 8		15 - 16

Load/Funct	Output	Module	Point	Type/Active	Terminal
Comp. KF	O1	6	Pt 9	OFF	25-26-27-28
	O2		Pt 10		29-30-31-32
	O3		Pt 11		33-34-35-36
	O4		Pt 12		37-38-39-40

Figura 65 - Ligações no módulo AK2-XM 208C (subcooler) do controlador AK-PC 781 para a central MT

No módulo 6 existem 7 entradas analógicas e 1 saída. A figura 65 mostra os sensores de temperatura à entrada e à saída do *sub cooler*, que fazem regular o funcionamento do pressostato dessa unidade. Quando atingir um valor fora dos que são atribuídos ao sistema, é ativado o sistema *sub cooler*.

3.9.1.2. Esquema de controlo do controlador da central LT

No módulo principal do controlador utilizado neste caso de estudo existem entradas analógicas e saídas digitais, com 11 e 8 portas, respetivamente.

Segundo a figura 66 constata-se que do lado das entradas são colocados os sensores de temperatura e pressão à saída dos compressores LT (Po Cond e Sd), bem como sensores de temperatura e pressão na aspiração dos compressores LT (Po Suction e Ss), exatamente igual ao esquema do controlador MT. Ainda do lado das entradas são colocados mais dois sensores que permitirão o controlo da temperatura do local onde estão as centrais: os sensores de

temperatura na casa de máquinas e no quadro elétrico (Saux1 e Saux 2 respetivamente). Estes sensores irão permitir fazer a leitura da temperatura desses locais. Caso seja ultrapassada a temperatura definida em *set point*, os compressores e toda a central deixarão de funcionar, emitindo um alarme (definido como uma saída digital). Este processo permite proteger uma probabilidade mínima de ocorrência de explosão.

Neste controlador principal ainda existe a colocação de relé nas saídas digitais que ativem ou desativem os compressores, tal como acontece no controlador MT. Adicionalmente existe uma alimentação ao compressor de forma a aumentar ou reduzir a velocidade consoante as necessidades detetadas pelo controlador (Saída analógica AO1).

Juntamente com o controlador principal é colocado um módulo de ligação AK2-XM 102 (figura 67), com 8 inputs digitais. Regra geral, estas entradas encontram-se abertas por motivos de segurança de segurança de cada compressor. Existe um interruptor junto à central que permite o corte geral da central LT. O mesmo acontece para a central MT.

AK-PC 781: Controller					
Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals
Po Suction pres.	A/1	1	Pt 1	AKS2050-159	1 - 2
Se suction gas	A/2		Pt 2	AKS PT 1000	3 - 4
Sd discharge	A/3		Pt 3	AKS PT 1000	5 - 6
Pc Cond pres.	A/4		Pt 4	AKS2050-159	7 - 8
Saux 1 (Temp. C. Máquina)	A/5		Pt 5	AKS PT 1000	9 - 10
Saux 2 (Temp. Q.E)	A/6		Pt 6	AKS PT 1000	11 - 12
LT - Comp. Release	A/7		Pt 7	Closed	13 - 14
	A/8		Pt 8		19 - 20
	A/9		Pt 9		21 - 22
	A/10		Pt 10		23 - 24
	A/11		Pt 11		25 - 26

AK - PC 781: Controller					
Load/Function	Output	Module	Point	Type/Active	Terminals
Alarm	DO1	1	Pt 12	OFF	31 - 32
	DO2		Pt 13		33 - 34
	DO3		Pt 14		35 - 36
	DO4		Pt 15		37 - 38
Compressor 1	DO5		Pt 16	ON	39-40-41
Compressor 2	DO6		Pt 17	ON	42-43-44
Compressor 3	DO7		Pt 18	ON	45-46-47
	DO8		Pt 19		48-49-50
Speed compressor	AD1		Pt 24	0 - 10v	
			Pt 25		

Figura 66 - Ligações no controlador AK-PC 781 para a central LT

AK2-XM 102 A&B: 8 Digital inputs					
Signal/Function	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals
Motor Protect Safety - C	DI1	2	Pt 1	Open	1 - 2
Motor Protect Safety - C	DI2		Pt 2	Open	3 - 4
Motor Protect Safety - C	DI3		Pt 3	Open	5 - 6
	DI4		Pt 4		7 - 8
	DI5		Pt 5		9 - 10
	DI6		Pt 6		11 - 12
Ext Main Switch	DI7		Pt 7	Closed	13 - 14
Common Safety All Com	DI8		Pt 8	Open	15 - 16

Figura 67 - Ligações no módulo AK2-XM 250 A&B controlador AK-PC 781 para a central LT

Este 3º módulo (AK2-XM 250 A&B) é praticamente dedicado à regulação da casa de máquinas (figura 68). Neste controlador existem 8 entradas analógicas e 8 saídas digitais. Caso seja o depósito de CO₂ que se encontre em compressão superior àquela que é suportada ou com um nível baixo (sensor *Lco2 rec*), significa que existe muito gás a chegar ao depósito intermédio. Assim sendo, será necessário arrefecer esse gás, abrindo a válvula expansora eletrónica de alta temperatura (sensor *Vrec 1*) que permite devolver o gás aos compressores MT, com o funcionamento permanente da unidade de condensação auxiliar (*heat*

exchanger). Por outro lado, quando o detetor de CO₂ (sensor Machine room High) deteta níveis de R-744 na casa de máquinas acima do definido como limite, a ventilação é acionada para a casa de máquinas e para o quadro elétrico (sensores Machine room Temperature e Control Panel Temperature).

AK2-XM 205 A&B: 8 Digital outputs + 8 Analogue inputs						AK2-XM 205 A&B: 8 Digital outputs + 8 Analogue inputs					
Sensor/Signal	Input	Module	Point	Type/Active	Terminals	Load/Function	Output	Module	Point	Type/Active	Terminals
Low rec - Low CO2 level	AI1	3	Pt 1	Open	1 - 2	Vrec 1 - by-pass valve	DO1	3	Pt 9	CCM (%)	25 - 26 - 27
Machine room High CO2	AI2		Pt 2	Open	3 - 4	Machine room Temperat	DO2		Pt 10	OFF	28 - 29 - 30
	AI3		Pt 3		5 - 6	Control Panel Temperat	DO3		Pt 11	ON	31 - 32 - 33
	AI4		Pt 4		7 - 8	LT-Comp. Request	DO4		Pt 12	ON	34 - 35 - 36
	AI5		Pt 5		13 - 14		DO5		Pt 13		37 - 38 - 39
	AI6		Pt 6		15 - 16		DO6		Pt 14		40 - 41 - 42
	AI7		Pt 7		17 - 18	Hot Gas Dump LT Only	DO7		Pt 15	ON	43 - 44 - 45
	AI8		Pt 8		19 - 20		DO8		Pt 16		46 - 47 - 48

Figura 68 - Ligações no módulo AK2-XM 205 A&B controlador AK-PC 781 para a central LT

3.9.1.3. Esquema dos controladores dos expositores do talho, lacticínios e charcutaria

Nos controladores próprios para expositores, câmaras e todo o tipo de máquinas frigoríficas, existem 6 entradas analógicas, 6 saídas digitais e 3 entradas digitais, como é possível verificar na figura 69. Consoante a tensão da bobine, a válvula expansora irá abrir ou fechar dependendo da tensão de alimentação. Quando o controlador não tem a tensão e quando uma situação de alarme ocorre, os terminais 7, 8 e 9 estão conectados. Consoante o valor da temperatura à saída do evaporador, a válvula vai abrindo e fechando, dependendo das necessidades de frio que são dadas à válvula expansora através do controlador. As restantes saídas digitais são controladas remotamente, podendo ser colocados temporizadores ou não.

AK CC 550A: Controller						
Sensor/Signal		Module	Point	Type/Active	Terminals	
Tensão de alimentação	-	1		0 - 230 V	1 - 2	
Bobine	-			0 - 12V	3 - 4	
Injection AKVA	DO1			0 - 230 V	5 - 6	
Alarm	DO2			OFF	7 - 8 - 9	
Defogging	DO3			OFF	10 - 11	
Desfrost	DO4			OFF	12 - 13 - 14	
Fan	DO5			OFF	15 - 16	
Light Reley	DO6			ON	17 - 18 - 19	
0= not used	DI1			o02	OFF	22 - 23
0= not used	DI2			o37	OFF	24 - 25
0= not used	DI3			o84	0 - 230 V	26 - 27
Pressure Transmitter (Po)	AI1			AKS 32R		30 - 31 - 32
S2	AI2			PT 1000		35 - 36
S3	AI3			PT 1000		37 - 38
S4	AI4			PT 1000		39 - 40
S5	AI5			PT 1000		41 - 42
S6	AI6		PT 1000		43 - 44	
Display	MODBUS		Cable		51 - 52 - 53	

Figura 69 - Ligações do controlador AK CC 550 dos expositores do talho, lacticínios e charcutaria

Neste caso, as ligações na figura 69 estão dimensionadas para os expositores de talho, lacticínios e charcutaria, onde só é necessário ligar as luzes dos expositores quando o estabelecimento se encontra aberto ao público, mas também antes da abertura e depois do

fecho, para reposição e limpeza respetivamente. Para além da luz é também possível temporizar as descongelações, o uso dos ventiladores, bem como o corte de frio. Na figura 70 é mostrada uma programação de fecho da válvula expansora eletrónica, nos expositores. Este programa é realizado normalmente quando os produtos deixam de estar expostos ou nos locais que não necessitam de frio quando a loja permanece fechada.

As sondas Pt 1000 são ligadas ao controlador. Estas controlam a temperatura de entrada e saída do fluido frigorigéneo no evaporador (S1 e S2 respetivamente), a temperatura de entrada ou saída do ar do evaporador (S3 e S4 respetivamente) e a sonda da resistência elétrica (S5).

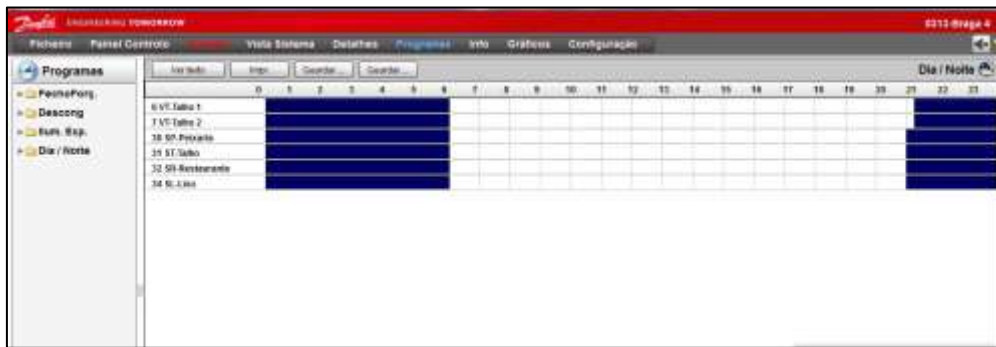


Figura 70 – Programa dia e noite para cortar a refrigeração os espaços selecionados, através do software store view by Danfoss

Estas sondas vão gerir toda a abertura e fecho da válvula expansora, mas também irão permitir enviar alarmes ao utilizador de forma a evidenciar a necessidade de assistência remota ou local, como por exemplo, a válvula expansora estar totalmente aberta e com os valores de temperatura altos. Este tipo de casos, mais frequentes no verão, evidenciam um de dois problemas: congelamento na zona da válvula expansora que afeta a expansão do gás e, por isso, está sempre aberta; ou a existência de algum problema com a sonda da temperatura à saída do ar ou do evaporador. Uma forma de verificar a existência de frio é averiguar se as sondas S2 e S4 têm a temperatura aproximada e próxima do *setpoint*, tal como se verifica na figura 71. Caso não aconteça, deve-se forçar uma descongelação e verificar se o valor do ar à saída do evaporador (S4) arrefece. Caso contrário, pode ter avariado a válvula expansora eletrónica, algo que é frequente.

Analisando agora a figura 71 percebe-se que o estado do controlador se encontra com a regulação parada (estado s11), devido ao facto de se ter atingido a temperatura de corte (2°C). Quando isto acontece, deixa de fazer frio e a válvula expansora termostática fecha (abertura AKV %) até se atingir 4°C. Esta temperatura de corte é definida pelo utilizador. As sondas

S5 e S6 aparecem com aqueles valores indicados, uma vez que não estão a ser utilizadas. Por fim, é possível verificar na figura 71 o valor registado pela sonda S1, identificada como *Temp. Evap. Te..*

Control View		Atualizado: 11:20:01	
Estado Contr	(s13) Reg. Parada	e13 Int. Principal	1-Despiaz
s17 Temp. Imbestaco	3.2 °C	e14 Temp. Vapor Vent	30.6 °C
s15 Temp. Ab. S7	3.2 °C	e15 Modo Vapor Vent	0-Des Polaris
s14 Temp. Ab. S4	3.4 °C	e16 Ciclo Ventilador	3 min
Abertura AVV %	3 %	e17 Ventilação-Off %	100 %
s26 Temp. Evap. Te	-4.7 °C	e18 Modo Fecho Forpe	1-On Desc. Permitida
s20 S1 Temp	3.2 °C		
s29 S2 Temp	125.0 °C		
s28 S3 Temp	125.0 °C		

Figura 71 – Dados de leitura do controlador (à esquerda), funções sobre o controlador (à direita) do um expositor, através do programa store view by danfoss

3.9.1.4. Esquema dos controladores das ilhas de congelados

Para os expositores de congelados, o controlador e o esquema de ligações da figura 72 são os mesmos de outros controladores, apenas é acrescentado um sensor de entrada digital. Este sensor permite que remotamente e localmente se acione ou se force uma descongelação quando existe dificuldade em fazer frio, principalmente devido ao gelo que se acumula no evaporador.

AK CC 550A: Controller		GAS 5 W / DOORS			
Sensor/Signal	Module	Point	Type/Active	Terminals	
Tensão de alimentação	-		0 - 230 V	1 - 2	
Bobine	-		0 - 12V	3 - 4	
Injection AKVA (bobine)	DO1		0 - 230 V	5 - 6	
Alarm	DO2		OFF	7 - 8 - 9	
Defogging	DO3		OFF	10 - 11	
Defrost	DO4		OFF	12 - 13 - 14	
Fan	DO5		OFF	15 - 16	
Light Reley	DO6		ON	17 - 18 - 19	
0= not used	DI1	e02	OFF	22 - 23	
0= not used	DI2	e37	OFF	24 - 25	
4=defrost start	DI3	e04	0 - 230 V	26 - 27	
Pressure Transmitter	AI1		AKS 32R	30 - 31 - 32	
S2	AI2		PT 1000	35 - 36	
S3	AI3		PT 1000	37 - 38	
S4	AI4		PT 1000	39 - 40	
S5	AI5		PT 1000	41 - 42	
S6	AI6		PT 1000	43 - 44	
Display	MODBUS		Cable	51 - 52 - 53	

Figura 72 - Ligações do controlador AK CC 550 das ilhas de congelados simples, ilhas de congelados duplos e de peixe congelado

Na figura 73 são apresentados os ajustes do controlador de uma ilha de congelados, controlado remotamente pelo *software StoreView by danfoss*. À esquerda apresenta-se os valores lidos pelas sondas, no estado de funcionamento controlo adaptivo (estado s23), com uma temperatura do ar à saída do evaporador de -21.8°C e uma temperatura medida no expositor no ponto mais alto e distante do evaporador de -15.7°C. Segundo o que indicam os valores apresentados à esquerda, a válvula expansora eletrónica apresenta uma percentagem de abertura de 31%. Já à direita estão os ajustes a efetuar às descongelações. Está programada

uma descongelação para a 01H com duração de 40 minutos. Já a segunda descongelação definida para as 13h, nunca conseguirá ser efetuada, pois não foi definido o tempo de descongelação.



Figura 73 - Dados de leitura do controlador (à esquerda), funções de programação de descongelação sobre o controlador (à direita) de uma ilha de congelados, através do software store view by Danfoss

Na figura 73, ainda sobre o mesmo controlador da ilha de congelados, verificam-se as descongelações às 01h, mudando o estado de 23 (controlo adaptivo) para o estado 18 (descongelação) com uma duração de 40 min e no estado 4 por mais 5 min (tempo de escorrimento de água após descongelação), como é possível ver na figura 75. Durante a descongelação a temperatura à saída do evaporador chega a atingir 10°C. Para este controlador, mesmo que não faça o tempo total de descongelação, é possível definir a temperatura máxima de descongelação de 12°C (figura 74) medido na sonda S4. Como a temperatura do ar à saída do evaporador não atinge a temperatura definida pelo setpoint, a válvula expansora eletrónica nunca é encerrada.



Figura 74 - Dados de leitura do controlador (à esquerda), funções durante a descongelação sobre o controlador (à direita) de uma ilha de congelados, através do software store view by Danfoss



Figura 75 – Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior, com indicação das descongelações da ilha de congelados, através do software store view by Danfoss

De seguida, apresenta-se na figura 76 o gráfico de um controlador que comanda 3 evaporadores. Apenas são apresentados os valores do expositor IC – Combi Inf. 3. Na figura é evidente que existem duas descongelações durante o dia, uma às 01h e outra às 13h, sem limitação de temperatura de descongelação. Pretende-se chamar à atenção ao bom funcionamento desde expositor, pelo facto de atingir facilmente a temperatura definida como *setpoint*. Assim que o expositor atinja esta temperatura, fecha a válvula expansora eletrónica e deixa de fazer frio, passando para o estado 11 (Refrigeração parada pelo termóstato) até que aumente a temperatura em 2°C, ou seja, assim que atinja os -18°C volta a abrir a válvula expansora eletrónica fazendo frio.



Figura 76 - Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior com indicação das descongelações de uma das três ilhas de congelados sobre controlo, através do software store view by Danfoss

Ainda sobre os expositores de congelados, é pertinente perceber quando algo está errado, como é o caso da figura 77. Com quatro descongelações por dia, verifica-se que por volta das 00h faz uma descongelação (Estado 14) e assim que termina essa descongelação começa a recuperar a temperatura até aos 0°C. A partir daí não consegue fazer mais frio. Assim, a

descongelamento é forçada por duas vezes (Estado 18), que se pode verificar a seguir ao primeiro retângulo. Ainda assim, o problema não é resolvido e é feita uma nova descongelamento programada. No entanto, para perceber o que se passa, é necessário verificar a temperatura de evaporação e das outras sondas, sendo assim possível averiguar se se trata de algum problema possível com resolução remota ou se é necessário ser presencial.



Figura 77 - Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior, com indicação de problemas na última descongelamento da ilha de congelados, através do software store view by Danfoss

3.9.1.5. Esquema dos controladores dos expositores de fruta e legumes e 4ª gama

O controlador e o esquema de ligações definidos para os expositores da fruta e legumes e 4ª gama (figura 78) são praticamente idênticos aos restantes controladores, sendo apenas alterado o sensor de entrada digital. Foi usado o esquema da aplicação 7, que segundo a Danfoss é próprio para o controlo de cortinas noturnas. Este sensor permite que remotamente ou localmente se acione ou se force uma condição noturna, ou seja, acionando as cortinas, fechando a válvula expansora eletrónica e desligando a luz.

Sensor/Signal	Module	Point	Type/Active	Terminals
Tensão de alimentação	-		0 - 230 V	1 - 2
Bateria + Bobine	-		0 - 12V	3 - 4
Injection AKVA	DO1		0 - 230 V	5 - 6
Cortinas	DO2		OFF	7 - 8 - 9
Defogging	DO3		OFF	10 - 11
Defrost	DO4		OFF	12 - 13 - 14
Fan	DO5		OFF	15 - 16
Light Relay	DO6		ON	17 - 18 - 19
0= not used	DI1	e02	OFF	22 - 23
0= not used	DI2	e37	OFF	24 - 25
12=night cover	DI3	e04	0 - 230 V	26 - 27
Pressure Transmitter	AI1		AKS 32R	30 - 31 - 32
S2	AI2		PT 1000	35 - 36
S3	AI3		PT 1000	37 - 38
S4	AI4		PT 1000	39 - 40
S5	AI5		PT 1000	41 - 42
S6	AI6		PT 1000	43 - 44
Display	MODBUS		Cable	51 - 52 - 53

Figura 78 - Ligações do controlador AK CC 550 dos expositores de fruta e legumes e 4ª gama

No entanto, pode ser temporizado através da ação de condição noturna, que fará desligar a iluminação e fechar as cortinas a partir de uma determinada hora até a uma hora a definir. Da mesma forma que a programação é feita para a descongelação pode ser feita para as cortinas.

3.9.1.6. Esquema dos controladores das salas de preparação e corredores

A figura 79 refere-se às salas de preparação e corredores. O esquema de ligações definido ao controlador é muito próximo ao esquema das ilhas de congelados, com a diferença do tipo de saídas digitais: deixa de ser necessário a existência do rele que acione a luz e passa a ser dependente do utilizador apenas. É colocado o desembaciamento.

Por norma, é colocado também um programa temporizador que permite ligar e desligar a válvula expansor quando necessário. De forma a evitar congelamentos nas válvulas expansoras eletrónicas e nos evaporadores, é possível temporizar também as descongelações ou forçar a descongelação pelo utilizador.

AK CC 550A: Controller		Salas e corredores refrigerados			
Sensor/Signal	-	Module	Point	Type/Active	Terminals
Tensão de alimentação	-			0 - 230 V	1 - 2
Bobine	-			0 - 12V	3 - 4
Injection AKVA		DO1		0 - 230 V	5 - 6
Alarm		DO2		OFF	7 - 8 - 9
Refrigeration		DO3		OFF	10 - 11
Defrost		DO4		OFF	12 - 13 - 14
Fan		DO5		OFF	15 - 16
Defogging		DO6		ON	17 - 18 - 19
0= not used		DI1	002	OFF	22 - 23
0= not used		DI2	037	OFF	24 - 25
4=defrost start		DI3	084	0 - 230 V	26 - 27
Pressure Transmitter		AI1		AKS 32R	30 - 31 - 32
S2		AI2		PT 1000	35 - 36
S3		AI3		PT 1000	37 - 38
S4		AI4		PT 1000	39 - 40
S5		AI5		PT 1000	41 - 42
S6		AI6		PT 1000	43 - 44
Display		MODEBUS		Cable	5 - 52 - 53

Figura 79 - Ligações do controlador AK CC 550 das salas e corredores refrigerados

Pela figura 80 é possível ver a aplicação de condição noturna nas salas identificadas, onde o encerramento da válvula expansora eletrónica é temporizado, das 21h até as 6h. Esta medida visa evitar desperdício de arrefecimento em locais necessários para manter a temperatura do produto quando usado pelos colaboradores.



Figura 80 - Programa dia e noite para cortar a refrigeração nas salas seleccionadas, através do software store view by Danfoss

3.9.1.7. Esquema dos controladores das câmaras de refrigeração e congelação

Por fim, é apresentado o esquema definido para controlar as câmaras de refrigeração e de congelação. Segundo a brochura sobre o controlador, o esquema de aplicação deve ser o 1, onde apenas diferem as entradas digitais, em relação a todos os outros controladores.

AK CC 550A: Controller		Câmaras de Refrigerados e Congelados				
Sensor/Signal	-	Module	Point	Type/Active	Terminals	
Tensão de alimentação	-			0 - 230 V	1 - 2	
Bobine	-			0 - 12V	3 - 4	
Injection AKVA	DO1	1		0 - 230 V	5 - 6	
Alarm	DO2			OFF	7 - 8 - 9	
-	DO3			OFF	10 - 11	
Defrost	DO4			OFF	12 - 13 - 14	
Fan	DO5			OFF	15 - 16	
Light Relay	DO6			ON	17 - 18 - 19	
1. status	DI1			o02	ON	22 - 23
2. door function with alarm when	DI2			o37	OFF	24 - 25
4=defrost start	DI3			o84	0 - 230 V	26 - 27
Pressure Transmitter	AI1				AKS 32R	30 - 31 - 32
S2	AI2				PT 1000	35 - 36
S3	AI3				PT 1000	37 - 38
S4	AI4				PT 1000	39 - 40
S5	AI5			PT 1000	41 - 42	
S6	AI6			PT 1000	43 - 44	
Display	MODBUS			Cable	51 - 52 - 53	

Figura 81 - Ligações do controlador AK CC 550 das câmaras de refrigerados e congelados

Na figura 81 é perceptível um maior controlo e uma maior resposta para o utilizador, podendo saber se a porta está aberta, bem como o estado de descongelação e de funcionamento da válvula expansora eletrónica. Assim que a porta é aberta, a corrente para o funcionamento da válvula expansora é cortada e é ativado o relé da iluminação do espaço, de modo a evitar o arrefecimento do espaço quando está aberto com ou sem pessoas no interior. Quando isto acontece é deixado um alarme de porta aberta, tal como para a temperatura alta.

Neste controlador não é necessário programar o fecho da válvula expansora, pois é necessário manter a temperatura do produto durante a noite. Contudo, as descongelações são imprescindíveis. Por norma, estas são aplicadas de 6 em 6 ou de 8 em 8 horas, até um máximo 45 minutos de descongelação permanente, de forma a evitar o congelamento sobre o evaporador e alhetas. Na figura 82 são apresentados 4 programas definidos para cada câmara de congelados, com horários distintos para efetuar a descongelação, mas sempre de 6 em 6 horas, com uma duração de 30 minutos.



Figura 82 - Programa de descongelação para cortar a refrigeração nos evaporadores das câmaras de congelados, através do programa store view by danfoss

Como exemplo, é possível mostrar um gráfico (figura 83) recolhido sobre o comportamento de uma câmara de congelados da padaria (CCPA), onde se verificam alguns comportamentos anormais. O gráfico inicia-se no estado 23 (controlo adaptativo), até cerca das 7h. Todos os retângulos vermelhos possíveis de visualizar na figura 83 referem-se à passagem ao estado 17 (porta aberta), onde se verifica longos cursos neste estado, o que não facilita na recuperação da temperatura no interior da câmara. Depois do segundo retângulo, ou seja, do segundo período de porta aberta, pelas 10h da manhã, a câmara de congelados entra em descongelação (estado 14 – Descongelação), pelo que, pela figura, é possível perceber que faz 4 descongelações, de 6 em 6 horas, pelas 10h, 16h, 22h e 04h.

Quando finaliza a primeira descongelação passa para o estado 4 (tempo definido pelo utilizador para escorrer a água proveniente da descongelação). Assim, é possível concluir que o estado 4 só é atingido uma vez por dia, às 10h.

A partir daí, verificou-se uma série de abertura de portas, que nunca mais conseguiu atingir as temperaturas definidas pelo *setpoint*, durante todo o dia. Ao longo da noite, a porta esteve fechada e no dia seguinte, logo de manhã, volta a ficar de porta aberta desde as 6h até as 10h aproximadamente (último retângulo vermelho), entrando de seguida em descongelação. O que é certo é que a partir dessa descongelação, mesmo com algumas aberturas de porta consecutivas, o evaporador conseguiu voltar a aproximar-se da temperatura definida pelo *setpoint*, ao ponto de uma das vezes ter atingido e cortado o frio (estado 11 – fecho forçado da válvula expansora por ter atingido o *setpoint*).

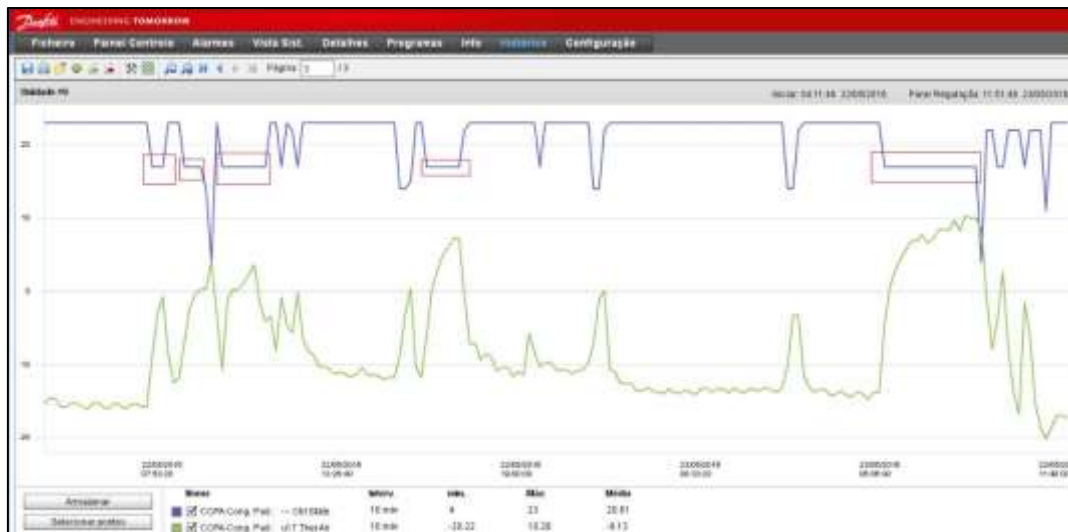


Figura 83 - Gráfico do estado do controlador e a temperatura medida no interior de uma câmara de congelados da padaria, através do software store view by Danfoss

Depois de explicado o gráfico da figura 83, é possível concluir a importância das descongelações. Estas ajudam a evitar a acumulação de gelo na parte exterior do evaporador e nas alhetas, de forma ajudar a maximizar a eficiência de permuta do ar com fluido frigorígeno.

3.9.1.8. Princípio e esquema de controlo do sub cooler

O EKD 316 é um controlador próprio para permutadores de calor do *subcooler* (figura 84). A válvula expansora eletrónica ETS é utilizada para o controlo preciso do permutador de calor com o fluido frigorígeno primário. O controlador e a válvula podem ser usados onde houver requisitos para o controle preciso do superaquecimento em conexão com a refrigeração. No anexo GG é exposto o catálogo, bem como será possível verificar as características técnicas resumidas. Este controlador, destinado para controlar o *sub cooler*, tem 7 entradas analógicas e 2 saídas digitais. Os terminais 5 a 8 destinam-se a regular a abertura da válvula termostática ETS, através da leitura dos sensores à saída do evaporador, por parte do fluido frigorígeno e do ar. De 9 – 13 não é mais que a comunicação com o *display*.

EKD 316: Controller					
Sensor/Signal	-	Module	Point	Type/Active	Terminals
Tensão de alimentação	A11	1		0 - 24 V	1 - 2
Bateria	A12			0 - 18 V	3 - 4
Alimentação do variador ETS	A13			0 - 12 V	5 - 6
Comunicação de dados da EKS+Software	A14			MODBUS	7 - 8
Sensor S2	A15			PT 1000	9 - 10
Sensor S4	A16			PT 1000	11 - 12 - 13
Sensor de Pressão	A17			AKS 32R	14 - 15
Ext Main Switch	DI1			Closed	15 - 16
Current or voltage signal	DO1			Open	17 -18 -19
Alarm	DO2			OFF	20 - 21
					21 - 22
				24-25-26	

Figura 84 - Ligações do controlador EKD 316 do subcooler

No anexo GG é exposto o catálogo, bem como será possível verificar as características técnicas resumidas.

Todos os controladores têm um display com botões, possível de alterar a função de funcionamento, com o nome **EKA 164a**, esquema de ligação apresentado na figura 85.

EKA 164A: Controller Display					
Sensor/Signal	-	Module	Point	Type/Active	Terminals
Controller		1		Cable	
Tensão de Alimentação				0 -12 V	

Figura 85 - Ligações do display para todos os controladores

4. Análise de resultados

4.1. Comparação e análise entre cargas térmicas dos diversos espaços

Neste capítulo serão analisados e discutidos os valores de cargas térmicas apuradas no capítulo anterior, mais concretamente no que se refere às salas refrigeradas, câmaras refrigeradas e câmaras de congelados.

4.1.1. Comparação de todas as cargas térmicas das salas refrigeradas

Pelos resultados obtidos no gráfico 8 para as cargas térmicas das salas, verifica-se que a carga térmica devido à iluminação será aquela que, conjuntamente com a associada à ocupação, representa a maior percentagem de ganhos térmicos no local. De facto, a soma destas duas cargas térmicas representa 43% do calor total a retirar do local. Estes são locais onde existe uma elevada presença de colaboradores e de iluminação e que serão uma constante durante todo o tempo em que a loja se encontra aberta ao público. Confirma-se também uma maior carga térmica exterior para o interior das salas refrigeradas – sendo o isolamento menos espesso torna a sua ação menos isolante.

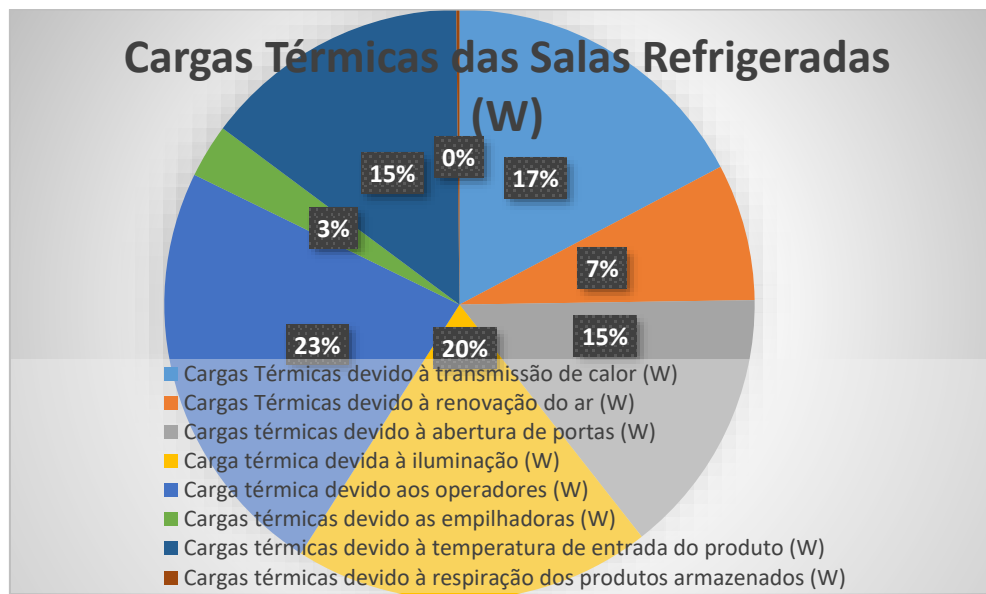


Gráfico 8 - Cargas Térmicas das Salas Refrigeradas

As cargas térmicas que resultam da abertura de portas serão outra grande razão de aumento do calor a retirar do local. A constante abertura e fecho de portas fará aumentar a necessidade de frio nestes locais. Os valores mencionados referentes às maiores cargas, são bastante

distribuídos devido ao facto de as condições externas não serem tão adversas. Se o produto fosse colocado no espaço à temperatura definida no caso de estudo, como condição exterior, poderíamos estar a falar num aumento significativo na carga térmica devido à temperatura de entrada no produto.

4.1.2. Comparação de todas as cargas térmicas das câmaras refrigeradas

Comparando as cargas térmicas totais das câmaras de refrigerados (gráfico 9) é possível verificar que o grande fator de aumento na carga no local se deve à presença dos colaboradores de loja. Considerando que cada lâmpada, segundo a *Centaurus, 2016*, liberta 36Wh de calor, que uma pessoa liberta 270Wh de calor (a 0°C) e que o tempo de ocupação é igual ao tempo em que a luz está acesa, certifica-se que 40% das cargas térmicas a retirar do espaço são produzidas através das movimentações dos colaboradores e outros 10 % são referentes às cargas térmicas a retirar do espaço produzidas pela iluminação, no caso de circulação de cargas. Neste caso, verifica-se um decréscimo de 5% em relação às cargas térmicas exteriores devido aos ganhos pela envolvente, quando comparado com as cargas térmicas das salas refrigeradas. Existe uma maior espessura de painel que faz melhorar o seu isolamento.

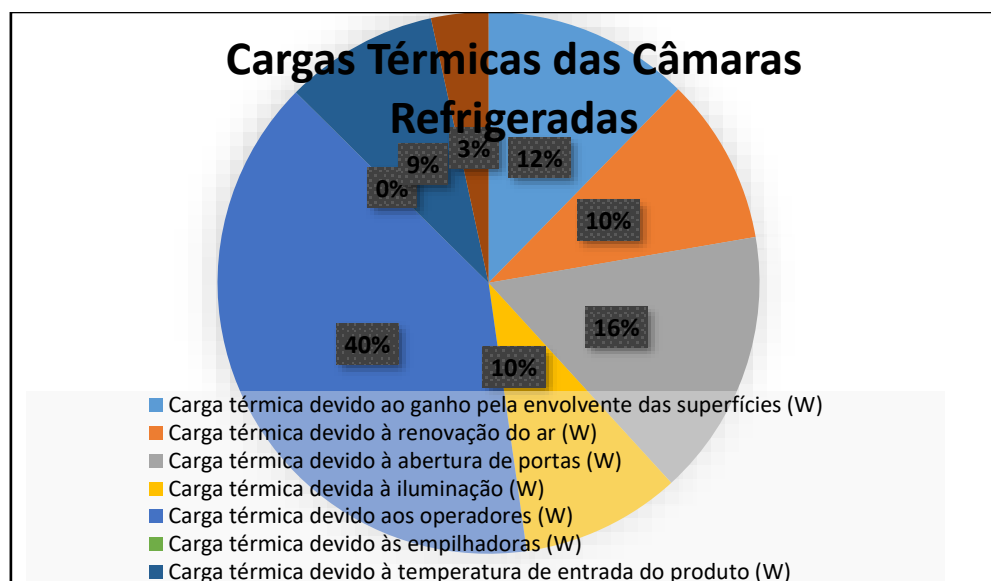


Gráfico 9 - Cargas térmicas das câmaras refrigeradas

Apesar de tudo, abertura de portas é a segunda causa de aumento de carga térmica, como é possível verificar no gráfico 9. Contudo, a carga devido à ganhos pela envolvente é a terceira causa do aumento da carga térmica das câmaras. Isto porque se considerou, para o presente, que todas as paredes estão em contacto com o exterior.

Por fim, é possível notar a influência das cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados, como acontece na câmara de fruta e legumes, representando 3% das cargas térmicas das câmaras refrigerada deste projeto.

4.1.3. Comparação de todas as cargas térmicas das câmaras congelados

Procedendo a uma comparação às cargas térmicas das câmaras de congelados (gráfico 10) percebe-se que a principal fonte de ganhos de calor se deve à presença dos operadores, 28%. Neste caso, segundo a *Centauro, 2016*, a libertação de calor não é de 270Wh, mas sim 390,7Wh (a -20°C). Isto representa um aumento de 69% de libertação de calor por pessoa. Apesar da sua ocupação não ser frequente, quando existe é significativo o impacto nas cargas térmicas a remover do espaço. Desta forma, a entrada de produto (13%), bem como a abertura de portas (21%) são a consequência da presença de colaboradores, quando é necessário armazenar ou retirar produtos.

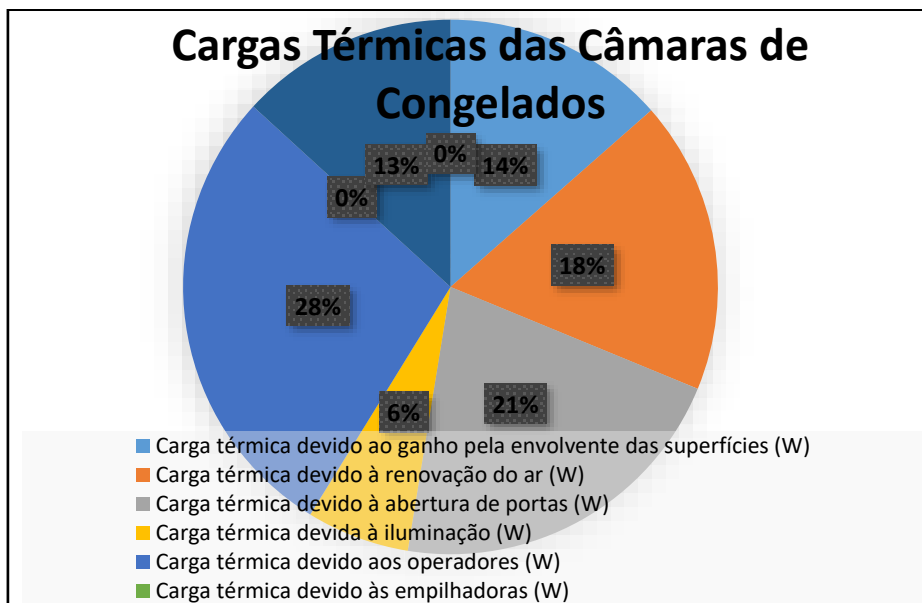


Gráfico 10 - Cargas térmicas das câmaras de congelados

Embora exista um melhor isolamento para as câmaras congelados (PUR 150mm), foi possível reduzir em 2% as perdas de calor em relação às câmaras de refrigerados.

4.1.4. Comparação das cargas térmicas totais e parciais das câmaras e salas

Foram realizadas as mesmas comparações para todas as câmaras e salas (gráficos 11 e 12) – ver anexo HH para uma análise mais detalhada dos valores obtidos bem como do método de cálculo implementado. Em jeito de comparação, pelo gráfico 12, certifica-se que as cargas térmicas das salas são maiores quando comparado com as câmaras, quer de refrigerados, quer de congelados.

Denota-se um nível de “habitabilidade” maior, pois o tempo de permanência dos operadores é maior nestes espaços para ações de preparação/embalamento e descarga de produtos. Na zona de descarga (*buffer*) existe uma libertação de calor que representa 14% do total.

Esta é uma zona com grandes cargas térmicas internas e externas, quer devido ao isolamento, quer também devido à ocupação, iluminação, utilização de empilhadora e abertura de portas.

As câmaras de refrigerados, como lacticínios e talho, são as que possuem maiores cargas térmicas totais a ser retiradas dos locais. As câmaras referenciadas anteriormente representam num total de 13% (7% e 6% respetivamente) de toda a carga térmica. Estas devem-se ao facto destes serem os maiores espaços a refrigerar e onde, simultaneamente, os ganhos pela envolvente são mais notórios. No entanto, a ocupação, a iluminação e a abertura de portas posicionam-se também como fatores de impacte significativo na carga térmica total dos espaços em estudo.

Por fim, a câmara de congelados OPLS e de reserva – utilizadas como exemplo nas câmaras de congelados por serem as que maiores ganhos térmicos evidenciam, 5% e 3% respetivamente. Apesar dos espaços serem mais pequenos, as diferenças de temperatura entre o produto e a câmara são enormes, pelo que aumentam as necessidades de frio. A ocupação, iluminação e a entrada de produto são as principais causas de aumento de carga térmica total.

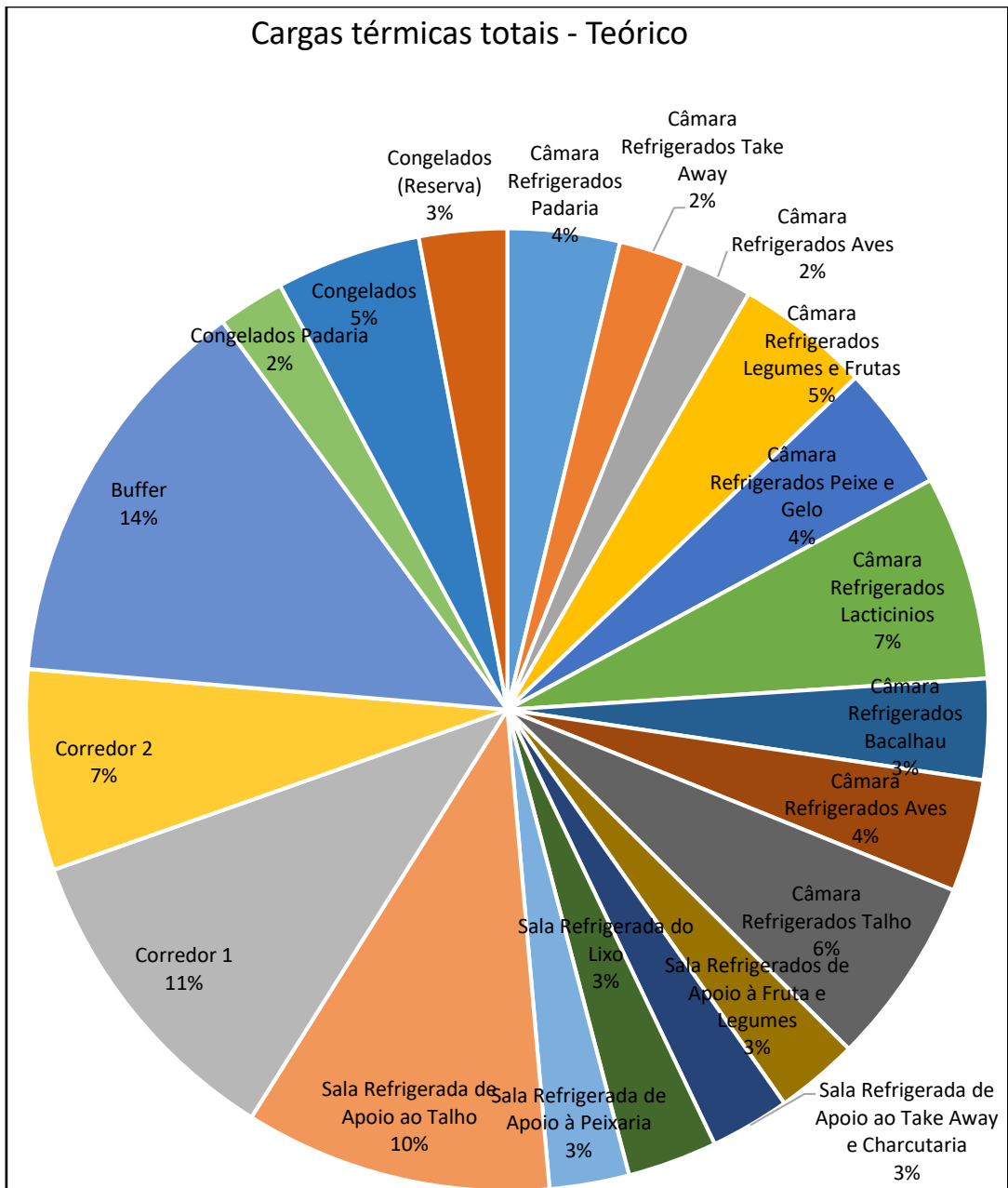


Gráfico 11 – Cargas térmicas totais de cada espaço a refrigerar (valores calculados)

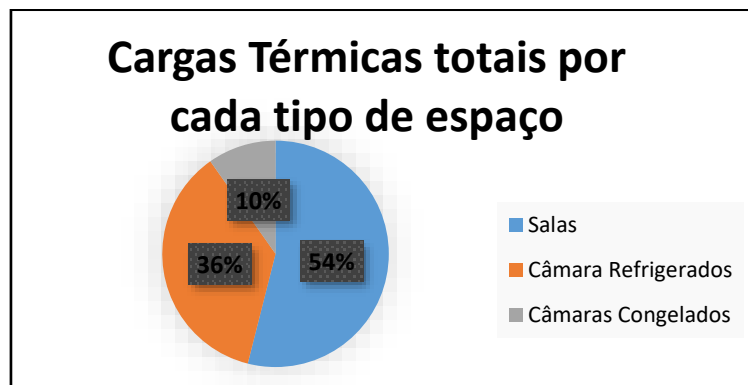


Gráfico 12 – Cargas térmicas totais por cada tipo de espaço (valores calculados)

Enveredando por uma análise global é possível dividir em cargas térmicas internas e externas. Nas cargas externas (tabelas 49, 50 e 51) denota-se um aumento do valor dependente do coeficiente global de transmissão térmica (U), que é tanto maior quanto menor for a espessura do painel. Assim, a carga térmica é proporcional quer a U quer à área de exposição, por isso, as cargas térmicas devido aos ganhos pela envolvente das superfícies nas salas têm um valor mais significativo quando comparado com os outros espaços. As renovações de ar dependem do tipo de movimentação de produtos e das dimensões dos espaços e, por esse motivo, as salas revelam um valor bastante significativo das cargas térmicas associadas a este mecanismo de transporte. Uma das soluções seria aumentar a espessura do painel de isotérmico. Outra das soluções seria o uso de portas isotérmicas de dupla folha elétricas com sensor de presença. Estas soluções seriam viáveis, no entanto têm custos elevados e praticamente sem impacto nas cargas térmicas das salas obtidas.

Tabela 49 - Cargas térmicas externas detalhadas das salas a refrigerar

Salas a refrigerar	Cargas térmicas externas		
	Cargas Térmicas devido aos ganhos pela envolvente das superfícies (W)	Carga Térmica devido à renovação do ar (W)	Carga térmica devido à abertura de portas (W)
Buffer	1508,64	839,41	1815,25
Corredor 1	1069,79	529,53	1083,59
Corredor 2	1858,49	764,82	1507,00
Sala Refrigerada (Apoio ao Talho)	2232,08	649,22	1256,59
Sala Refrigerada (Apoio à Peixaria)	313,11	193,18	350,81
Sala Refrigerada (Lixo)	612,63	293,03	321,52
Sala Refrigerados (Take Away)	719,47	270,16	640,26
Sala Refrigerados (Fruta e Legumes)	488,51	279,19	494,02

Tabela 50 - Cargas térmicas externas detalhadas das câmaras de refrigeração

Câmaras a refrigerar	Cargas térmicas externas		
	Cargas Térmicas devido aos ganhos pela envolvente das superfícies (W)	Carga Térmica devido à renovação do ar (W)	Carga térmica devido à abertura de portas (W)
Câmara Refrigerados Talho	907,78	608,81	788,50
Câmara Refrigerados Aves	480,16	356,88	586,31
Câmara Refrigerados Bacalhau	415,49	325,39	513,75
Câmara Refrigerados Lacticínios	703,59	473,28	1038,51
Câmara Refrigerados Peixe e Gelo	455,14	511,62	853,08
Câmara Refrigerados Legumes e Frutas	527,66	386,86	633,54
Câmara Refrigerados Aves	283,36	230,00	402,37
Câmara Refrigerados Take Away	280,58	243,06	389,27
Câmara Refrigerados Padaria	419,41	474,07	573,69

Por fim, a abertura de portas depende principalmente do seu tipo de abertura (baixo, médio, alto, muito alto, classificado pela *Centauro, 2016*) e da área do espaço. Por norma, as salas são quem têm uma maior abertura de portas e isso reflete-se nos valores, que são apresentados nas tabelas 51, 52 e 53.

Tabela 51 - Cargas térmicas externas detalhadas das câmaras de congelação

Câmaras refrigerar	a	Cargas térmicas externas		
		Cargas Térmicas devido aos ganhos pela envolvente das superfícies (W)	Carga Térmica devido à renovação do ar (W)	Carga térmica devido à abertura de portas (W)
Câmara de Congelados Padaria		307,13	393,63	487,36
Câmara de Congelados		688,44	734,22	833,67
Câmara de Congelados (Reserva)		323,66	601,75	762,34

As cargas internas são o termo que maior influência tem no dimensionamento dos espaços a refrigerar, cerca de 60 % da carga térmica total, como é possível visualizar no gráfico 13. Neste tópico irá explicar-se o porquê da sua importância, como decerta forma já foi feito durante análises anteriores.

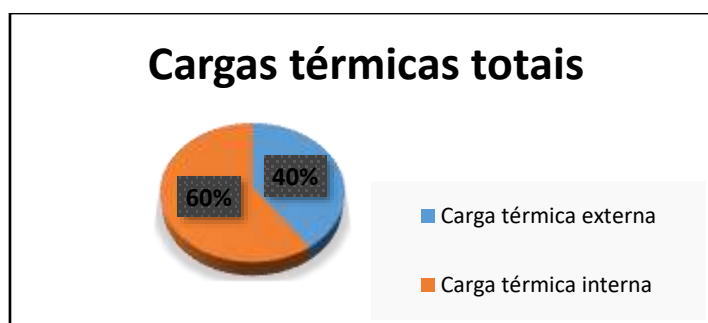


Gráfico 13 – Carga térmica externa vs carga térmica interna de todos espaços calculados

Analisando a carga térmica devido à iluminação, das tabelas 52, 53 e 54, denota-se facilmente que os espaços com maior área e com abertura de portas são os locais mais suscetíveis a um aumento dessa carga. Nas tabelas referenciadas verifica-se que as salas são aquelas que maiores cargas térmicas internas apresentam, pois estão ligadas durante o período em que a loja se encontra aberta, independentemente do nº de operadores no local. O mesmo não acontece com as câmaras, que só estão com a iluminação ligada quando existir a abertura de portas.

Tabela 52 - Cargas térmicas internas detalhadas das salas refrigeradas

Espaços a refrigerar	Cargas térmicas Internas				
	Carga térmica devido à iluminação (W)	Carga térmica devido aos operadores (W)	Cargas térmicas devido as empilhadoras (W)	Carga térmica devido à temperatura de entrada do produto (W)	Carga térmica devido à respiração dos produtos armazenados (W)
Buffer	2160,00	2366,50	1500,00	2956,60	0,00
Corredor 1	1440,00	1577,66	0,00	840,43	0,00
Corredor 2	2880,00	1577,66	0,00	1753,24	0,00
Sala Refrigerada (Apoio ao Talho)	2160,00	3155,33	0,00	548,22	0,00
Sala Refrigerada (Apoio à Peixaria)	360,00	1183,25	0,00	190,59	0,00
Sala Refrigerada (Lixo)	576,00	788,83	0,00	328,33	0,00
Sala Refrigerados (Take Away)	216,00	591,62	0,00	297,53	0,00
Sala Refrigerados (Fruta e Legumes)	216,00	591,62	0,00	546,72	89,18

Já a carga térmica associada à presença dos operadores é tanto maior quanto maior for o seu número e o tempo de estadia destes no interior dos espaços refrigerados (ver tabelas 52, 53 e 54).

Como se pode verificar pelas tabelas das cargas internas anteriormente referidas, a carga térmica devido à empilhadora só existe num local: *buffer*. Esta empilhadora apenas aparece nesta zona, uma vez que é necessária para a descarga do camião.

Tabela 53 - Cargas térmicas internas detalhadas das câmaras de congelados

Espaços a refrigerar	Cargas térmicas Internas				
	Carga térmica devido à iluminação (W)	Carga térmica devido aos operadores (W)	Cargas térmicas devido as empilhadoras (W)	Carga térmicas devido à temperatura de entrada do produto (W)	Carga térmicas devido à respiração dos produtos armazenados (W)
Câmara de Congelados Padaria	32,33	781,40	0,00	179,75	0,00
Câmara de Congelados	432,00	1172,10	0,00	861,29	0,00
Câmara de Congelados (Reserva)	144,00	781,40	0,00	248,37	0,00

Apesar do seu peso não ser significativo, o calor específico de um produto congelado é menor que o de um produto refrigerado, o que não faz com que introduza uma maior carga térmica no espaço, pois esta depende da quantidade de produto e da diferença de temperatura entre o produto e o interior da câmara. Deste modo, verifica-se que a carga térmica devido ao produto é maior na câmara de congelados do que na câmara de refrigerados, nos casos demonstrados anteriormente. Um aumento da carga térmica como consequência da entrada do produto verifica-se nos espaços em que o calor específico é maior (acima do ponto de congelação), onde a densidade de carga é elevada (caso do bacalhau, carnes, etc) e onde a diferença de temperatura entre o produto e a câmara é maior. Estes três pontos quando conjugados determinam um aumento significativo da carga térmica.

Tabela 54 - Cargas térmicas internas detalhadas das câmaras de refrigeração

Espaços a refrigerar	Cargas térmicas Internas				
	Carga térmica devido à iluminação (W)	Carga térmica devido aos operadores (W)	Carga térmica devido as empilhadoras (W)	Carga térmica devido à temperatura de entrada do produto (W)	Carga térmica devido à respiração dos produtos armazenados (W)
Câmara Refrigerados Talho	576,00	2158,16	0,00	1088,25	0,00
Câmara Refrigerados Aves	216,00	1618,62	0,00	400,09	0,00
Câmara Refrigerados Bacalhau	216,00	1546,04	0,00	258,29	0,00
Câmara Refrigerados Lacticínios	864,00	3092,09	0,00	487,89	0,00
Câmara Refrigerados Peixe e Gelo	432,00	1546,04	0,00	280,79	0,00
Câmara Refrigerados Legumes e Frutas	432,00	773,02	0,00	378,97	1237,25
Câmara Refrigerados Aves	144,00	1079,08	0,00	121,40	0,00
Câmara Refrigerados Take Away	144,00	1030,70	0,00	110,10	0,00
Câmara Refrigerados Padaria	432,00	1546,04	0,00	204,13	0,00

No caso dos congelados, o grande aumento de carga térmica resulta da grande diferença de temperatura do produto e da câmara.

Já nas câmaras e salas, o que aumenta a carga térmica, é a densidade de carga e o volume, que depende do tipo de produto.

Por fim, a carga térmica devido à respiração de produtos armazenados, apenas existe nos produtos hortofrutícolas e, por isso, só nesses espaços foi considerado este tipo de carga.

4.2. Comparação e análise do dimensionamento dos expositores

Nas tabelas 55 e 57, são apresentamos os expositores de refrigerados e de congelados selecionados.

Tabela 55 – Listagem dos expositores refrigerados selecionados com as respetivas medidas e potências frigoríficas

	Expositor de Refrigerados	Marca e Modelo	Qt,	m	Pot, Frig, (kW)
MR01	Mural de Lactínios A/S	EXKAL ALPES ULTRA SVLNU1-6	5	18,75	5,96
		EXKAL ALPES ULTRA SVLNU1-4	1	2,50	0,80
MR02	Mural de Talho A/S	EXKAL ALPES ULTRA SVLNU1-4	2	5,00	1,83
MR03	Vitrine de Talho S/T	EXKAL LOUVRE HFSR1-6	1	3,75	0,96
		EXKAL LOUVRE HFSR1-4	1	2,50	0,64
MR04	Mural de Charcutaria A/S	EXKAL ALPES ULTRA SVLNU1-6	1	3,75	1,19
MR05	Vitrine Queijos A/S	EXKAL LOUVRE HASR1-3	1	1,875	0,53
MR06	Meio Mural Convertível	EXKAL VELATE LHCB1-2	1	1,25	0,99
MR07	Vitrine de Charcutaria S/T	EXKAL LOUVRE HFSR1-4	1	2,50	0,58
MR08	Vitrine Take-Away Frio S/T	EXKAL LOUVRE HFSR1-4	1	2,50	0,58
	Vitrine Take-Away Quente S/T	EXKAL LOUVRE HFSRPC-1,5	1	1,00	-
MR09	Murais de Fruta e Legumes A/S	EXKAL ALPES ULTRA VLNU1-4	3	7,50	9,11
	Mural 4ªGama A/S	EXKAL ALPES ULTRA VLNU1-3	1	1,875	2,28
MR10	Vitrine Refrigerada e Ventilada - Padaria S/T	JORDÃO DAISY VDSVT+P - VD	1	1,25	1,04
		JORDÃO DAISY VDSVT+P - VD	1	0,937	0,86
MR11	Vitrine Banho Maria - Pastelaria S/T	JORDÃO DAISY VDSBM - VD	1	1,25	-
MR12	Vitrine Refrigerada - Pastelaria A/S	JORDÃO DAISY VDSVT - VSF	2	0,935	1,71
MR13	Mural Migas de Bacalhau	EXKAL ANDES IVW1-2	1	1,25	-
					25,43

De acordo com a tabela 56 percebe-se que os murais com portas (talho, charcutaria) têm uma potência frigorífica muito inferior aos murais de 4ª gama e de fruta, o que representa uma redução superior a 70%. No entanto, é habitual encontrarem-se expositores da fruta sem portas, de forma a facilitar a recolha de produtos hortofrutícolas nesses espaços.

Tabela 56- Valores das potências frigoríficas por cada metro

Expositor	W/m
mural talho	366
mural lact	318
mural charcutaria	318
mural frutas	1215
vitrina talho	255
vitrina charcutaria	230
vitrine queijos	280
Meio mural Convertível	790
Ilha congelados	390

Tabela 57 – Listagem das ilhas de congelados selecionadas com as respectivas medidas e potências frigoríficas

EXKAL/JORDÃO	Expositor de Congelados	Marca e Modelo	Qt,	m	Pot, Frig, (kW)
IC01	Ilhas de Congelados c/topos	EXKAL IBIZA GAS5-4 Doble C/portas	2	2 x 2,50	3,90
		EXKAL IBIZA GAS5-6 Doble C/portas	1	2 x 3,75	2,93
		EXKAL IBIZA GAS5-3 C/portas	2	1,875	1,46
IC02	Ilhas de Congelados c/topos	EXKAL IBIZA GAS5-4 Doble C/portas	2	2 x 2,50	3,90
		EXKAL IBIZA GAS5-6 Doble C/portas	1	2 x 3,75	2,93
		EXKAL IBIZA GAS5-3 C/portas	2	1,875	1,46
IC03	Ilhas de Peixe Congelado	EXKAL IBIZA GAS5-3 C/portas	1	1,875	0,73
		EXKAL IBIZA GAS5-4 C/portas	1	2,50	0,98
					18,28

Legenda:

C/ unidade de Condensação

Pela tabela 55 é possível verificar as necessidades frigoríficas para os móveis refrigerados (MR). Denota-se que o mural de migas de bacalhau e todas as vitrines de pastelaria refrigeradas não estão contabilizados nos 25,43kW totais apresentados. Cada um dos equipamentos excluídos da sua contabilização tem uma unidade condensação que produzirá o frio necessário para cada equipamento. Os restantes valores são necessários para o dimensionamento da central. Pela tabela 57 é possível verificar que as necessidades frigoríficas para as ilhas de congelados (IC), contabilizados com uma capacidade frigorífica total de 18,28kW.

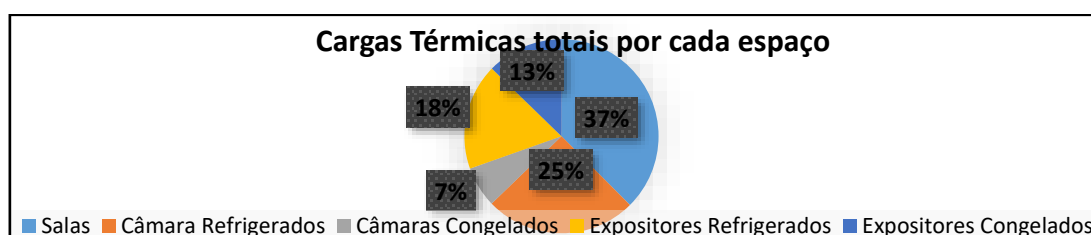


Gráfico 14 - Cargas térmicas totais por cada tipo de espaço refrigerado e congelado e por cada tipo de expositor refrigerado ou congelado

Comparando estes valores dos expositores com os dos evaporadores das câmaras/salas (gráfico 14), verifica-se que os evaporadores das salas representam 37% das necessidades totais de frio, devido ao menor isolamento dos painéis, maior ocupação e iluminação, tal como já abordado.

4.3. Comparação e análise das necessidades de frio de todos os equipamentos a dimensionar a central

O gráfico 15 é referente a todos os equipamentos de frio dimensionados. Saltam à vista os equipamentos com maiores necessidades frigoríficas, como os evaporadores do Buffer (8%) e da câmara de lacticínios (5%) e os expositores fruta e legumes (6%) e das ilhas duplas de congelados de 2,50 metros (6%).

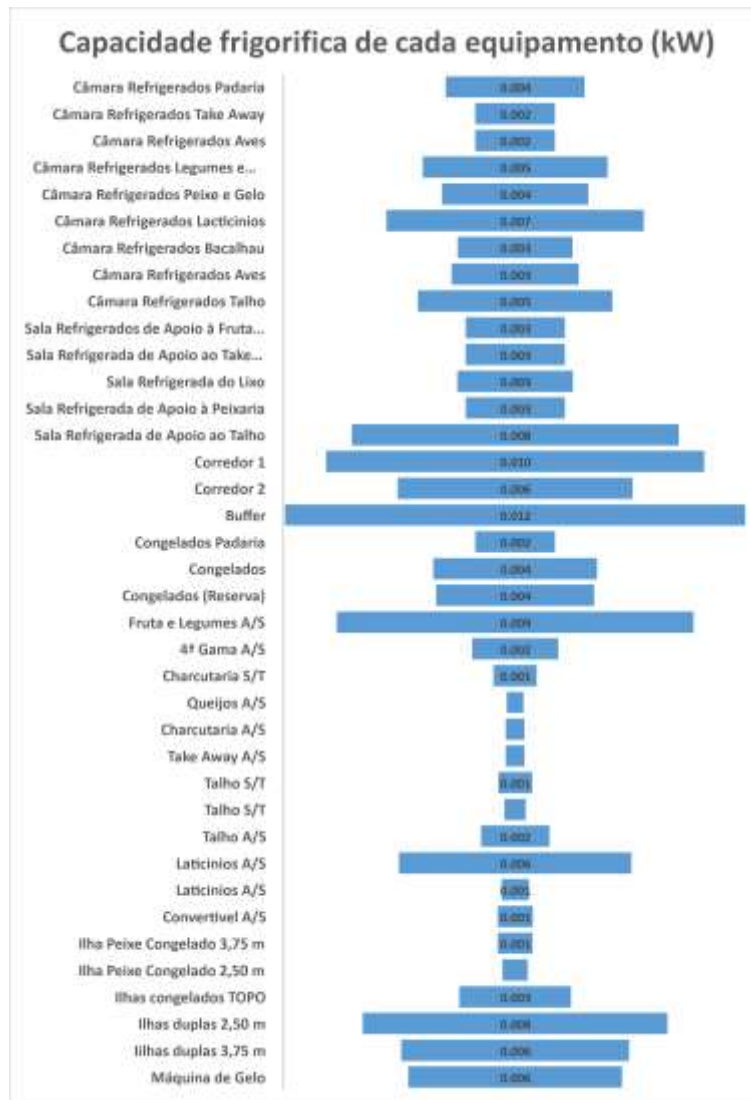


Gráfico 15 – Capacidade frigorífica de cada evaporador seja de câmara e expositores de refrigerados ou congelados e salas de preparação ou corredor

Por fim, é importante referir que o conjunto das ilhas duplas de congelados possuem 10% de impacto nas necessidades de frio totais.

Como se pode verificar na tabela 58, as necessidades de refrigeração são maiores do que as de congelação. No mesmo espaço, nas mesmas condições, a produção de frio será maior para congelar do que para refrigerar.

Nesta central dimensionada existe uma maior quantidade de equipamentos para refrigerar do que para congelar, isto porque deve-se ter em conta que o produto que se pretende vender deve ser fresco e refrigerado. O próprio cliente tem preferência na compra de um produto refrigerado do que congelado. No entanto, o produto congelado permite aumentar a durabilidade do consumo do produto depois da sua compra.

Tabela 58 – Capacidade frigorífica a produzir pela central de congelados (LT) e pela central de refrigerados (MT)

Potências frigoríficas a produzir pela central	
Congelados (kW)	Refrigerados (kW)
31,37	121,25

5. Conclusão

O dilema que a sociedade contemporânea atravessa no que diz respeito ao aquecimento global estimula uma maior procura de soluções e alternativas que otimizem os sistemas de refrigeração. As restrições legislativas proporcionam uma redução imediata no impacto ambiental, um maior investimento na investigação e resultados a curto-prazo depois de implementadas.

A elaboração do presente trabalho final de mestrado permitiu, para além do conhecimento adquirido, um estudo aprofundado de várias soluções, para o mesmo tipo de sistema de refrigeração – CO₂, a aplicar de modo a melhorar o desempenho energético. Considerando as atuais preocupações com o aquecimento global do planeta, este caso de análise pretendeu mostrar a aplicabilidade da implementação de um supermercado otimizado e eficiente a nível energético. Foi utilizado e estudado um sistema de refrigeração a R-744 transcrito de duplo estágio. Este caso de estudo possibilitou obter resultados na sua aplicabilidade que normalmente não são questionados, como a influência do tipo evaporador a colocar nos espaços a refrigerar é importante: não só pela dimensão do espaço, mas também pelo tipo de projeção e espaçamento de alhetas adequada.

A escolha do CO₂ prende-se por ser um fluido frigorígeno natural, proveniente da atmosfera, não sendo tóxico nem inflamável. O R-744 tem uma elevada eficiência energética, ou seja, uma capacidade frigorífica elevada com uma baixa potência absorvida quando comparado com outros fluidos frigorígenos. Adivinha-se um futuro próspero para utilização deste tipo de sistemas de refrigeração, quer a nível comercial como industrial.

Quanto à metodologia de cálculo das cargas térmicas dos espaços a refrigerar, teve-se como referência a localização na cidade de Lisboa e todo o método de cálculo foi realizado segundo o preconizado pela empresa *Centauro* (fabricante nacional de evaporadores e centrais). Durante as cargas térmicas houve o cuidado de projetar uma câmara de congelados de reserva independente da central de frio, de forma a ser utilizada quando alguma das câmaras de congelados necessitar de manutenção (p.e. descongelação prolongada devido à acumulação de gelo, fuga de gás, etc.). No que concerne às cargas térmicas, é de referir que quanto maior for a eficácia de isolamento, menor serão as perdas de frio do interior para o exterior e, por conseguinte, menor será a necessidade de produção de frio. Este facto revela uma maior economia em termos de gastos energéticos e, por isso, os painéis escolhidos são

de maior espessura recomendada, para que as necessidades de frio sejam menores, conforme se demonstrou no decurso deste trabalho.

A escolha do painel isolante não se prendeu apenas pelas excelentes qualidades isolantes e acústicas. Este também é fabricado de forma cada vez mais ecológica e com uma enorme resistência ao fogo. A sua qualidade isotérmica permite uma maior eficácia energética, ou seja, um menor consumo elétrico no arrefecimento do espaço a refrigerar. De modo a entender a sua importância basta lembrar a carga térmica devido à envólucra da câmara de refrigerados da padaria, onde havia uma necessidade 419,4 W de arrefecimento. Se a temperatura de conservação fosse inferior (para a mesma área) será expectável o aumento da carga térmica. Se pensarmos na inexistência do painel quando se calcula o coeficiente global de transmissão de calor passamos de 0,268 para 10 W/m².°C, isto é, para as mesmas condições de temperatura exterior e interior e para as mesmas dimensões iria ter-se um aumento da necessidade de refrigeração 37 vezes superior do que com isolamento. Tal permite uma poupança enorme a nível energético de forma a manter a temperatura do produto a 2°C.

Vejamos: cada compressor de 2 kW de arrefecimento tem uma potência elétrica de 0,67 kW, ou seja, um compressor de 0,419 kW de capacidade frigorífica (carga térmica devido à envólucra, calculada para a câmara de refrigerados da padaria), tem uma potência absorvida de 0,147 kW. Por outro lado, um compressor para arrefecer um espaço sem painel isotérmico teria de ter uma capacidade frigorífica de 15,7 kW, isto é, uma potência absorvida de 5,43 kW, tal como apresenta a tabela 59.

Tabela 59 – Comparação da capacidade frigorífica e potência absorvida com e sem uso de painel isotérmico

Comparação da capacidade frigorífica com e sem painel (mantendo as condições de temperatura interior e exterior e dimensões do espaço a refrigerar) – Câmara de Refrigerados da Padaria			
Com painel isotérmico PUR		Sem painel isotérmico PUR	
Carga térmica devido à envólucra (kW)	Potência absorvida (kW)	Carga térmica devido à envólucra (kW)	Potência absorvida (kW)
0,419	0,147	15,67	5,427

Segundo a tabela 60, considerando o preço da energia (tarifa em horas de vazio normal 0,0747 €/kWh), iremos conseguir uma poupança de 0,39€ por cada hora. Já com o horário de fecho, fazendo o cálculo entre 23h e as 7h da manhã seguinte, obtém-se uma poupança de 3,16€ por dia.

Tabela 60 – Cálculo da poupança por hora e em 8 horas com o uso de painel

Diferença de potência absorvida (kW)	Tarifa em horas de vazio normal (2018)	Poupança por hora (€/h)	Poupança em 8 horas (€/h)
5,28	0,0747 €/kWh	0,394€	3,155€

Como o painel isotérmico usado para a câmara de refrigerados é de 80 mm e segundo dado obtido pela empresa Hiperfrio, o painel isotérmico tem um custo de 25€/m² já com montagem incluída. Como a câmara de refrigerados da padaria tem cerca de 50 m², então significa que temos 1250€ de custo. Usando a mesma tarifa em horas de vazio normal, num dia existe uma poupança de 9,46€. O retorno desse investimento será ao final de 132 dias. A durabilidade destes painéis é no mínimo de 15 anos segundo o autor *Cunha, 1999*, o que podemos concluir que este investimento é completamente viável.

As tecnologias aplicadas nos dias de hoje permitem soluções cada vez mais ecológicas. Segundo *Santanché, 2018*, estes painéis têm um potencial de destruição da camada do ozono (*ODP - Ozone Depletion Potential*) nula e um potencial de aquecimento global baixo quando comparado com outros painéis.

No que diz respeito ao dimensionamento dos evaporadores, este foi efetuado com o apoio do catálogo da empresa Centauro. O espaçamento entre alhetas e o tipo de evaporador são parâmetros adequados para o tipo de conservação, de modo a que o evaporador seja adequado ao espaço a conservar. Podemos concluir que quanto menor for o espaçamento entre alhetas, menor a passagem de ar nas alhetas, assim, não será necessária uma baixa temperatura de evaporação para arrefecer o ar. Já o tipo de projeção do ar é um dos pontos fulcrais no selecionamento do tipo de evaporador, que deve ser garantido em todo o comprimento da câmara. Quando os espaços a refrigerar possuíam comprimentos significativos optou-se por evaporadores de duplo fluxo. Isto permitiu poupar no dimensionamento do evaporador, isto é, em vez de dois evaporadores (um em cada extremidade), colocou-se apenas um que projete ar suficiente para todo o comprimento do local a refrigerar. Caso contrário usa-se outro tipo de evaporadores, mas sempre tendo em atenção a distância de projeção do ar.

No que concerne ao dimensionamento dos compressores é importante valorizar os valores da diferença de temperatura para definir a temperatura de evaporação, garantindo que o fluido frigorigéneo chegue nas condições previstas ao evaporador. No caso da central de refrigerados foi tida em consideração uma temperatura de evaporação de -10°C. A menor

temperatura de evaporação a considerar seria de -8°C na câmara de refrigerados da peixaria, pelo que se deve ter em atenção sempre um sobreaquecimento de 2°C em toda a tubagem. Tal garante que o fluido frigorífero chegue à temperatura definida no *setpoint*. A temperatura de evaporação para refrigerados não deve ser inferior a -8°C , devido à forte probabilidade de gelar a válvula expansora eletrónica. Já para as câmaras de congelados, a temperatura de evaporação deve ser inferior a -26°C , exatamente pelo mesmo motivo.

No que diz respeito ao dimensionamento dos componentes da central procurou-se sempre encontrar produtos que garantissem as condições impostas pelo projeto. As pressões e temperaturas elevadas são as grandes dificuldades para selecionar os equipamentos e, por isso, grande parte deles são equipamentos específicos para este tipo de sistemas a CO_2 . Um dos componentes fundamentais deste projeto é o variador de velocidade que tem cada compressor de baixa e média pressão. Esta solução permite ajustar automaticamente a capacidade frigorífica a chegar aos equipamentos de frio, bem como também se evita que os compressores trabalhem sempre na sua capacidade máxima. Por exemplo: se necessitar de 14kW de capacidade frigorífica para a linha de baixa temperatura (BT), sabendo que cada compressor da central BT dimensionada tem 12,14 kW, o que irá fazer o variador de velocidade é regular a capacidade de arrefecimento, de modo a repartir da melhor forma pelos 2 compressores. Assim evita-se que um dos compressores trabalhe a 100 % e com maior risco de paragem.

Desta forma, iremos comparar o compressor selecionado para a central BT com um compressor com uma capacidade próxima ou igual, para as mesmas condições de temperatura de condensação (40°C) e evaporação (-28°C), como por exemplo para o R-449a. Utilizando o programa da *Bizter Software 6.7*, tal como foi feito para o R-744, foi escolhido o compressor 4GE – 23Y- 40P, com uma capacidade de 12,44kW, como se pode ver na tabela 61. Nesta mesma tabela verifica-se uma potência absorvida de 3,18 vezes por parte do compressor a R-449a, ou seja, um consumo 3,18 vezes maior do que um compressor a CO_2 .

Tabela 61 - Comparação da capacidade frigorífica e potência absorvida entre um compressor a R-449^a e um compressor a R-744 para a mesmas condições de temperatura de condensação e de evaporação.

R-449a		R-744	
Compressor Bitzer 4GE-23Y-40P		Compressor Bitzer 2FSL-4K-40S	
Capacidade Frigorífica: 12,44 kW	Potência Absorvida: 8,7 kW	Capacidade Frigorífica: 12,14 kW	Potência Absorvida: 2,74 kW

Segundo a tabela 62, considerando o preço da energia por hora (tarifa de horas de vazio normal 0,0747 €/kWh), iremos conseguir uma poupança de 0,45€ por cada hora em que é usado um compressor a R-744. Já com o horário de fecho, fazendo o cálculo entre 23h e as 7h da manhã seguinte, obtém-se uma poupança de 3,56€ por dia.

Tabela 62 -- Cálculo da poupança por hora e em 8 horas com o uso do compressor a R-744

Diferença de potência absorvida (kW)	Tarifa de horas de vazio normal (2018)	Poupança por hora (€/h)	Poupança em 8 horas (€/h)
5,96	0,0747 €/kWh	0,445€	3,562€

Já que os compressores a R-744 têm uma baixa potência absorvida foi importante o uso de uma máquina de gelo tipo *split*, ligada à central de frio. Desta forma não existe uma unidade de condensação para alimentar esta máquina, que como já verificamos no caso anterior, a utilização de outro *freon* seria mais dispendiosa.

Os sistemas de controlo seleccionados irão permitir uma monitorização muito mais segura para os colaboradores e clientes. A colocação de detetores de CO₂ permite detetar a existência de uma fuga de fluído frigorigéneo e informar o responsável do supermercado a fim de evacuar os locais afetados, com um impacto ambiental baixo. Por outro lado, os sistemas de controlo irão proporcionar menores deslocações para assistência técnica, possibilitando um controlo remoto sobre qualquer tipo de local a refrigerar e identificando a existência ou não do problema. Para problemas como a formação de gelo nos evaporadores deixou de ser necessária a assistência presencial. Remotamente, força-se a uma descongelação.

Os controladores respondem às necessidades de economia energética como, por exemplo, o fecho da válvula expansora eletrónica quando atinge o *setpoint* ou o fecho da válvula expansora nas horas em que a loja se encontra encerrada, onde se programa uma temporização para não funcionamento dessa mesma válvula expansora eletrónica, como é o caso das salas de preparação, corredores e alguns expositores, como do talho. Relativamente à programação do fecho das válvulas expansoras eletrónicas sobre as salas e corredores podemos concluir que há uma poupança da necessidade de frio de 46,6 kW, o que eletricamente estamos a falar em cerca de 10 kW. Considerando o preço da energia por hora (tarifa horas de vazio normal 0,0747 €/kWh), iremos conseguir uma poupança de 0,75€ por

cada hora. Já com o horário de fecho das 21h até as 9h da manhã seguinte, obtém-se uma poupança de 8,96€ por dia, num total de 268,92€ por mês só nos evaporadores.

Por fim, os controladores selecionados pretendem melhorar a eficiência do funcionamento do sistema de refrigeração. Por norma, no verão, as temperaturas são tão elevadas que os *gas cooler* têm muitas dificuldades em arrefecer o R-744. O uso de permutador de calor para AQS servirá como uma fonte extra de rejeição de calor, quando o *gas cooler* não o consegue fazer, o que torna o sistema muito mais eficiente. Do mesmo modo, também o *sub cooler* e o permutador da unidade de condensação auxiliar servirão como fonte extra de rejeição de calor para proporcionar uma maior eficiência do sistema de refrigeração aplicado. Não menos importante a unidade de condensação auxiliar permite que o depósito de líquido não atinja o nível mínimo, auxiliando o funcionamento em caso de falha por parte da central, sendo esta alimentada a uma UPS (Unidade de Potência Socorrida). Assim, permite evitar a explosão do depósito de líquido devido à pressão enorme que contem no seu interior.

5.1. Propostas de trabalhos futuros

Devido ao pouco tempo para a realização deste trabalho final de mestrado e algumas divergências em relação ao programa de selecção dos evaporadores, não foram avaliadas as divergências das capacidades térmicas em relação ao catálogo da mesma empresa que fornece o software. Por outro lado, podiam ter sido avaliados os custos de investimento dos vários equipamentos e os custos nas suas manutenções, comparado com um supermercado idêntico que possua equipamentos mais antigos. Em resultado dos pontos já referenciados, passo de seguida a apresentar algumas propostas para trabalhos futuros que possam melhorar ou completar muito mais os estudos e análises efetuadas:

- Estudar mais soluções de medidas de eficiência energética com outros equipamentos, como o uso de um outro fluido frigorigéneo e efetuar uma análise comparativa
- Elaborar uma análise energética e económica à aplicabilidade do sistema de controlo remoto
- Utilização e análise de outros tipos de isolamento aplicados em câmaras refrigeradas para além de PUR, como por exemplo, a cortiça.

Referências bibliográficas

- APA - Agência Portuguesa do Ambiente. (2017). Causas das Alterações Climáticas. Obtido de 20 de Agosto de 2018, de <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=122>
- Cavallini, A., Cecchinato, L., Corradi, M., Fornasieri, E., & Zilio, C. (2005). Two-stage transcritical carbon dioxide cycle optimisation: A theoretical and experimental analysis. *International Journal of Refrigeration*, 28(8), 1274–1283. Obtido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700705001799?via%3Dihub>
- Centauro. (2016). Manual de instruções técnicas – MIT 09/DIV - 01. Obtido 8 de Setembro de 2017, Castelo Branco
- Comissão Europeia. (2010). Directiva 2010/31/UE de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios. Obtido de https://apambiente.pt/_zdata/DAR/ArInterior/Diretiva_2010_31_UE_DesempEnergEdificios.pdf
- Cunha, F. M. S. A. (1999). *Guia Prático da utilização do frio nas pequenas, médias e grandes superfícies* (Jerónimo M). Lisboa.
- Dias, A. (1978). *O Frio e os Alimentos* (Isomecânica). Lisboa.
- Excal. (2017), *PRODUCTOS - Muebles Remotos y Integrales* Obtido 15 de Dezembro de 2017, de <https://www.exkalsa.com/productos/>
- Gomes, P. M. P. (2009). *Impacte da subida do nível do mar sobre o turismo* (Universidade Nova de Lisboa Faculdade de Ciências e Tecnologia - Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente). Obtido de https://run.unl.pt/bitstream/10362/2584/1/Gomes_2009.pdf
- Hafner, A., Försterling, S., & Banasiak, K. (2014). Multi-ejector concept for R-744 supermarket refrigeration. *International Journal of Refrigeration*, 43, 1–13. Obtido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700714000668?via%3Dihub>
- He, Y., Deng, J., Zheng, L., & Zhang, Z. (2017). Performance optimization of a transcritical CO₂ refrigeration system using a controlled ejector. *International Journal of Refrigeration*, 75, 250–261. Obtido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700716304285?via%3Dihub>

- Hiperfrio. (2017). *Análise do consumo frigorífico e energético das lojas abertas*. Lisboa.
- IPMA. (2015). Boletim Climatológico Anual – 2015 Portugal Continental. Obtido 17 de Fevereiro de 2018, de https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160118/EHqOkNyqVxeHzzqfavaa/cli_20150101_20151230_pcl_aa_co_pt.pdf
- ITV. (2015). MÁQUINAS DE GELO - TARIFA ICE 01. Obtido 15 de Dezembro de 2017, de <http://www.rosales.es/contents/catalogos/maquinaria/ITV - 2015-ilovepdf-compressed.pdf>
- Jesus, P. (2017). Sistemas de refrigeração em grandes superfícies. *18º Seminário de outono da EFRIARC*, p. 7.
- Kalinski, P. (2018). The Danfoss Multi Ejector range for CO₂ refrigeration: design, applications and benefits. Obtido 15 de Dezembro de 2018, de <https://assets.danfoss.com/documents/DOC285342040446/DOC285342040446.pdf>
- Mendes, F. F., & Dominato, G. S. (2016). *Projeto básico de um sistema de refrigeração com CO₂ (R-744) aplicado a supermercado* (Universidade Federal do Espírito Santo). Obtido de http://www.engenhariamecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2016-1_felipe_francisco_mendes_e_getulio_dominato_sessa.pdf
- Monteiro, V. (2015). *Refrigeração I - Técnicas e Competências Ambientais* (Lidel). Lisboa.
- Nunes, E. (2014). *Refrigeração Comercial e Industrial – 7.1. Balanço Térmico*. Lisboa.
- Padalkar, A. S., & Kadam, A. D. (2010). Carbon Dioxide as Natural Refrigerant. *International Journal of Applied Engineering Research*.
- Park, C.-E., Jeong, S.-J., Joshi, M., Osborn, T. J., Ho, C.-H., Piao, S., ... Feng, S. (2018). Keeping global warming within 1.5 °C constrains emergence of aridification. *Nature Climate Change*, 8, 70–74. Obtido de <https://www.nature.com/articles/s41558-017-0034-4>
- Santanché, G. (2018). Purcom - apresentacao.
- Shin, E., Cho, H., & Park, C. (2014). Theoretical analysis of performance of a two-stage compression CO₂ cycle with two different evaporating temperatures. *International Journal of Refrigeration*, 47, 164–175. Obtido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700714002023?via%3Dihub>

- Silva, A. da. (2011a). Aplicação dos Fluídos Naturais na Refrigeração para Supermercados: Sistemas Cascata com CO₂ / NH₂. *Uso de Fluídos Alternativos Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado: Ministério do Meio Ambiente – MMA*, 13–35. Obtido de http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/programa_brasileiro_eliminacao_hcfc/UsodeFluidosAlternativosemSistemasdeRefrigeraoeArCondicionado_-_Artigos_Tcnicos.pdf
- Silva, A. da. (2011b). Utilização do CO₂ em sistemas de refrigeração para supermercados. Em *Bitzer*. Obtido de http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/_arquivos/co2_supermercados_seminrio_mma_junho_2011_130.pdf
- Soares, P. M. M., Cardoso, R., Ferreira, J., & Miranda, P. (2015). Climate change and the Portuguese precipitation: ENSEMBLES regional climate models results. *Climate Dynamic*, 45(7), 1771–1787. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/269420635_Climate_change_and_the_Portuguese_precipitation_ENSEMBLES_regional_climate_models_results
- United Nations Organization. (2009). *Fundamentals of uses, alternatives, implications and funding for Article 5 countries*.
- Vestergaard, N. P. (2004). CO₂ in subcritical Refrigeration Systems. *International Institute of Ammonia Refrigeration- IAR*. Obtido de https://www.iar.org/IAR/Sign_In.aspx?LoginRedirect=true&returnurl=%2FIIAR%2FWCM%2FItemDetail%3FiProductCode%3D06TEP-EN0348
- Vestergaard, N. P. (2007). CO₂ refrigerant for industrial refrigeration. Obtido 8 de Setembro de 2017, de Danfoss website: http://www.omnico-engineering.com/Danfoss-CO2_Refrigerant_for_Industrial_Refrigeration.pdf
- Zanotti. (2016). Catálogo 2016. Obtido 8 de Setembro de 2017, de <https://www.erfri.com/pdf-tarifas/2017/zanotti-appliance-catalogo-2016.pdf>

Anexo A – Definição da temperatura exterior de projeto

Para caracterizar a temperatura de projeto, recorreu-se aos valores da tabela do manual de “Temperaturas Exteriores de Projecto e Números de Graus – Dias” do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG). Examinando o manual, verificou-se que a temperatura correspondente para uma probabilidade acumulada de ocorrência de 1% a temperatura é de 33,3 °C

Quadro II.A - 1 (cont.)
 TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJECTO DE VERÃO
 (PROBABILIDADES ACUMULADAS DE OCORRÊNCIA DE 90, 95, 97.5 e 99%)
 E AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA DO MÊS MAIS QUENTE

REGIÃO	NUM. DE ORDEM	LOCAL	T TEMP. SECO				TW TEMP. MOLHADO COINCIDENTE COM T				AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA
			99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	
	52	LISBOA/PONTELA	33.3	31.4	29.4	27.0	23.0	22.0	21.0	20.0	11.2

Os restantes valores da condição de projeto exterior foram retirados no *software MUTERS HDPsyChart*, aplicado a todos os espaços a refrigerar.

Current Point	
DB	33.3
WB	23
Air Flow	1
DB	33.300
WB	23.000
RH	41.80
W	13.48
v	0.887
h	67.934
DP	18.578
d	1.1431
vp	16.0553
AW	15.204

Anexo B – Layout de implementação das linhas e os seus equipamentos de refrigeração

Anexo C – Layout de implementação dos painéis isotérmicos nos espaços refrigerados

Anexo D – Cargas térmicas internas e externas das câmaras de refrigerados e de congelados da padaria

Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de refrigerados da padaria (CR01)

Câmara Refrigerados (Padaria)	
Condições de projeto Exteriores	Condições interiores de Projeto
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C
Humidade Relativa	44.1 %
Entalpia	67.934 kJ/kg
Densidade	1.1431 kg/m³
Volume específico	0.874814 m³/kg

Dimensões da Câmara 1	
Comprimento	3.51 m
Largura	3.05 m
Área Pavimento	10.7055 m²
Altura	3 m

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	2	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor					
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]	
Norte	33.3	10.53	0.267639903	88.21116788	
Sul	33.3	10.53		88.21116788	
Este	33.3	9.15		76.65072993	
Oeste	33.3	9.15		76.65072993	
Tecto	33.3	10.7055		89.68135401	
		Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento		33.3	10.7055	0	0
				Qtotal[W]	419.4051496
				Qtotal[J/Dia]	36236.60493

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
17.65	566.7142137	0.008	474.0739	40959.99

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
32.1165	16.7666667	92.048	573.6877	49566.62

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.7833
partido por cada pessc	270

Cargas térmicas internas						
Carga térmica devida à iluminação						
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]	
36	6	64	2	432	37324.8	

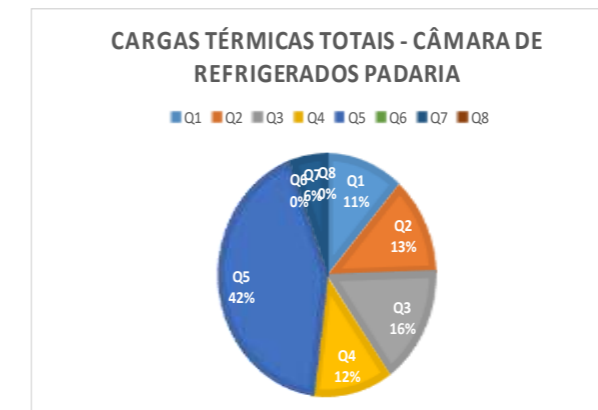
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Calor dissipado pessoa [W]	Q[W]	Q[J/dia]
6	1	257.67	1546.044	133578.2016

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.138	5620.39	0.00	562.04	204.13	17636.78
Densidade de armazenagem		250			

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
		0.00	0.00	0.00

Cargas térmicas totais											
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kj/dia]	
419.41	474.07	573.69	432	1546.044	0	204.13	0.00	3649.34	3.65	260.34	



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de congelados da padaria (CC01)

Câmara Congelados (Padaria)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	-20 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	-20.2032 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	85 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	-18.716 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.39 kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.7170998
rtado por cada pessc	390

Dimensões da Câmara 1

Comprimento	3.17 m	Altura da porta [m]	2
Largura	1.7 m	Largura da porta[m]	0.9
Área Pavimento	5.389 m ²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m ³]	16.167

Isolamento Térmico (Espessura)

Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	-20	0.022	0.15
Sul	33.3			0.15
Este	33.3			0.15
Oeste	33.3			0.15
Tecto	33.3			0.15

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor

Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	9.51	0.144546649	73.26823916
Sul	33.3	9.51		73.26823916
Este	33.3	5.1		39.29211564
Oeste	33.3	5.1		39.29211564
Tecto	33.3	5.389		41.51866886
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	5.389	0.14098393	40.4953358
			Qttotal[W]	307.1347142
			Qttotal[J/Dia]	26536.43931

Cargas Térmicas devido à renovação do ar

Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
17.41	281.4574568	0.005	393.6298	34009.62

Cargas térmicas devido à abertura de portas

Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
16.167	18.75	138.9088	487.3565	42107.6

Cargas térmicas internas

Carga térmica devido à iluminação

Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	2	32	2	144	12441.6

Carga térmica devido aos operadores

Horas	nº pessoas	Calor pessoa	Q[W]	Q[J/dia]
2	1	390.7	781.4	67512.96

Cargas térmicas devido as empilhadoras

nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto

Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
1.71544	2829.23	0.00	282.92	179.75	15530.77
	Densidade de armazenagem				
	250				

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados

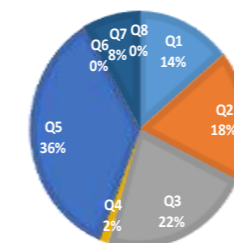
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
	14.33	1.43	0.00	0.00

Cargas térmicas totais

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
307.13	393.63	487.36	32.334	781.4	0	179.75	0.00	2181.61	2.18	170.17

CARGAS TÉRMICAS TOTAIS - CÂMARA DE CONGELADOS PADARIA

■ Q1 ■ Q2 ■ Q3 ■ Q4 ■ Q5 ■ Q6 ■ Q7 ■ Q8



Anexo E – Cargas térmicas internas e externas dos restantes espaços a refrigerar

Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de refrigerados do take-away (CR02)

Câmara Refrigerados (Take Away)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	2 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	0.11984 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	9.67716 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	kg/m³
Densidade	1.1431 kg/m³		
Volume específico	0.874814 m³/kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.78254
Calor libertado por cada pessoa	270

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento	2.59 m	Altura da porta [m]	2
Largura	2.09 m	Largura da porta[m]	0.9
Área Pavimento	5.4131 m²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m³]	16.2393

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	2	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	7.77	0.267639903	65.09029197
Sul	33.3	7.77		65.09029197
Este	33.3	6.27		52.52459854
Oeste	33.3	6.27		52.52459854
Tecto	33.3	5.4131		45.34623674
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	5.4131	0	0
			Qttotal[W]	280.5760178
			Qttotal[J/Dia]	24241.76793

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
17.37	282.0861039	0.004	243.0571	21000.13

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
16.2393	22.5	92.048	389.2696	33632.89

Cargas térmicas internas						
Carga térmica devida à iluminação						
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência nec	Nº de lampad	Q [W]	Q [J/Dia]	
18	4	32	2	144	12441.6	

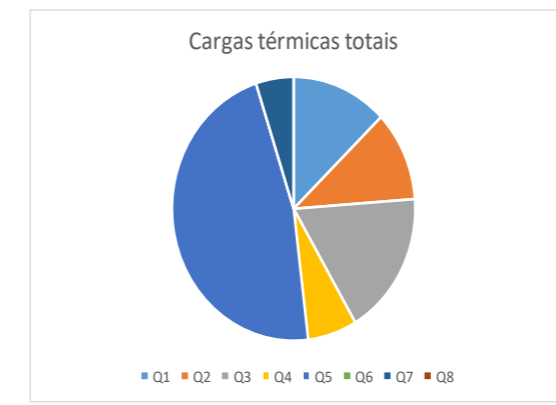
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Calor por cada pessoa [W]	Q[W]	Q[J/dia]
4	1	257.67	1030.696	89052.1344

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.3472	2841.88	0.00	284.19	110.10	9512.33
	Densidade de armazenagem				
	250				

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
	14.39	1.44	0.00	0.00

Cargas térmicas totais											
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
280.58	243.06	389.27	144	1030.696	0	110.10	0.00	0.00	2197.70	2.20	189.88



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de aves 1 refrigerada (CR03)

Câmara Refrigerados (Camera de Aves)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	0 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	0.11984 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	9.67716 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	kg/m³
Densidade	1.1431 kg/m³		
Volume específico	0.874814 m³/kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.78254
partido por cada pesso	270

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento	2.38 m	Altura da porta [m]	2
Largura	2.09 m	Largura da porta[m]	0.9
Área Pavimento	4.9742 m²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m³]	14.9226

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	0	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	7.14	0.267639903	63.63459854
Sul	33.3	7.14		63.63459854
Este	33.3	6.27		55.88080292
Oeste	33.3	6.27		55.88080292
Tecto	33.3	4.9742		44.33210365
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	4.9742	0	0
			Qttotal[W]	283.3629066
			Qttotal[J/Dia]	24482.55513

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
18.12	270.4084688	0.004	232.9952	20130.78

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
14.9226	24	97.0688	402.3664	34764.45

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]
18	4	30	2	144	12441.6

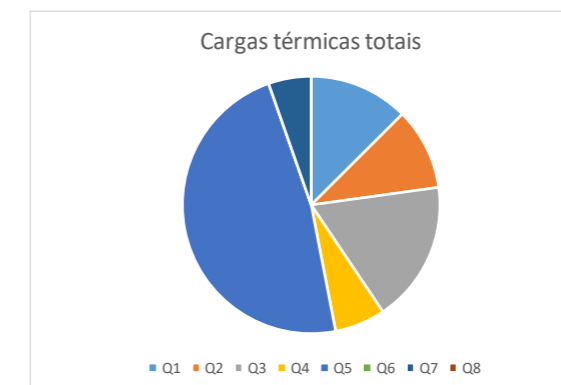
Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	Qdo por cada pe	Q[W]	Q[J/dia]
4	1	269.77	1079.08	93232.512

Cargas térmicas devida as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devida à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [k]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.3472	2611.46	0.00	261.15	121.40	10489.27
	Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado medio)				
	250				

Cargas térmicas devida à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	13.22	1.32	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
283.36	233.00	402.37	144.00	1079.08	0.00	121.40	0.00	2263.21	2.26	172.61



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de refrigerados de fruta e legumes (CR04)

Câmara Refrigerados (Legumes e Fruta)	
Condições de projeto Exteriores	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C
Humidade Relativa	44.1 %
Entalpia	67.934 kJ/kg
Densidade	1.1431 kg/m ³
Volume específico	0.874814 m ³ /kg

Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	2 °C
Temperatura de bolbo húmido	1.07 °C
Humidade Relativa	85 %
Entalpia	11.32 kJ/kg
Densidade	kg/m ³

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.7833
por libertado por cada pessoa (W)	270

Dimensões da Câmara 1				
Comprimento (Triangulo)	4.82	Comprimento	4.82	m
Largura (Triangulo)	0.54	Largura	3.02	m
Área Pavimento	1.3014	Área Pavimento	14.5564	m ²
ipotenusa do triangu	4.85	Altura	3	m
		Fluxo Diário [%]		10
		Volume [m ³]		47.5734

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	2	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	14.55	0.267639903	121.8872263
Sul	33.3	14.46		121.1332847
Este	33.3	9.06		75.89678832
Oeste	33.3	9.06		75.89678832
Tecto	33.3	15.8578		132.8428355
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	15.8578	0	0
			Qttotal[W]	527.6569231
			Qttotal[J/Dia]	45589.55816

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
10.59	462.5787284	0.007	386.9614	33433.46

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
47.5734	12.5	92.048	633.5411	54737.95

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devido à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	3	87	4	432	37324.8

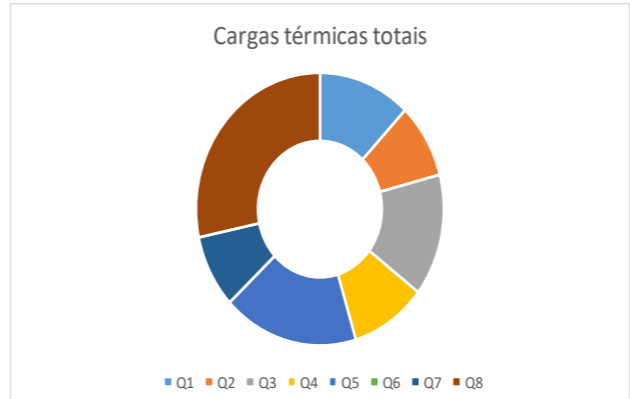
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	do por cada pes	Q[W]	Q[J/dia]
3	1	257.67	773.022	66789.1008

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.93296	8325.35	0.00	832.53	378.97	32743.25
Densidade de armazenagem 250					

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto interior da câmara [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0.148612816	3932.96	8325.35	1237.25	106898.66

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kj/dia]
527.66	386.96	633.54	432.00	773.02	0.00	378.97	1237.25	4369.41	4.37	307.45



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de refrigerados de lacticínios (CR05)

Câmara Refrigerados (Lacticínios)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	2 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	0.11984 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	9.67716 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.777096
libertado por cada pessoa (W)	270

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento	4.74 m	Altura da porta [m]	2
Largura	4.27 m	Largura da porta[m]	1.2
Área Pavimento	20.2398 m ²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m ³]	61.9044

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	2	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	18.21	0.267639903	152.5475182
Sul	33.3	12.81		107.3110219
Este	33.3	17.16		143.7515328
Oeste	33.3	15.57		130.4318978
Tecto	33.3	20.2398		169.5514146
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	20.2398	0	0
			Qttotal[W]	703.5933854
			Qttotal[J/Dia]	60790.4685

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
8.98	545.4585777	0.008	473.2823	40891.59

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
61.9044	15.74666667	92.048	1038.51	89727.28

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	6	121	4	864	74649.6

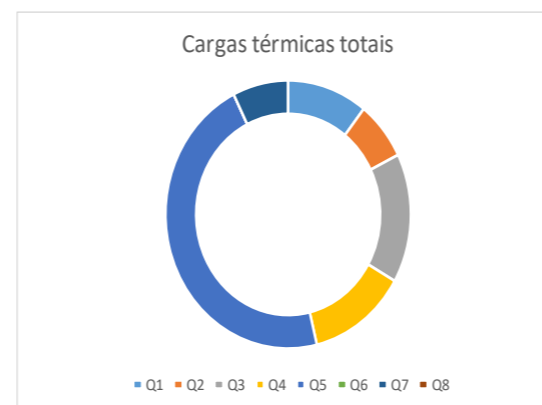
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Libertado por cada pe	Q[W]	Q[J/dia]
6	2	257.67	3092.088	267156.4032

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.89112	10833.27	0.00	1083.33	487.89	42153.55
	Densidade de armazenagem				
	250				

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	54.85	5.49	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
703.59	473.28	1038.51	864.00	3092.09	0.00	487.89	0.00	6659.36	6.66	458.57



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de refrigerados de bacalhau (CR06)

Câmara Refrigerados (Bacalhau)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	2 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	-0.499 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	60 %
Humidade Relativa	11.54 %	Entalpia	8.58259 kJ/kg
Entalpia	8.485 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m³
Densidade	0.0805 kg/m³		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.78215
por libertado por cada pessoa (W)	270

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento	1.97 m	Altura da porta [m]	2
Largura	4.74 m	Largura da porta[m]	1.2
Área Pavimento	9.3378 m²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m³]	28.0134

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	2	0.022	0.06886
Sul	33.3			0.06886
Este	33.3			0.06886
Oeste	33.3			0.06886
Tecto	33.3			0.06886

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	5.91	0.267639903	49.50883212
Sul	33.3	5.91		49.50883212
Este	33.3	14.22		119.1227737
Oeste	33.3	14.22		119.1227737
Tecto	33.3	9.3378		78.22395474
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	9.3378	0	0
			Qttotal[W]	415.4871664
			Qttotal[J/Dia]	35898.09118

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
13.23	370.4938056	0.005	0.535035	46.22705

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
28.0134	17.21428571	92.048	513.7543	44388.37

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	3	56	2	216	18662.4

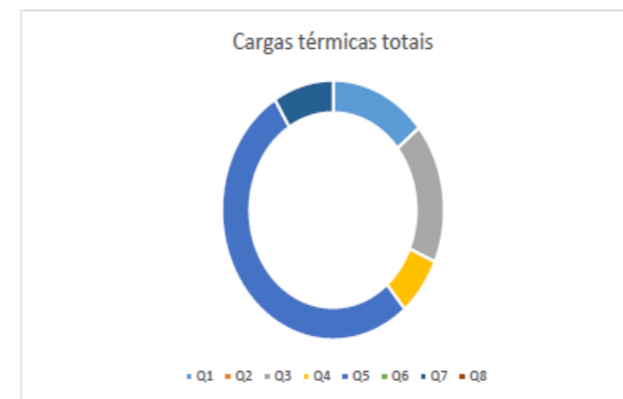
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Qado por cada pes	Q[W]	Q[J/dia]
3	2	257.67	1546.044	133578.2016

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
2.84512	7843.75	0.00	784.38	258.29	22316.42
Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado alto) 400					

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	24.82	2.48	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
415.49	0.54	513.75	216	1546.044	0	258.29	0.00	2950.11	2.95	213.91



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de aves 2 refrigerada (CR07)

Câmara Refrigerados (Aves)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	0 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	-1.62681 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	85 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	6.63077 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.77644
Calor libertado por cada pessoa (W)	270

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento	5.24 m	Altura da porta [m]	2
Largura	1.98 m	Largura da porta[m]	1
Área Pavimento	10.3752 m ²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m ³]	31.1256

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	0	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	6.12	0.267639903	54.54394161
Sul	33.3	5.94		52.93970803
Este	33.3	15.72		140.1030657
Oeste	33.3	15.72		140.1030657
Tecto	33.3	10.3752		92.46802336
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	10.3752	0	0
			Qttotal[W]	480.1578044
			Qttotal[J/Dia]	41485.6343

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
12.55	390.5322522	0.006	356.877	30834.18

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar (Manual de Instruções)	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
31.1256	16.76666667	97.0688	586.3142	50657.54

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	3	62	2	216	18662.4

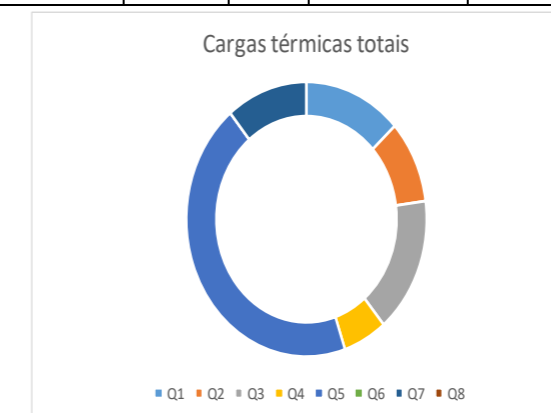
Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	Calor por cada pe	Q[W]	Q[J/dia]
3	2	269.77	1618.62	139848.768

Cargas térmicas devida as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devida à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.30536	8715.17	0.00	871.52	400.09	34568.12
	Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado alta)				
	400				

Cargas térmicas devida à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	27.58	2.76	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
480.16	356.88	586.31	216.00	1618.62	0.00	400.09	0.00	3658.06	3.66	262.83



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de refrigerados do peixe e gelo (CR08)

Câmara Refrigerada (Peixaria)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	2 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	1.07 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	85 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	11.32 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.777096
partido por cada pesso	270

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento	3.62 m	Altura da porta [m]	2
Largura	3.39 m	Largura da porta[m]	0.9
Área Pavimento	12.2718 m ²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m ³]	36.8154

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	2	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	10.86	0.267639903	90.97562044
Sul	33.3	10.86		90.97562044
Este	33.3	10.17		85.19540146
Oeste	33.3	10.17		85.19540146
Tecto	33.3	12.2718		102.8024511
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	12.2718	0	0
			Qttotal[W]	455.1444949
			Qttotal[J/Dia]	39324.48436

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
16.48	606.756953	0.009	511.6231	44204.24

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
36.8154	21.75	92.048	853.0793	73706.05

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	3	74	4	432	37324.8

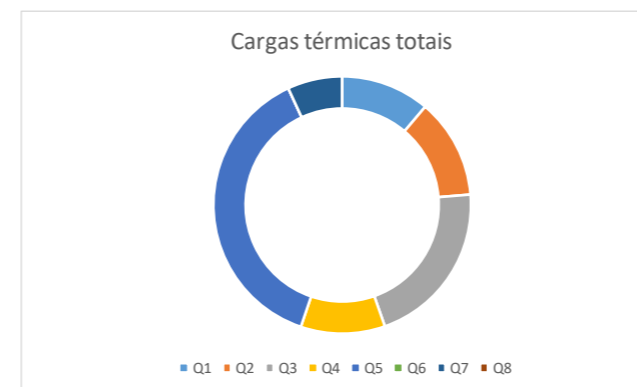
Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	partido por cada pe	Q[W]	Q[J/dia]
3	2	257.67	1546.044	133578.2016

Cargas térmicas devida as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devida à temperatura de entrada do produto					
Volume específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [k	Q[W]	Q[J/Dia]
3.7656	6442.70	0.00	644.27	280.79	24260.61
Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado medio) 250					

Cargas térmicas devida à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	0.00	0.00	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
455.14	511.62	853.08	432.00	1546.04	0.00	280.79	0.00	4078.69	4.08	290.82



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara do talho refrigerada (CR09)

Câmara Refrigerados (Talho)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	0 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	-1.07489 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	80 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	7.5773 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m³
Densidade	1.1431 kg/m³		
Volume específico	0.874814 m³/kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.77688
Calor libertado por cada pessoa (W)	270

Dimensões da Câmara 1					
Comprimento (Norte)	6.75	Comprimento (Sul)	6.75 m	Altura da porta [m]	2
Largura (Oeste)	2.07	Largura (Este)	1.83 m	Largura da porta[m]	1.2
	6.98625	Área Pavimento	15.28 m²	Fluxo Diário [%]	10
		Altura	3 m	Volume [m³]	66.79875

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	0	0.022	0.08
Sul	33.3			0.08
Este	33.3			0.08
Oeste	33.3			0.08
Tecto	33.3			0.08

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	21.18	0.267639903	188.7648175
Sul	33.3	20.25		180.4762774
Este	33.3	26.46		235.8223358
Oeste	33.3	11.7		104.2751825
Tecto	33.3	22.26625		198.4459215
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	22.26625	0	0
			Qtot[W]	907.7845347
			Qtot[J/Dia]	78432.5838

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumétrico diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
14.77	677.0524352	0.010	608.8077	52600.98

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Por troca de ar (Manual de Instruções)	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
66.79875	10.50666667	97.0688	788.4955	68126.01

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	4	92	4	576	49766.4

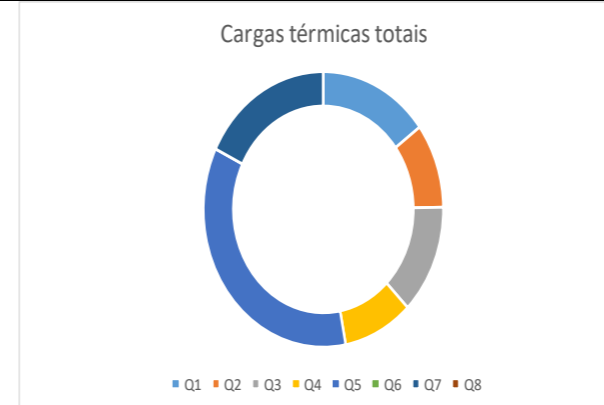
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	bertado por cada pessoa	Q[W]	Q[J/dia]
4	2	269.77	2158.16	186465.024

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.72376	21041.61	0.00	2104.16	1088.25	94024.67
Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado muito alto)					
450					

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	59.19	5.92	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qtot[W]	Qtot[kW]	Qtot[kJ/dia]
907.78	608.81	788.50	576.00	2158.16	0.00	1088.25	0.00	6127.50	6.13	385.63



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de congelados OPLS (CC02)

Câmara Congelados OPLS			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	-20 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	-20.2032 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	85 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	-18.716 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.7170998
partido por cada pessc	390

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento (Triangulo)	2.8	Comprimento	4.87 m
Largura (Triangulo)	1.02	Largura	3.85 m
Área Pavimento	2.856	Área Pavimento	18.7495 m ²
potenusa do triangu	3.11	Altura	3 m
		Fluxo Diário [%]	10
		Volume [m ³]	64.8165

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	-20	0.022	0.15
Sul	33.3			0.15
Este	33.3			0.15
Oeste	33.3			0.15
Tecto	33.3			0.15

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	14.61	0.144546649	112.5603548
Sul	33.3	14.61		112.5603548
Este	33.3	11.55		88.98508541
Oeste	33.3	11.55		88.98508541
Tecto	33.3	18.7495		144.4524553
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	18.7495	0.14098393	140.8920576
				Qttotal[W]
				688.4353934
				Qttotal[J/Dia]
				59480.81799

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
9.33	524.993	0.008	734.2243	63436.98

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
64.8165	8	138.9088	833.665	72028.66

Cargas térmicas internas						
Carga térmica devida à iluminação						
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]	
36	3	130	4	432	37324.8	

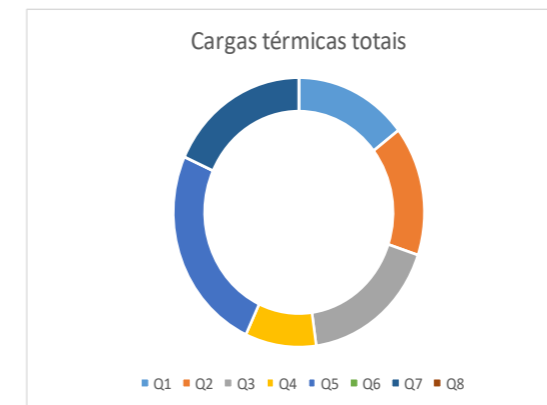
Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	qdo por cada pess	Q[W]	Q[J/dia]
3	1	390.7	1172.1	101269.44

Cargas térmicas devida as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devida à temperatura de entrada do produto						
Volume específico do produto [kJ/kg.°C]	Mar	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
2.05016		11342.89	0.00	1134.29	861.29	74415.15
		Densidade de armazenagem (Paletizado congelado medio)				
		250				

Cargas térmicas devida à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
	57.43	1134.29	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kj/dia]
688.44	734.22	833.67	432.00	1172.10	0.00	861.29	0.00	4721.71	4.72	296.22



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a câmara de congelados de reserva (CC03)

Câmara Congelados (Reserva)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	-20 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	-20.2032 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	85 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	-18.716 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.7170998
partido por cada pesso	390

Dimensões da Câmara 1			
Comprimento (Triangulo)	0.54	Comprimento	2.55 m
Largura (Triangulo)	0.11	Largura	2.42 m
Área Pavimento	0.0594	Área Pavimento	6.171 m ²
potenusa do triangulo	0.55	Altura	3 m
		Altura da porta [m]	1.9
		Largura da porta[m]	0.8
		Fluxo Diário [%]	10
		Volume [m ³]	18.6912

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	-20	0.022	0.15
Sul	33.3			0.15
Este	33.3			0.15
Oeste	33.3			0.15
Tecto	33.3			0.15

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	7.65	0.144546649	58.93817346
Sul	33.3	7.65		58.93817346
Este	33.3	7.26		55.93348226
Oeste	33.3	7.26		55.93348226
Tecto	33.3	6.171		47.54345992
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	6.171	0.14098393	46.37163058
				Qttotal[W]
				323.6584019
				Qttotal[J/Dia]
				27964.08593

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
23.24	430.2673587	0.007	601.7466	51990.9

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
18.6912	25.36842105	138.9088	762.3364	65865.86

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devido à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
18	2	37	4	144	12441.6

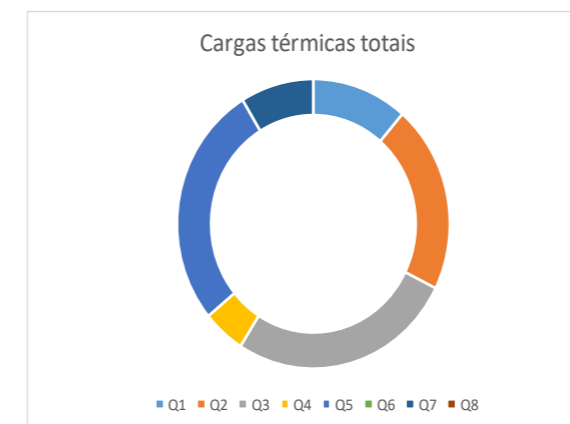
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Qdo por cada pes	Q[W]	Q[J/dia]
2	1	390.7	781.4	67512.96

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
2.05016	3270.96	0.00	327.10	248.37	21459.17
	Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado medio)				
	250				

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
	16.56	327.10	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
323.66	601.75	762.34	144.00	781.40	0.00	248.37	0.00	2861.51	2.86	213.34



Cargas térmicas internas e externas calculadas para o corredor 1 (SR01a e SR01b)

Corredor			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	12 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	27.4 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
Calor libertado por cada pessoa (W)	200

Dimensões da Câmara			
Comprimento (Norte)	7.63	Comprimento (Sul)	5.87 m
Largura (Oeste)	3.2	Largura (Este)	2.67 m
		Área Pavimento	67.7987 m ²
		Altura	3 m
		Fluxo Diário [%]	10
		Volume [m ³]	203.3961

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	12	0.022	0.06
Sul	33.3			0.06
Este	33.3			0.06
Oeste	33.3			0.06
Tecto	33.3			0.06

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	76.65	0.353697749	577.4628617
Sul	33.3	82.11		618.5972026
Este	33.3	6		45.20257235
Oeste	33.3	14.13		106.4520579
Tecto	33.3	67.7987		510.7792736
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	67.7987	0	0
			Qttotal[W]	1858.493968
			Qttotal[J/Dia]	160573.8788

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
7.01	1426.170046	0.019	764.8236	66080.76

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Por troca de ar (Manual de Instruções)	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
203.3961	9	71.128	1506.996	130204.4

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária (W)	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	10	407	8	2880	248832

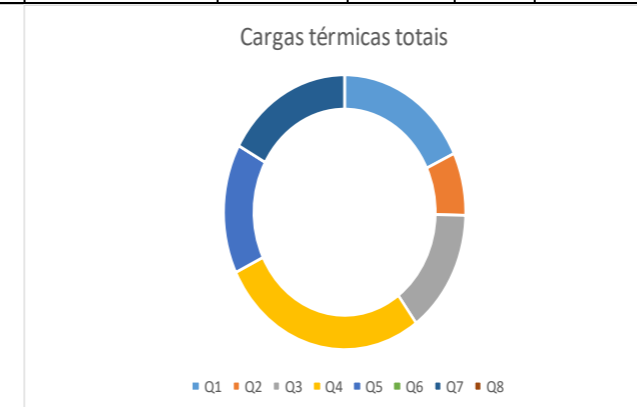
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Calor por cada pessoa [W]	Q[W]	Q[J/dia]
8	1	197.208	1577.664	136310.1696

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.72376	4067.92	0.00	4067.92	1753.24	151479.7
	Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado medio) 400				

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	180.22	18.02	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
1858.49	764.82	1507.00	2880.00	1577.66	0.00	1753.24	0.00	10341.21	10.34	493.18



Cargas térmicas internas e externas calculadas para o corredor 2 (SR02a e SR2b)

Corredor 1				
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto		
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	12 °C	
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C	
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %	
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	27.4 kJ/kg	
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m³	
Densidade	1.1431 kg/m³			
Volume específico	0.874814 m³/kg			
Dimensões da Câmara 1				
Comprimento (Sul)	2 m	Altura da porta [m]	2.2	
Largura (Este)	16.25 m	Largura da porta[m]	1.6	
Área Pavimento	32.5 m²	Fluxo Diário [%]	10	
Altura	3 m	Volume [m³]	97.5	
Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	12	0.022	0.06
Sul	33.3			0.06
Este	33.3			0.06
Oeste	33.3			0.06
Tecto	33.3			0.06

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	6	0.353697749	45.20257235
Sul	33.3	6		45.20257235
Este	33.3	48.75		367.2709003
Oeste	33.3	48.75		367.2709003
Tecto	33.3	32.5		244.8472669
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	32.5	0	0
Qttotal[W]				1069.794212
Qttotal[J/Dia]				92430.21994

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumétrico diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
10.13	987.4208829	0.013	529.5321	45751.57

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Por troca de ar (Manual de Instruções)	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
97.5	13.5	71.128	1083.591	93622.23

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
Calor libertado por cada pessoa (W)	200

Cargas térmicas internas						
Carga térmica devido à iluminação						
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária (W)	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]	
36	10	195	4	1440	124416	

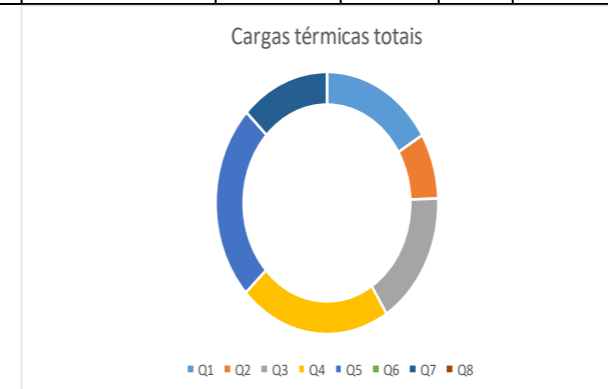
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Calor libertado por cada pessoa (W)	Q[W]	Q[J/dia]
8	1	197.208	1577.664	136310.1696

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.72376	1950.00	0.00	1950.00	840.43	72613.32
Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado medio) 400					

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	86.39	8.64	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
1069.79	529.53	1083.59	1440.00	1577.66	0.00	840.43	0.00	6541.01	6.54	368.12



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a sala refrigerada do lixo (SR03)

Sala Refrigerada (Lixo)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	12 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	27.4 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m³
Densidade	1.1431 kg/m³		
Volume específico	0.874814 m³/kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
libertado por cada pessoa (W)	200

Dimensões da Sala			
Comprimento	2.26 m	Altura da porta [m]	2
Largura	7.8 m	Largura da porta[m]	0.9
Área Pavimento	17.628 m²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m³]	52.074

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	12	0.022	0.06
Sul	33.3			0.06
Este	33.3			0.06
Oeste	33.3			0.06
Tecto	33.3			0.06

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	6.78	0.353697749	51.07890675
Sul	33.3	6.78		51.07890675
Este	33.3	23.4		176.2900322
Oeste	33.3	27		203.4115756
Tecto	33.3	17.358		130.7710418
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	17.358	0	0
			Qttotal[W]	612.630463
			Qttotal[J/Dia]	52931.27201

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
9.63	509.0497029	0.007	293.0274	25317.57

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
52.074	7.5	71.128	321.5208	27779.4

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	4	104	4	576	49766.4

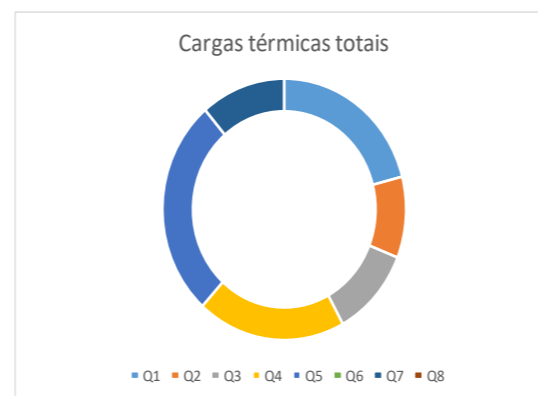
Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	Libertado por cada pessoa [W]	Q[W]	Q[J/dia]
4	1	197.208	788.832	68155.0848

Cargas térmicas devida as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devida à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.89112	7290.36	0.00	729.04	328.33	28367.67
	Densidade de armazenagem				
	200				

Cargas térmicas devida à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	46.14	4.61	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kj/dia]
612.63	293.03	321.52	576.00	788.83	0.00	328.33	0.00	2920.34	2.92	174.19



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a sala refrigerada de apoio à charcutaria e take-away (SR04)

Sala Refrigerados (Take Away)	
Condições de projeto Exteriores	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C
Humidade Relativa	44.1 %
Entalpia	67.934 kJ/kg
Densidade	1.1431 kg/m ³
Volume específico	0.874814 m ³ /kg

Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	12 °C
Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C
Humidade Relativa	70 %
Entalpia	27.4 kJ/kg
Densidade	1.282 kg/m ³

Dimensões da Câmara 1	
Comprimento	3.27 m
Largura	1.76 m
Área Pavimento	5.7552 m ²
Altura	3 m

Isolamento Térmico (Espessura)	
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]
Norte	33.3
Sul	33.3
Este	33.3
Oeste	33.3
Tecto	33.3

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor					
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]	
Norte	33.3	16.17	0.353697749	121.8209325	
Sul	33.3	16.17		121.8209325	
Este	33.3	13.62		102.6098392	
Oeste	33.3	28.8		216.9723473	
Tecto	33.3	20.7394		156.2457048	
Pavimento	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]	
	33.3	20.7394	0	0	
				Qttotal[W]	719.4697563
				Qttotal[J/Dia]	62162.18694

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
10.44	469.326901	0.007	270.1616	23341.96

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
62.2182	12.5	71.128	640.257	55318.2

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
Calor libertado por cada pessoa (W)	200

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lampadas	Q [W]	Q [J/Dia]
18	3	90	4	216	18662.4

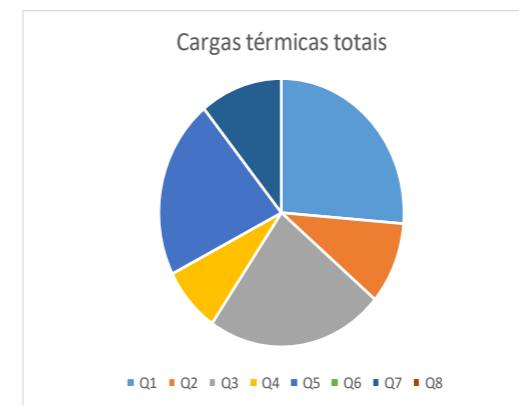
Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	Qdo por cada pe	Q[W]	Q[J/dia]
3	1	197.208	591.624	51116.3136

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.30536	777.73	0.00	777.73	297.53	25706.69
Densidade de armazenagem 250					

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
	55.13	5.51	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
719.47	270.16	640.26	216.00	591.62	0.00	297.53	0.00	2590.95	2.59	236.31



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a sala refrigerada de preparação de fruta e legumes (SR05)

Sala Refrigerados (Fruta e Legumes)					
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto		Condições gerais do Produto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	12 °C	volume específico	0.815
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C	libertado por cada pessoa (W)	200
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %		
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	27.4 kJ/kg		
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m ³		
Densidade	1.1431 kg/m ³				
Volume específico	0.874814 m ³ /kg				
Dimensões da Sala					
Comprimento (Sul)	4.82 m	Altura da porta [m]	2.2		
Largura (Este)	3.32 m	Largura da porta[m]	1.6		
Área Pavimento	16.0024 m ²	Fluxo Diário [%]	10		
Altura	3 m	Volume [m ³]	48.0072		
Isolamento Térmico (Espessura)					
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]	
Norte	33.3	12	0.022	0.06	
Sul	33.3			0.06	
Este	33.3			0.06	
Oeste	33.3			0.06	
Tecto	33.3			0.06	

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	14.46	0.353697749	108.9381994
Sul	33.3	14.46		108.9381994
Este	33.3	9.96		75.0362701
Oeste	33.3	9.96		75.0362701
Tecto	33.3	16.0024		120.558274
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	16.0024	0	0
Qttotal[W]				488.5072129
Qttotal[J/Dia]				42207.02319

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
10.10	485.0105978	0.007	279.1897	24121.99

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Por troca de ar (Manual de Instrução)	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
48.0072	12.5	71.128	494.0185	42683.2

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
libertado por cada pessoa (W)	200

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]
18	3	96	4	216	18662.4

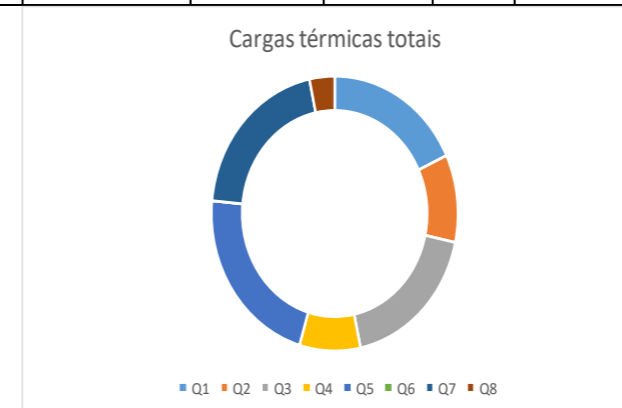
Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	Libertado por cada pessoa	Q[W]	Q[J/dia]
3	1	197.208	591.624	51116.3136

Cargas térmicas devida as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devida à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.93578	600.09	0.00	600.09	546.72	47236.44
Densidade de armazenagem 250					

Cargas térmicas devida à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto interior da câmara [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0.148612816	3935.78	600.09	89.18	7705.24

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
488.51	279.19	494.02	216.00	591.62	0.00	546.72	89.18	2705.24	2.71	167.84



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a sala refrigerada de apoio à peixaria (SR06)

Sala Refrigerada (Peixaria)			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	12 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	27.4 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m³
Densidade	1.1431 kg/m³		
Volume específico	0.874814 m³/kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
partido por cada pessc	200

Dimensões da Sala			
Comprimento	3.39 m	Altura da porta [m]	2.2
Largura	2.26 m	Largura da porta[m]	1.6
Área Pavimento	7.6614 m²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	3 m	Volume [m³]	22.1106

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	12	0.022	0.06
Sul	33.3			0.06
Este	33.3			0.06
Oeste	33.3			0.06
Tecto	33.3			0.06

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	10.17	0.353697749	76.61836013
Sul	33.3	10.17		76.61836013
Este	33.3	6.78		51.07890675
Oeste	33.3	6.78		51.07890675
Tecto	33.3	7.6614		57.71916463
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	7.6614	0	0
			Qttotal[W]	313.1136984
			Qttotal[J/Dia]	27053.02354

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumétrico diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
14.60	335.5928784	0.005	193.1794	16690.7

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Fator troca de ar	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
22.1106	19.27272727	71.128	350.8089	30309.89

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária (W)	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]
18	10	46	2	360	31104

Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	Qdo por cada pe.	Q[W]	Q[J/dia]
6	1	197.208	1183.248	102232.6272

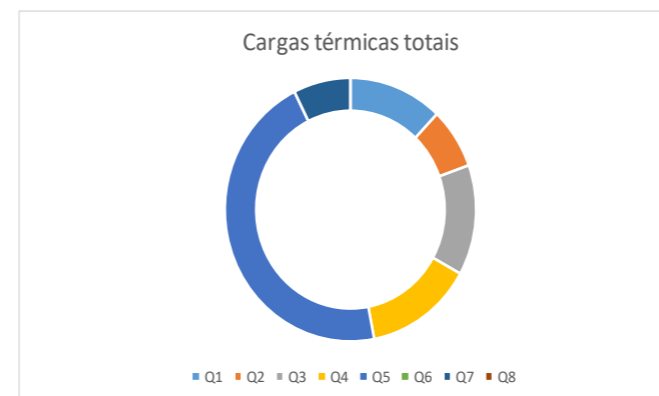
Cargas térmicas devida as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devida à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.72376	442.21	0.00	442.21	190.59	16466.91

Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado baixo)
200

Cargas térmicas devida à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	0.00	0.00	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
313.11	193.18	350.81	360.00	1183.25	0.00	190.59	0.00	2590.94	2.59	176.29



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a sala refrigerada de apoio ao talho (SR07a SR07b)

Sala de Apoio ao Talho			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	12 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	27.4 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m³
Densidade	1.1431 kg/m³		
Volume específico	0.874814 m³/kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
Calor libertado por cada pessoa (W)	200

Dimensões da Sala					
Comprimento (Norte)	7.63	Comprimento (Sul)	5.87 m	Altura da porta [m]	2.2
Largura (Oeste)	3.2	Largura (Este)	2.67 m	Largura da porta[m]	1.2
		Área Pavimento	42.4 m²	Fluxo Diário [%]	10
		Altura	3 m	Volume [m³]	127.2

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	12	0.022	0.06
Sul	33.3			0.06
Este	33.3			0.06
Oeste	33.3			0.06
Tecto	33.3			0.06

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m²]	U[W/m².°C]	Q [W]
Norte	33.3	124.5	0.353697749	937.9533762
Sul	33.3	117.4365		884.7386479
Este	33.3	6.87		51.75694534
Oeste	33.3	5.07		38.19617363
Tecto	33.3	42.4		319.4315113
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m².°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	42.4	0	0
			Qttotal[W]	2232.076654
			Qttotal[J/Dia]	192851.4229

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m³/dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
8.87	1127.829774	0.016	649.2197	56092.58

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m³]	Por troca de ar (Manual de Instruções)	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m³]	Q[W]	Q[J/dia]
127.2	12	71.128	1256.595	108569.8

Cargas térmicas internas					
Carga térmica devida à iluminação					
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária (W)	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]
36	10	254	6	2160	186624

Carga térmica devida aos operadores				
Horas	nº pessoas	Calor por cada pessoa [W]	Q[W]	Q[J/dia]
8	2	197.208	3155.328	272620.3392

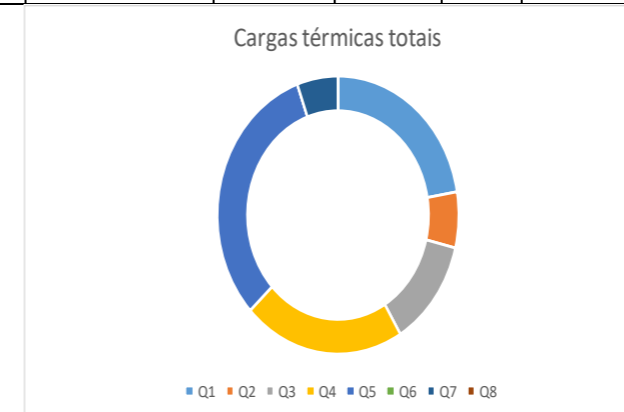
Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
0	3	6000	0	0

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.72376	1272.00	0.00	1272.00	548.22	47366.23

Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado baixo)
200

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	112.71	11.27	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
2232.08	649.22	1256.59	2160.00	3155.33	0.00	548.22	0.00	10001.44	10.00	630.14



Cargas térmicas internas e externas calculadas para a sala refrigerada de recepção de produtos - buffer (SR08)

Buffer			
Condições de projeto Exteriores		Condições interiores de Projeto	
Temperatura de bolbo seco	33.3 °C	Temperatura de bolbo seco	12 °C
Temperatura de bolbo húmido	23 °C	Temperatura de bolbo húmido	9.202 °C
Temperatura de Saturação	23.3 °C	Humidade Relativa	70 %
Humidade Relativa	44.1 %	Entalpia	27.4 kJ/kg
Entalpia	67.934 kJ/kg	Densidade	1.282 kg/m ³
Densidade	1.1431 kg/m ³		
Volume específico	0.874814 m ³ /kg		

Condições gerais do Produto	
volume específico	0.815
por libertado por cada pessoa (W)	200

Dimensões da zona de descarga de produto				
Comprimento (Sul)	-	m	Altura da porta [m]	2.2
Largura (Este)	-	m	Largura da porta[m]	3.2
Área Pavimento	49	m ²	Fluxo Diário [%]	10
Altura	5	m	Volume [m ³]	245

Isolamento Térmico (Espessura)				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Temp.Interior[°C]	k(Poliuretano)[W/m.°C]	Espessura[m]
Norte	33.3	12	0.022	0.06
Sul	33.3			0.06
Este	33.3			0.06
Oeste	33.3			0.06
Tecto	33.3			0.06

Cargas Térmicas devido à transmissão de calor				
Orientação Parede	Temp.Exterior[°C]	Área [m ²]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Norte	33.3	41.7	0.353697749	314.1578778
Sul	33.3	43.5		327.7186495
Este	33.3	32.4		244.0938907
Oeste	33.3	33.65		253.5110932
Tecto	33.3	49		369.1543408
	Temp.Exterior[°C]	Perímetro[m]	U[W/m ² .°C]	Q [W]
Pavimento	33.3	49	0	0
			Qttotal[W]	1508.635852
			Qttotal[J/Dia]	130346.1376

Cargas Térmicas devido à renovação do ar				
Taxa de renovação do ar	Caudal volumético diário de ar exterior (m ³ /dia)	Caudal (Kg/s)	Q2[W]	Q2[J/Dia]
6.39	1565.247584	0.021	839.4078	72524.83

Cargas térmicas devido à abertura de portas				
Volume[m ³]	Por troca de ar (Manual de Instrução)	Calor cedido pelo ar exterior [kJ/m ³]	Q[W]	Q[J/dia]
245	9	71.128	1815.246	156837.2

Cargas térmicas internas						
Carga térmica devida à iluminação						
Potencia das lâmpadas[W]	Tempo[h]	Potência necessária	Nº de lâmpadas	Q [W]	Q [J/Dia]	
36	10	294	6	2160	186624	

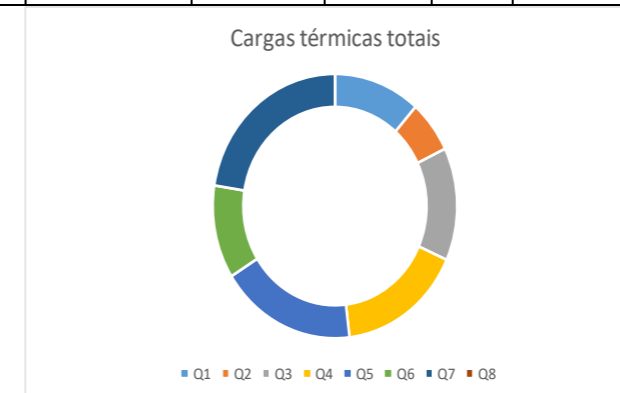
Carga térmica devido aos operadores				
Horas	nº pessoas	Qtado por cada pess	Q[W]	Q[J/dia]
6	2	197.21	2366.496	204465.2544

Cargas térmicas devido as empilhadoras				
nº empilhadoras	tempo de funcionamento [h]	Potencia da empilhadora [W]	Q [W]	Q[J/Dia]
1	6	6000	1500	129600

Cargas térmicas devido à temperatura de entrada do produto					
Calor específico do produto [kJ/kg.°C]	Massa do produto interior da camera[kg]	Calor Latente (W/Kg)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/Dia]
3.72376	68600.00	0.00	6860.00	2956.60	255449.9
	Densidade de armazenagem (Paletizado refrigerado alto)				
	400				

Cargas térmicas devido à respiração dos produtos armazenados				
Calor da respiração [W/kg]	Calor Especifico acima da temperatura de congelação (J/Kg °C)	Massa do produto que entra diariamente [kg]	Q[W]	Q[J/dia]
0	217.09	21.71	0.00	0.00

Cargas térmicas totais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Qttotal[W]	Qttotal[kW]	Qttotal[kJ/dia]
1508.64	839.41	1815.25	2160.00	2366.50	1500.00	2956.60	0.00	13146.38	13.15	693.78



Anexo F – Problemas no dimensionamento dos evaporadores

Para as câmaras da padaria que estão a servir de exemplo (Câmara de congelados e refrigerados) serão dimensionados os evaporadores de acordo com a regra base da área, que poderia ser realizada pelo software *CalCam-Quiron*. No entanto, o software indica evaporadores que não são os mais apropriados para os locais. No caso deste tipo de câmaras com um pé direito baixo/médio (3 metros) é necessário um evaporador cubico para os congelados e um evaporador de baixo perfil para os refrigerados.



Foi feito um teste para dimensionar uma câmara que tem servido de exemplo: uma câmara de refrigerados da padaria. Estes evaporadores são apropriados para este tipo de 2.82kW, bastante inferior ao que foi efetuado no nosso balanço (3.20kW). Estamos perante uma diferença de cerca de 400 W, que terá influência na escolha do evaporador. Este evaporador é colocado em pequenas/médias câmaras, com uma projeção de ar até 10 metros de comprimento. Neste caso, o programa seleciona um evaporador de baixo fluxo, com baixo ruído e resistências elétricas. Apesar de ser acima do balanço térmico, a capacidade nominal frigorífica não é o valor real da sua capacidade, pois esta depende do tipo de DT e da temperatura de arrefecimento. Por outro lado, verifica-se a seleção de um modelo (no final da lista) que não é adequado para uma câmara de refrigerados de padaria. Este modelo é usualmente escolhido para câmaras de congelados e usufrui de um espaçamento entre alhetas maior que o evaporador selecionado pelo programa. Quanto maior o espaçamento entre alhetas, maior será a área de contacto do ar sobre as alhetas, ou seja, maior quantidade de ar arrefecido. Por normal, o uso de um evaporador com espaçamento entre alhetas maior permite reduzir o risco de condensação. O seu uso é mais

relevante em espaços onde haja uma maior presença de um ar mais gélido (húmido), como é o caso das câmaras de congelados.

Anexo G – Tabela resumo dos expositores selecionados

Tabela resumo dos expositores selecionados					
Expositores Refrigerados : EXKAL/Jordão	REFRIGERADOS	Modelo e Modulação	Quant.	m	Pot. Frig. (kW)
MR01	Mural de Lactínicos A/S	SVLNU1-6	5	18.75	5,96
		SVLNU1-4	1	2.50	0,80
MR02	Mural de Talho A/S	SVLNU1-4	2	5.00	1,83
MR03	Vitrine de Talho S/T	HFSR1-6	1	3.75	0,96
		HFSR1-4	1	2.50	0,64
MR04	Mural de Charcutaria A/S	SVLNU1-6	1	3.75	1,19
MR05	Vitrine Queijos A/S	HASR1-3	1	1.875	0,53
MR06	Meio Mural Convertível	LHCB1-2	1	1.25	0,99
MR07	Vitrine de Charcutaria S/T	HFSR1-4	1	2.50	0,58
MR08	Vitrine Take Away Frio S/T	HFSR1-4	1	2.50	0,58
	Vitrine Take Away Quente S/T	HFSRPC-1,5	1	1.00	-
MR09	Murais de Fruta e Legumes A/S	VLNU1-4	3	7.50	9,11
	Mural 4ª Gama A/S	VLNU1-3	1	1.875	2,28
MR10	Vitrine Refrigerada e Ventilada - Padaria S/T	VDSVT+P - VD	1	1.25	1,04
		VDSVT+P - VD	1	0.937	0,86
MR11	Vitrine Banho Maria - Pastelaria S/T	VDSBM - VD	1	1.25	-
MR12	Vitrine Refrigerada - Pastelaria A/S	VDSVT - VSF	2	0.937	1,71
MR13	Mural Migas de Bacalhau	IVW1-2	1	1.25	,

Tabela resumo dos expositores selecionados					
Expositores Refrigerados: EXKAL/Jordão	CONGELADOS	Modelo e Modulação	Quant.	m	Pot. Frig. (kW)
IC01	Ilhas de Congelados c/topos	GAS5-4 Doble C/portas	2	2 x 2.50	3,90
		GAS5-6 Doble C/portas	1	2 x 3.75	2,93
		GAS5-3 C/portas	2	1.875	1,46
IC02	Ilhas de Congelados c/topos	GAS5-4 Doble C/portas	2	2 x 2.50	3,90
		GAS5-6 Doble C/portas	1	2 x 3.75	2,93
		GAS5-3 C/portas	2	1.875	1,46
IC03	Ilhas de Peixe Congelado	GAS5-3 C/portas	1	1.875	0,73
		GAS5-4 C/portas	1	2.50	0,98

Anexo H – Catálogos da seleção dos compressores

Método de seleção dos compressores LT

BITZER Software v6.7.0 rev1849

Projeto Modo Opções Janela

Portugal Português SI

Semi-Hermetic Pistões

Mostrar visão geral

Modo: Refrigeração e Ar Célido

Refrigerante: R744 (CO2)

Temperatura de referência: Porta de Orvalho

Tipo do compressor: subcrítico

Série: Padrão

Modo de operação: subcrítico

Motor versão: todos

Seleção compressor

Capac. Frigorífica: 10.98 kW

Compressor modelo:

Incluir modelos antigos

Porto de operação

Temp. Evaporação SST: -35 °C

Temp. Condensação SDT: -10 °C

Condições de operação

Sub resfriamento líquido: 0 K

Superaquecimento do gás: 10 K

Superaquecimento útil: 100

Controle de capacidade

Sem

Inversor de: 0 Hz

Suprimento de eletricidade

Frequência de alimentação: 50Hz

Resultado Limites Dados Técnicos Dimensões Informações Documentação Treinamento

Dados Provisórios

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

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

Compressor	2QSL-3K-40S	2FSL-4K-40S
Etapas de capacidade	100%	100%
Capac. Frigorífica	9.47 kW	12.14 kW
Capac. Frigorífica *	9.47 kW	12.14 kW
Capacidade Evaporador	9.47 kW	12.14 kW
Potência absorvida	1.96 kW	2.47 kW
Corrente (400V)	5.10 A	5.58 A
Faixa de Tensão	380-420V	380-420V
Capacidade do Condensador	11.43 kW	14.61 kW
COP/EER	4.83	4.91
COP/EER*	4.83	4.91
Vazão em massa	125.2 kg/h	161.7 kg/h
Temp. gás de Descarga não resfriado	47.1 °C	46.3 °C

Central de Congelados				
Potência dos Evaporadores (kW)	13.09	Nº compressores	Pot. Compressor mín. (kW)	Margem
Potência dos Expositores (kW)	18.28	3.00	10.98	16%
Potência Necessária (kW)	31.37			
3 x 2FSL-4K-40S (-35°C/-10°C) R744				
	1	(1 + 1)	(2 + 1)	
Potência Frigorífica (kW)	12.14	24.28	36.42	
Potência Absorvida (Kw)	2.47	4.94	7.41	
CTR (kW)	14.61	29.22	43.83	

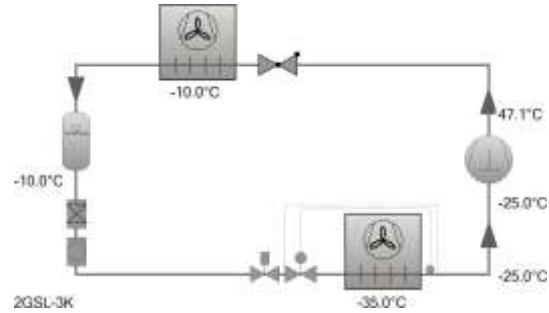
Características técnicas dos compressores LT selecionados



Seleção: Semi-Herméticos Pistões

Valores de entrada

Capac. Frigorífica	10.98 kW
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-35.00 °C
Temp. Condensação SDT	-10.00 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	0 K
Superaquecimento do gás	10.00 K
Sucção	
Modo de operação	subcrítico
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%



Resultado

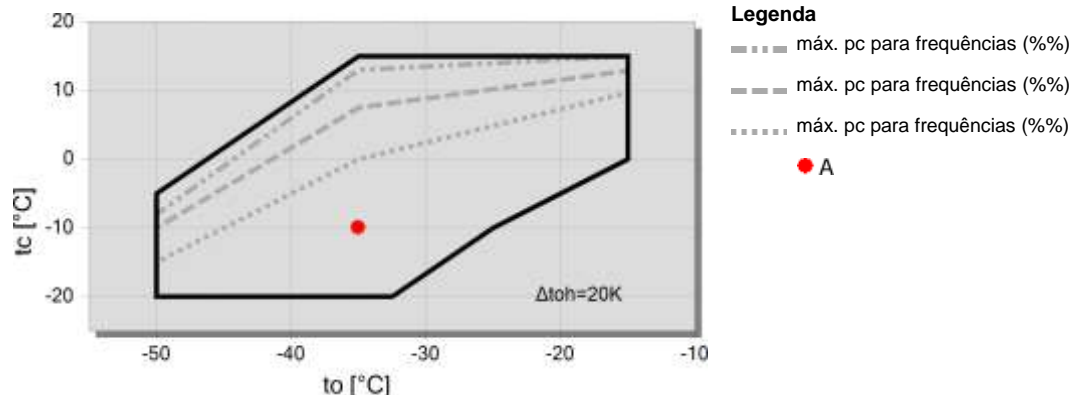
Compressor	2GSL-3K-40S	2FSL-4K-40S
Etapas de capacidade	100%	100%
Capac. Frigorífica	9.47 kW	12.14 kW
Capac. Frigorífica *	9.47 kW	12.14 kW
Capacidade Evaporador	9.47 kW	12.14 kW
Potência absorvida	1.96 kW	2.47 kW
Corrente (400V)	5.10 A	5.58 A
Faixa de Tensão	380-420V	380-420V
Capacidade do Condensador	11.43 kW	14.61 kW
COP/EER	4.83	4.91
COP/EER*	4.83	4.91
Vazão em massa	126.2 kg/h	161.7 kg/h
Temp. gás de Descarga não resfriado	47.1 °C	46.3 °C

Dados Provisórios

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

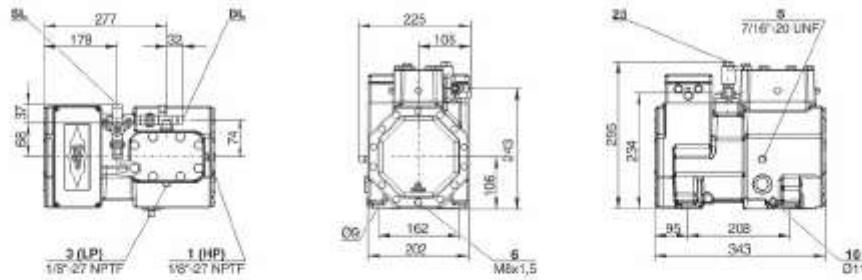
*segundo EN 12900 (superaquecimento na sucção de 10K, sem sub-resfriamento de líquido)

Limites de aplicação



Dados Técnicos: 2FSL-4K

Dimensões e Conexões



Dados Técnicos

dados técnico

Deslocamento LP/HP (1450 RPM)	6,36 m ³ /h
Deslocamento LP/HP (1750 RPM)	7,88 m ³ /h
No. de cilindros x diâmetro x curso	2 x 46 mm x 22 mm
Peso	53 kg
Pressão máxima (LP/H)	30 / 53 bar
Conexão da linha de sucção	16 mm - 5/8"
Conexão da linha de descarga	12 mm - 1/2"
Tipo de óleo R744 (CO ₂)	BSE60K (Standard) BSE85K, BSG68K (Option)

dados motor

Motor versão	1
Voltagem do motor (outras sob consulta)	380-420V -50Hz
Máxima corrente de trabalho	8,8 A
Corrente de partida (rotor bloqueado)	39,3 A
Máx. Potência absorvida excedida	4,8 kW

extensão do fornecimento

Proteção do motor	SE-B1
Classe da proteção	IP65
Coxins	Standard
Carça de óleo	1,00 dm ³

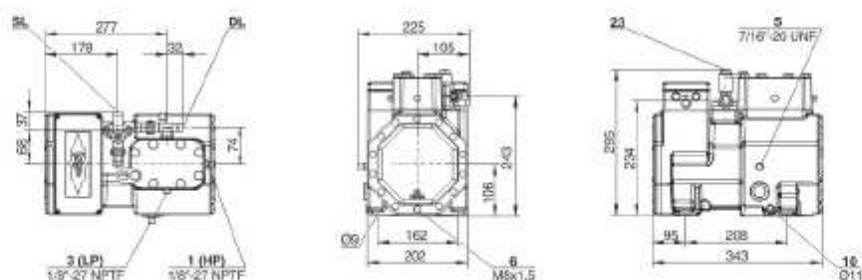
opções disponíveis

Resistência de aquecimento de óleo	0,60 W PTC (Option)
------------------------------------	---------------------

medição sonora

Dados Técnicos: 2GSL-3K

Dimensões e Conexões



Dados Técnicos

dados técnico

Deslocamento LP/HP (1450 RPM)	5,05 m ³ /h
Deslocamento LP/HP (1750 RPM)	6,1 m ³ /h
No. de cilindros x diâmetro x curso	2 x 41 mm x 22 mm
Peso	52 kg
Pressão máxima (LP/H)	30 / 53 bar
Conexão da linha de sucção	16 mm - 5/8"
Conexão da linha de descarga	12 mm - 1/2"
Tipo de óleo R744 (CO ₂)	BSE80K (Standard) BSE85K, BSG68K (Option)

dados motor

Motor versão	1
Voltagem do motor (outras sob consulta)	380-420V -50Hz
Máxima corrente de trabalho	6.8 A
Corrente de partida (rotor bloqueado)	39.3 A
Máx. Potência absorvida excedida	3.6 kW

extensão do fornecimento

Proteção do motor	SE-B1
Classe da proteção	IP65
Coxins	Standard
Carga de óleo	1,00 dm ³

opções disponíveis

Resistência de aquecimento de óleo	0..60 W PTC (Option)
------------------------------------	----------------------

medição sonora

Método de seleção dos compressores MT

[1] BITZER Software v6.7.0 rev1849

Projeto Modo Opções Janela

Portugal Português SI

Semi-Herméticos Pistões

Mostrar visão geral

Modo: Refrigeração e Ar Condicionado

Refrigerante: R744 (CO2)

Temperatura de referência: Ponto de Orvalho

Tipo do compressor: Transcrítico

Série: Padrão

Modo de operação: Transcrítico

Motor versão: todos

Seleção compressor

Capac. Frigorífica: 31.83 kW

Compressor modelo:

Incluir modelos antigos

Ponto de operação

Temp. Evaporação SST: -10 °C

pressão de descarga: Auto

Condições de operação

Saida gás resfriado: 40 °C

Superaquecimento do gás: 10 K

Superaquecimento útil: 100

Controle de capacidade

Sen

Inversor de: 0 Hz

Suprimento de eletricidade

Frequência de alimentação: 50Hz

Resultado Limites Dados Técnicos Dimensões Informações Documentação Treinamento

Dados Proprietários

Compressor	4FTC-20K-40P	4DTC-25K-40P
Etapas de capacidade	100%	100%
Capac. Frigorífica	31.0 kW	39.2 kW
Capacidade Evaporador	31.0 kW	39.2 kW
Potência absorvida	22.5 kW	28.2 kW
Corrente (400V)	37.4 A	48.1 A
Faixa de Tensão	380-420V	380-420V
capacidade do resfriador gasoso	53.5 kW	67.4 kW
COP/EER	1.38	1.38
Vazão em massa	827 kg/h	1033 kg/h
Temp. gás de Descarga não resfriado	130.2 °C	130.9 °C
alta pressão opcional	99.4 bar(a)	100.5 bar(a)

Central de Refrigerados				
Potência dos Evaporadores (kW)	95.83	Nº compressores	Pot. Compressor mín. (kW)	Margem
Potência dos Expositores (kW)	25.43	4.00	31.83	16%
Potência Necessária (kW)	121.25			
2x 4FCT-20K-40P + 2x 4DTC-25K-40P (-10°C/40°C) R744				
	1	(1 + 1)	(2 + 1)	(2 + 2)
Potência Frigorífica (kW)	31.00	62.00	101.20	140.40
Potência Absorvida (Kw)	22.50	45.00	73.20	101.40
CTR (kW)	53.50	107.00	174.40	241.80

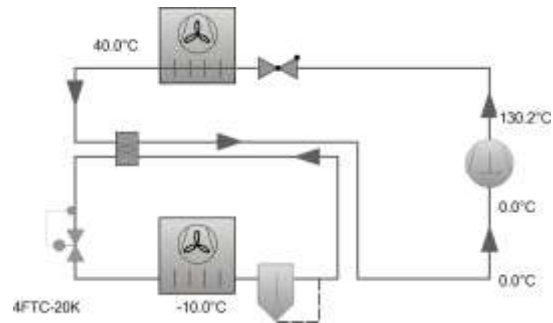
Características técnicas dos compressores MT selecionados



Seleção: Semi-Herméticos Pistões

Valores de entrada

Capac. Refrigerante	31.8 kW
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-10.00 °C
Alta pressão	Auto
Saída gás resfriado	40.0 °C
Superaquecimento do gás	10.00 K
Sucção	
Modo de operação	Transcítico
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%

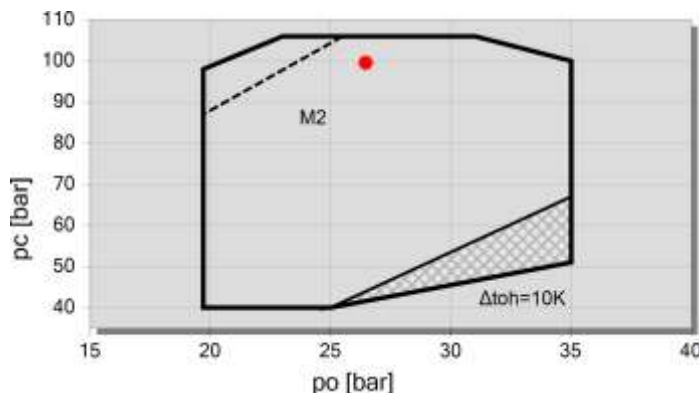


Resultado

Compressor	4FTC-20K-40P	4DTC-25K-40P
Etapas de capacidade	100%	100%
Capac. Refrigerante	31.0 kW	39.2 kW
Capacidade Evaporador	31.0 kW	39.2 kW
Potência absorvida	22.5 kW	28.2 kW
Corrente (400V)	37.4 A	48.1 A
Faixa de Tensão	380-420V	380-420V
capacidade do resfriador gasoso	53.5 kW	67.4 kW
COP/EER	1.38	1.39
Vazão em massa	827 kg/h	1033 kg/h
Temp. gás de Descarga não resfriado	130.2 °C	130.9 °C
alta pressão opcional	99.4 bar(a)	100.5 bar(a)

Dados Provisórios

Limites de aplicação



Legenda

- M2: motor 2
- Operação acima da linha designada não permitida para os seguintes compressores: (%%)
- ▨ depende dos parâmetros de operação
- A

Anexo I – Características gerais da central selecionada

Descrição da central

Os motores dos ventiladores de exaustão de ar deverão ser comandados por termostatos com duplos sensores - um dentro da casa das máquinas e outro no seu exterior - de modo a que estes permitam o arranque dos ventiladores quando a temperatura na casa das máquinas for maior que 35°C ou desde que a diferença de temperatura interior e exterior seja maior que 5°C, sendo que a temperatura interior tem de ser maior que a exterior para o seu funcionamento.

Junto dos condensadores a ar deverá ser instalada uma tomada de água para a sua lavagem periódica. Estes não deverão ser colocados ao nível do pavimento, de modo a não aspirarem impurezas que os iriam obstruir, diminuindo o seu rendimento. Os quadros elétricos deverão assentar sobre maciços de alvenaria.

A casa de máquinas deverá ter tomadas de água e esgotos para a sua limpeza, bem como tomadas elétricas. A sua luminosidade mínima deverá ser de 250 lux, devendo ser evitadas zonas sombreadas, dando-se especial atenção aos locais da aparelhagem de medida e dos visores de nível de gás refrigerante e de óleo dos compressores. Os grupos compressores frigoríficos não deverão assentar diretamente nos pavimentos, mas antes sobre maciços de alvenaria ou estruturas metálicas.

Características da central	
Marca dos compressores	Bitzer (semi-herméticos)
Modelo dos compressores LT	3 x 2FSL-4K-40S
Temperatura de evaporação LT	- 35 °C
Modelo dos compressores MT	2 x 4FCT-20K-40P + 2 x 4DTC-25K-40P
Temperatura de evaporação MT	- 10 °C
Temperatura de condensação	+ 40 °C
Potência da central frigorífica LT	36,42 kW
Potencia necessária para a loja LT	31,37 kW
Potência da central frigorífica MT	140,40 kW
Potencia necessária para a loja MT	121,25kW
Fluido refrigerante	R-744
N.º de unidades	1



(Foto meramente ilustrativa)

NOTA: Está considerado variador de velocidade em cada compressor de cada estágio.

Os acessórios a considerar na central, e que serão abordados em outros tópicos, são os seguintes:

- Válvula de Corte nas tubagens de aspiração e compressão.
- Válvulas de enchimento, de segurança e de descarga de óleo.
- Válvulas de retenção nas linhas de compressão dos compressores.
- Filtro mecânico na aspiração.
- Visor de nível de óleo.
- Pressostatos de segurança de óleo, de alta pressão e de baixa pressão.
- Controlo de temperatura do óleo.
- Manómetros de alta e baixa pressão.
- Termómetros nas tubagens de alta e baixa pressão.
- Filtro de óleo.
- Controlo de caudal de óleo.
- Arranque em vazio.
- Proteção interna de motor.

Anexo J – Catálogo e resumo das características do variador de velocidade

VLT® Refrigeration Drive technical data

Basic unit without extensions

Main supply (L1, L2, L3)	
Supply voltage	3 x 200-240 V AC1.1-45 kW 3 x 380-480 V AC1.1-450 kW 3 x 525-600 V AC1.1-90 kW 3 x 525-690 V AC75-630 kW
Supply frequency	50/60 Hz
Displacement power factor (cos φ) near unity	> 0.98
True power factor (λ)	≥ 0.9
Switching on input supply L1, L2, L3	1-2 times/min.
Harmonic disturbance	Meets EN 61000-3-12

Output data (U, V, W)	
Output voltage	0-100% of supply voltage
Output frequency (dependent on power size)	0-590 Hz
Switching on output	Unlimited
Ramp times	0.1-3600 sec.

Digital inputs	
Programmable digital inputs	6*
Changeable to digital output	2 (terminal 27, 29)
Logic	PNP or NPN
Voltage level	0-24 V DC
Maximum voltage on input	28 V DC
Input resistance, Ri	Approx. 4 kΩ
Scan interval	5 ms

* Two of the inputs can be used as digital outputs.

Analogue inputs	
Analogue inputs	2
Modes	Voltage or current
Voltage level	0 to +10 V (scaleable)
Current level	0/4 to 20 mA (scaleable)
Accuracy of analogue inputs	Max. error: 0.5% of full scale

Pulse inputs	
Programmable pulse inputs	2*
Voltage level	0-24 V DC (PNP positive logic)
Pulse input accuracy (0.1-1 kHz)	Max. error: 0.1% of full scale

* Two of the digital inputs can be used for pulse inputs.

Digital outputs	
Programmable digital/pulse outputs	2
Voltage level at digital/frequency output	0-24 V DC
Max. output current (sink or source)	40 mA
Maximum output frequency at frequency output	0-32 kHz
Accuracy on frequency output	Max. error: 0.1% of full scale

Analogue output	
Programmable analogue outputs	1
Current range at analogue output	0/4-20 mA
Max. load to common at analogue output (clamp 30)	500 Ω
Accuracy on analogue output	Max. error: 1% of full scale

Control card	
USB interface	1.1 (Full Speed)
USB plug	Type "B"
RS485 interface	Up to 115 kBaud
Max. load (10 V)	15 mA
Max. load (24 V)	200 mA

Relay output	
Programmable relay outputs	2
Max. terminal load (AC) on 1-3 (break), 1-2 (make), 4-6 (break) power card	240 V AC, 2 A
Max. terminal load (AC) on 4-5 (make) powercard	400 V AC, 2 A
Min. terminal load on 1-3 (break), 1-2 (make), 4-6 (break), 4-5 (make) power card	24 V DC 10 mA, 24 V AC 20 mA

Surroundings/external	
Enclosure	IP: 00/20/21/54/55/66 UL Type: Chassis/1/12/4x Outdoor
Vibration test	1.0 g (D, E & F-enclosures: 0.7 g)
Max. relative humidity	5-95% (IEC 721-3-3; Class 3K3 (non-condensing) during operation)
Ambient temperature	Up to 55 °C (50 °C without derating; D-enclosure 45 °C)
Galvanic isolation of all	I/O supplies according to PELV
Aggressive environment	Designed for coated/uncoated 3C3/3C2 (IEC 60721-3-3)

Fieldbus communication	
Standard built-in: FC Protocol Modbus RTU Metasys N2 FC MC	Optional: VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 VLT® PROFINET MCA 120 VLT® AK-LonWorks MCA 107

Ambient temperature	
– Electronic thermal motor protection against overload	
– Up to 55 °C (50 °C without derating; D-enclosure 45 °C)	
– Temperature monitoring of the heatsink ensures that the frequency converter trips in case of overtemperature	
– The frequency converter is protected against short-circuits on motor terminals U, V, W	
– The frequency converter is protected against earth faults on motor terminals U, V, W	
– Protection against mains phase loss	

Application options	
Extend the functionality of the drive with integrated options:	
• VLT® General Purpose I/O MCB 101	
• VLT® Extended Relay Card MCB 113	
• VLT® 24V External Supply MCB 107	

Relay and analogue I/O option	
• VLT® Relay Card MCB 105	
• VLT® Analogue I/O MCB 109	

Power options	
Choose from a wide range of external power options for use with our drive in critical networks or applications:	
• VLT® Advanced Active Filter	
• VLT® Advanced Harmonic Filter	
• VLT® dU/dt filter	
• VLT® Sine wave filter (LC filter)	

High power options	
See the VLT® High Power Drive Selection Guide for a complete list.	

PC software tools	
• VLT® Motion Control Tool MCT 10	
• VLT® Energy Box	
• VLT® Motion Control Tool MCT 31	



Electrical data

VLT® Refrigeration Drive 3 x 200-240 V AC

Enclosure	IP20/Chassis ^a , IP21/Type 1	A2			A3	
	IP55/Type 12, IP66/NEMA 4X	A4 + A5			A5	
		P1K1	P1K5	P2K2	P3K0	P3K7
Typical shaft output	[kW]	1.1	1.5	2.2	3.0	3.7
Typical shaft output 208 V	[HP]	1.5	2	3	4	5
Output current						
Continuous (3 x 200-240 V)	[A]	6.6	7.5	10.6	12.5	16.7
Intermittent (3 x 200-240 V)	[A]	7.3	8.3	11.7	13.8	18.4
Output power						
Continuous at 208 V AC	[kVA]	2.38	2.70	3.82	4.50	6.00
Maximum input current						
Continuous (3 x 200-240 V)	[A]	5.9	6.8	9.5	11.3	15.0
Intermittent (3 x 200-240 V)	[A]	6.5	7.5	10.5	12.4	16.5
Max. pre-fuses	[A]	10	15	20	25	32
Additional specifications						
Estimated power loss at rated max. load ^b	[W]	63	82	116	155	185
Efficiency ^c		0.96				
Max. cable cross-section Mains, motor, brake and load sharing ^d	[mm ²] ([AWG])	4, 4, 4 (12, 12, 12) (min. 0.2 (24))				
Max. cable cross-section Disconnect ^e	[mm ²] ([AWG])	6, 4, 4 (10, 12, 12)				
Weight						
IP20/Chassis	[kg]	4.9			6.6	
IP21/Type 1	[kg]	5.5			7.5	
IP55/Type 12, IP66/NEMA 4X	[kg]	9.7			13.5	

- ^b The 3 values for the max. cable cross-section indicate single core, flexible wire, and flexible wire with sleeve, respectively.
- ^c The typical power loss is at normal load conditions and expected to be within ± 15% (tolerance relates to variations in voltage at rations).
Values are based on a typical mc. Lower efficiency motors will also power loss in the frequency conversion.
- If the switching frequency is raised from nominal, the power losses may rise significantly. LCP and typical control card power consumptions are included. Further options and customer load may add up to 30 W to the losses. (Though typically only 4 W extra for a fully loaded control card or options for slot A or slot B, each).
Although measurements are made with state of the art equipment, some measurement inaccuracy must be allowed for (± 5%).
- ^d Measured using 5 m screened motor cables at rated load and rated frequency.
- ^e Enclosure types A2 + A3 can be converted to IP21 using a conversion kit. See also Mechanical mounting and IP21/Type 1 enclosure kit in the Design Guide.
- ^f Enclosure types B3 + B4 and C3 + C4 can be converted to IP21 using a conversion kit. See also Mechanical mounting and IP21/Type 1 enclosure kit in the Design Guide.

VLT® Refrigeration Drive 3 x 200-240 V AC

Enclosure	IP20/Chassis ^a	B3			B4	C3		C4			
	IP21/Type 1 IP55/Type 12 IP66/NEMA 4X	B1			B2	C1		C2			
		P5K5	P7K5	P11K	P15K	P18K	P22K	P30K	P37K	P45K	
Typical shaft output	[kW]	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	
Typical shaft output 208 V	[HP]	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	
Output current											
Continuous (3 x 200-240 V)	[A]	24.2	30.8	46.2	59.4	74.8	88.0	115	143	170	
Intermittent (3 x 200-240 V)	[A]	26.6	33.9	50.8	65.3	82.3	96.8	127	157	187	
Output power											
Continuous at 208 V AC	[kVA]	8.7	11.3	16.6	21.4	26.9	31.7	41.4	51.5	61.2	
Maximum input current											
Continuous (3 x 200-240 V)	[A]	22.0	28.0	42.0	54.0	68.0	80.0	104	130	154	
Intermittent (3 x 200-240 V)	[A]	24.2	30.8	46.2	59.4	74.8	88.0	114	143	169	
Max. pre-fuses	[A]	50		63	80	125		150	200	250	
Additional specifications											
Estimated power loss at rated max. load ^b	[W]	310		514	602	737	845	1140	1353	1636	
Efficiency ^c		0.96					0.97				
IP20 max. cable cross-section Mains, motor, brake ^d	[mm ²] ([AWG])	10, 10, - (8, 8, -)			35, 25, 25 (2, 4, 4)	35 (2)	50 (1)		150 (300 micr)		
IP21 max. cable cross-section Mains, brake ^e	[mm ²] ([AWG])	16, 10, 16 (6, 8, 6)			35, 25, 25 (2, 4, 4)	18, 22, 30 kW = 50(1) 37, 45 kW = 150 (MCM300)					
IP21 max. cable cross-section Motor ^f	[mm ²] ([AWG])	10, 10, - (8, 8, -)			35, 25, 25 (2, 4, 4)	18, 22, 30 kW = 50(1) 37, 45 kW = 150 (MCM300)			18, 22, 30 kW = 50(1) 37, 45 kW = 150 (MCM300)		
IP21, IP55, IP66 max. cable cross-section Mains and motor	[mm ²] ([AWG])	16, 10, 10 (6, 8, 8)			16, 10, 10 (6, 8, 8)	50 (1)					
IP21, IP55, IP66 max. cable cross-section Brake	[mm ²] ([AWG])	16, 10, 10 (6, 8, 8)			16, 10, 10 (6, 8, 8)	50 (1)					
Max. cable cross-section Disconnect ^g	[mm ²] ([AWG])	16, 10, 10 (6, 8, 8)			16, 10, 10 (6, 8, 8)	50, 35, 35 (1, 2, 2)			95, 70, 70 (3/1, 2/1, 2/1)	185, 150, 120 (350 micr, 300 micr, 4/0)	
Weight											
IP20/Chassis	[kg]	12			23.5		35		50		
IP21/Type 1, IP55/Type 12, IP66/NEMA 4X	[kg]	23			27		45		65		

Características dos variadores de velocidade selecionados		
Modelo	Danfoss VLT Refrigeration Drive FC 103 - P30K - T4 - E20	Danfoss VLT Refrigeration Drive FC 103 – P3K0 - T4 - E20
Potência elétrica a absorver (kW)	30,00	3,00
Refrigerante	R-744	
Tensão de alimentação (V)	380/420 AC	
Frequência fornecida (Hz)	50/60	
Unidades a fornecer	1 unidade cada	
		

Anexo K – Resumo das características do condensador

Dimensionamento do condensador

Modelo	EVOD/M 691/548T EC
Capacidade a rejeitar	548,26 kW
Refrigerante	R-744
Temp. Condensação	+ 40 °C
Rotação	840 r.p.m.
Ventiladores Condensador	6 x 910 mm
Unidades a fornecer	1 unidades



Anexo L – Características do permutador de calor AQS selecionado

Características do permutador de calor de AQS selecionado – Alfa Laval

Model : AXP52-100M-F
 ItemName : Heat recovery
 Units : 1
 Date : 21-09-2016

65% massflow.

		Hot Side Primary side(S4)	Cold side Secondary side
Fluid		Carbon dioxide	Water
Mass flow rate	kg/s	0.6530	3.268
Fluid Condensed/Vapourized	kg/s	0.000	0.000
Inlet temperature	°C	94.2	15.0
Dew point	°C		
Outlet temperature(vapor/liquid)	°C	41.0	45.0
Operating pressure(in/out)	bara	80.0/79.9	
Pressure drop	kPa	6.36	37.3
Velocity connection(in/out)	m/s	7.98/4.35	4.67/4.68
Heat exchanged	kW	88.23	
Heat transfer area	m ²	5.00	
OHTC clean conditions	W/(m ² *K)	1431	
OHTC service	W/(m ² *K)	1373	
Fouling resistance*10000	m ² *K/W	0.0	
Margin	%	4.26	
Mean Temperature Difference	K	9.9	
Relative directions of fluids		Countercurrent	
Number of passes		1	1
Materialplate/ brazing		Alloy 316 / Cu	
ConnectionS1 (Cold-out)		Threaded (External)/ 1 1/4" ISO 228/1-G (V24)	
Alloy 304			
ConnectionS2 (Cold-in)		Threaded (External)/ 1 1/4" ISO 228/1-G (V24)	
Alloy 304			
ConnectionS3 (Hot-out)		Soldering/ 1 1/8" (H21XP) Alloy 304	
ConnectionS4 (Hot-in)		Soldering/ 1 1/8" (H21XP) Alloy 304	
Pressure vessel code		PED	
Design pressure at -10.00 Celsius	Bar	130.0	130.0
Design pressure at 150.00 Celsius	Bar	130.0	130.0
Design temperature	°C	-10.0/150.0	
Overall length x width x height	mm	296 x 160 x 582	
Net weight, empty / operating	kg	61.2 / 70.6	
Package length x width x height	mm	x x	
Package weight	kg		

Performance is conditioned on the accuracy of customers data and customers ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Anexo M - Características do separador de óleo selecionado

Características do separador de óleo

Temprite® Coalescent Oil Separators

130 Series for CO₂

Maximum Working Pressure: 130 bar (1885 PSI)

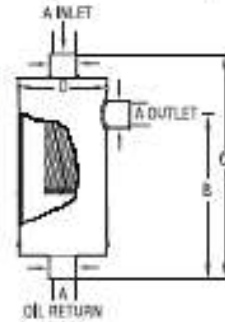
Model 131: Hermetic

Part #	Model #	A Dim.	B Dim.	C Dim.	D Dim.
		Inlet/Outlet/ Oil Connector	Outlet Location	Height	Diameter
013101310	131	1/4" FPT*	115 mm 4.5"	165 mm 6.5"	73 mm 2.9"

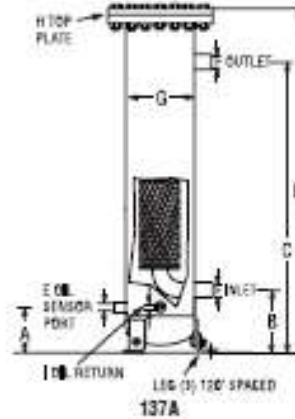
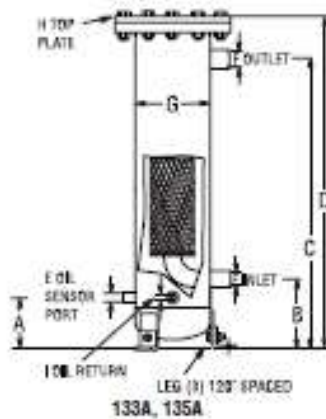
*FPT-Female Pipe Thread, MPT-Male Pipe Thread, BW-Butt Weld

SELECT OIL SEPARATOR WITH CONNECTION SIZE NOT LESS THAN DISCHARGE LINE SIZE.

NOTE: See page 10 for the 920 & 920R Series of products, suitable for subcritical applications up to 44.8 bar (650 PSI). The 920 & 920R Series are also ammonia compatible.



Models 133A, 135A, 137A: Accessible



Part #	Model # Inlet/ Outlet	A Dim.	B Dim.	C Dim.	D Dim.	E Dim.	F Dim.	G Dim.	H Dim.	I Dim.
		Sensor/ Oil Loc.	Inlet Loc.	Outlet Loc.	Height	Sensor	Inlet/ Outlet	Dia.	Dia.	Oil Return
013301330	133A 1/2" MPT*	118 mm 4.6"	152 mm 6"	325 mm 12.8"	435 mm 17"	3/4" FPT*	1/2" MPT*	102 mm 4.0"	176 mm 6.9"	1/4" FPT*
013301331	133A 1/2" BW*	118 mm 4.6"	152 mm 6"	325 mm 12.8"	435 mm 17"	3/4" FPT*	1/2" BW*	102 mm 4.0"	176 mm 6.9"	1/4" FPT*
013501350	135A 3/4" MPT*	118 mm 4.6"	152 mm 6"	433 mm 17.1"	545 mm 21.4"	3/4" FPT*	3/4" MPT*	102 mm 4.0"	176 mm 6.9"	1/4" FPT*
013501351	135A 3/4" BW*	118 mm 4.6"	152 mm 6"	433 mm 17.1"	545 mm 21.4"	3/4" FPT*	3/4" BW*	102 mm 4.0"	176 mm 6.9"	1/4" FPT*
013710142	137A 1" MPT*	131 mm 5.1"	171 mm 6.7"	584 mm 23"	702 mm 27.6"	3/4" FPT*	1" MPT*	141 mm 5.56"	216 mm 8.5"	1/4" FPT*
013701375	137A 1" BW*	131 mm 5.1"	171 mm 6.7"	584 mm 23"	702 mm 27.6"	3/4" FPT*	1" BW*	141 mm 5.56"	216 mm 8.5"	1/4" FPT*
013701370	137A 1-1/4" MPT*	131 mm 5.1"	171 mm 6.7"	584 mm 23"	702 mm 27.6"	3/4" FPT*	1-1/4" MPT*	141 mm 5.56"	216 mm 8.5"	1/4" FPT*
013701371	137A 1-1/4" BW*	131 mm 5.1"	171 mm 6.7"	584 mm 23"	702 mm 27.6"	3/4" FPT*	1-1/4" BW*	141 mm 5.56"	216 mm 8.5"	1/4" FPT*

* FPT-Female Pipe Thread, MPT-Male Pipe Thread, BW-Butt Weld

SELECT OIL SEPARATOR WITH CONNECTION SIZE NOT LESS THAN DISCHARGE LINE SIZE.

NOTE: See page 10 for the 920 & 920R Series of products, suitable for subcritical applications up to 44.8 bar (650 PSI). The 920 & 920R Series are also ammonia compatible.

Características do separador de óleo selecionado	
Modelo	Temprite 137A CO ₂
Tipo de ligação	Roscada macho
Refrigerante	R-744
Pressão de serviço (máxima)	130 bar
Ligação Entrada/Saída (Ø)	1" ¼"
Ligação retorno (óleo)	¼"
Unidades a fornecer	1 unidade

Anexo N - Características do depósito de óleo selecionado

TRANSCRITICAL CO₂ OIL MANAGEMENT CONTROLS

The function of a helical oil separator is to efficiently remove oil from the discharge gas and return it to the compressor, either directly or indirectly. This helps maintain the compressor crankcase oil level and raises the efficiency of the system by preventing excessive oil circulation.

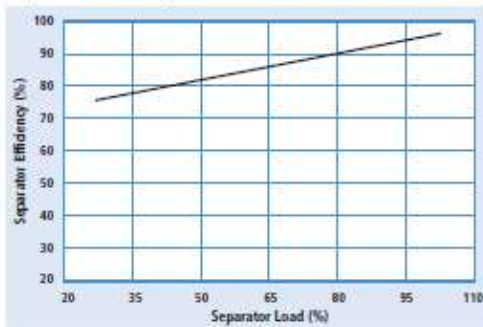
The function of an Oil Reservoir is to provide a holding charge of oil. The amount of oil circulating in a system varies depending on the operating conditions and the oil reservoir caters for these fluctuations by providing additional storage capacity.

Efficiency

To establish the oil separator efficiency when used on transcritical CO₂ applications Henry Technologies commissioned independent testing. The chart shows the resultant oil separator efficiency at capacities of 25% to 103%. Efficiency levels of up to 97% were recorded. The tests utilised a semi-hermetic compressor with a variable speed drive motor to enable the capacity to be adjusted.

There are many factors that affect oil separator efficiency such as; discharge gas temperature and pressure, compressor oil carry-over and the density of the discharge gas and oil. Consequently oil separator efficiency varies on each system.

Separation Efficiency



Main Features

Separator/Separator-Reservoir

- High oil separation efficiency - up to 97%
- Consistent low pressure drop
- No clogging elements because of too much oil in the system
- No oil blow-out at start up from oil left in a coalescing element
- Maintenance-free
- Oil level sensor port

Oil Reservoir

- Two sizes available, 6.0 litres and 11.0 litres
- Clear sight glasses
- Oil level sensor port

Materials of Construction

The main components; shell, end caps and connections are made from carbon steel.

Technical Specification

Allowable operating temperature – 0°C to +140°C

Allowable operating pressure – 0 to 130 barg

Oil Separator

Part No	Conn Size (Inch)	Dimensions (mm)								Mounting details	Drawing reference	Pre-charge qty (l)	Weight (kg)	CE Cat
		DA	B	C	D	DE	F	G	H					
STH-5193	1/2 NPT	168.3	638	191	202	231	202	N/A	45	3 x 14mm slots	fig.1	0.6	31.0	Cat III
STH-5196	3/4 NPT	168.3	697	191	261	231	261	N/A	45	3 x 14mm slots	fig.1	0.6	31.0	Cat III
STH-5198	1 NPT	168.3	747	191	261	231	261	N/A	45	3 x 14mm slots	fig.1	0.6	34.0	Cat III

Oil Separator-Reservoir

Part No	Conn Size (Inch)	Dimensions (mm)								Mounting details	Drawing reference	Capacity (l)	Weight (kg)	CE Cat
		DA	B	C	D	DE	F	G	H					
STH-5398	1 NPT	168.3	992	191	261	231	271	265	45	3 x 14mm slots	fig.2	6.7*	45.2	Cat III

*Indicates reservoir capacity

Oil Reservoir

Part No	Conn Size (Inch)	Dimensions (mm)								Mounting details	Drawing reference	Capacity (l)	Weight (kg)	CE Cat
		DA	B	C	D	DE	F	G	H					
STH-9109	3/8 NPT	168.3	623	199	240	231	209	120	120	3 x 14mm slots	fig.3	6.0*	28.0	Cat III
STH-9108	3/8 NPT	168.3	930	199	547	231	209	269	278	3 x 14mm slots	fig.3	11.0*	41.5	Cat III

*Indicates reservoir capacity

Separator performance data

Part No	Capacity in kW of refrigeration at nominal evaporator temperature (°C)						Vol discharge (m ³ /h)
	-30	-20	-10	0	10	15	
STH-5193	14	15.3	16.6	17.9	19.1	19.7	2.6
STH-5196	36.6	39.9	43.4	46.7	49.9	51.4	6.8
STH-5198	54.9	59.9	65.1	70.1	74.9	77.1	10.2

All data is based on 90 bar high pressure, 35°C gas cooler, 8K suction gas superheat and 5K useful superheat

Separator-Reservoir performance data

Part No	Capacity in kW of refrigeration at nominal evaporator temperature (°C)						Vol discharge (m ³ /h)
	-30	-20	-10	0	10	15	
STH-5398	54.9	59.9	65.1	70.1	74.9	77.1	10.2

All data is based on 90 bar high pressure, 35°C gas cooler, 8K suction gas superheat and 5K useful superheat

Características do depósito de óleo selecionado	
Modelo	Henry STH – 9108 CO ₂
Tipo de ligação	Roscada macho
Pressão de serviço (máxima)	130 bar
Volume do depósito (m ³)	13 m ³
Ligação Entrada/Saída (Ø)	¼" / 3/8"
Unidades a fornecer	1 unidade

Anexo O – Características do filtro secador de óleo selecionado

Catálogo técnico do filtro secador de óleo selecionado

Drying and liquid capacity

Type	Drying capacity ¹⁾						Liquid capacity ²⁾		Max. Working Pressure PS/MWP [bar]/ [psig]	Additional Data		
	R 744 - CO ₂ -6.6 °C			R 744 - CO ₂ 24 °C			R 744 - CO ₂ Flare / Cu-plated			Volume [lt]		
	[g] H ₂ O	[Kg] Ref	Drop Water	[g] H ₂ O	[Kg] Ref	Drop Water	[kW]	[TR]	Shell	Core	Net	
DMT 082 / DMT 082s	72	72	143	57	5.8	114	3.56	1.0	140/2030	0.22	0.058	0.162
DMT 083 / DMT 083s	72	72	143	57	5.8	114	10.61	3.0	140/2030	0.22	0.058	0.162
DMT 084s	72	72	143	57	9.3	114	13.49	3.8	140/2030	0.22	0.058	0.162
DMT 132 NPT	11.6	11.7	232	9.2	9.3	184	10.99	3.1	140/2030	0.32	0.095	0.225
DMT 133 / DMT 133s	11.6	11.7	232	9.2	9.3	184	10.99	3.1	140/2030	0.32	0.095	0.225
DMT 134s	11.6	11.7	232	9.2	9.3	184	13.49	3.8	140/2030	0.32	0.095	0.225

Type DMT, Bare

Type	Connection	Industrial pack	
	[in]	Qty.	Code no.
DMT 082	3/8"	12	023Z8407
DMT 083	3/8"	12	023Z8406
DMT 132 NPT	3/8"	8	023Z8410
DMT 133	3/8"	8	023Z8405

Características do filtro secador de óleo selecionado

Modelo	Danfoss DMT 133 CO2
Tipo de ligação	Roscada macho
Pressão de serviço (máxima)	140 bar
Temperaturas de serviço	-40 a 100 °C
Ligação Entrada/Saída (Ø)	3/8"
Unidades a fornecer	1 unidade
	

Anexo P - Características dos equipamentos para *sub cooler* selecionados

Método de seleção do permutador de placas para o *sub cooler* - SWEP

The screenshot shows the SWEP software interface with the following parameters:

- Fluid Side 1: R744 Carbon Dio 120 bar
- Fluid Side 2: R404A Liquid
- CoCurrent:
- Exchangers: B Types
- Heat load: 30.00 kW
- Inlet temperature: 40.00 °C
- Outlet temperature: 20.00 °C
- Flow: 0.5335 kg/s
- Max pressure drop: 50.0 kPa
- Number of passes: 14
- Number of plates: 30
- Overlapping: 0%
- Fouling factor: 0.000 m²·°C/kW
- Allow port switch:
- Auto Performance:

The table of heat exchanger options is as follows:

BPHE	A (m²)	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	DS (%)	Weight (kg)	FF Rating
B10Tx30	0.644	20.4	52	0	2.63	Green
B12x18	0.466	17	51.9	0	2.70-3.83	Green
B12x20	0.504	18.1	52.1	0	3.52-5.34	Green
B15Tx30	1.09	27.3	52.2	0	4.16-4.79	Green
B20x18	0.96	25.5	52.4	0	5.04-29.9	Green
B25Tx22	1.25	29.2	52.4	0	4.95-7.81	Green
B12x17/2P	0.90	3.56	51.3	0	5.56	Green

Heat Exchanger: BX8Tx30

Side 1: Inner circuit
Side 2: Outer circuit

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW		30.64
Inlet temperature	°C	40.00	-5.00
Outlet temperature	°C	19.51	15.79
Flow rate	kg/s	0.5335	1.043
Max. pressure drop	kPa	50.0	50.0
Thermal length		1.239	1.257

Características do permutador de calor para o *sub cooler* selecionado

Fase Simples - Design Trocador de Calor : BX8THx30/1P

Fluido Lado 1 : R744 (Carbon Dioxide) (120.0 bar)
Fluido Lado 2 : R404A (Liquid)

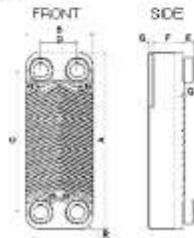
Lado 1 : Circuito interno
Lado 2 : Circuito externo

Tipo de Fluxo : Co-Corrente
SSP Alias : BX8T

Requisitos de Operação		Lado 1	Geral	Lado 2
Carga Térmica	kW		30.64	
Temperatura de entrada	°C	40.00		-5.00
Temperatura de saída	°C	19.51		15.79
Vazão	kg/s	0.5335		1.043
Perda de Carga Máx.	kPa	50.0		50.0
Comprimento Térmico		1.239		1.257
Trocador de Calor a Placas				
Área de Transferência Térmica	m²		0.644	
Fluxo de Calor	kW/m²		47.8	
Média Logarítmica das Diferenças de Temperaturas	K		16.54	
C.T.C. (disponível/requerido)	W/m²·°C		2890	
Perda de carga Total*	kPa	20.4		52.0
Perda de Carga do Bocal	kPa	4.24		11.5
Diâmetro do Bocal	mm	16.0		16.0
Número de canais por passagem		14		15
Número de Placas			30	
Excesso de Área	%		0	
Fator de Incrustação	m²·°C/kW		0.000	
Número de Reynolds		14480		11490
Veloc. bocal	m/s	3.32		4.60
Propriedades Físicas				
Temperatura de Referência	°C	30.12		6.09
Viscosidade Dinâmica	cP	0.0727		0.167
Viscosidade Dinâmica - Parede	cP	0.0875		0.141
Densidade	kg/m³	810.8		1129
Capacidade Térmica	kJ/kg·°C	2.748		1.414
Condutividade Térmica	W/m·°C	0.09036		0.07102
Maior diferença de temperatura na parede	K		2.00	
Temperatura mín. na parede	°C	18.00		17.79
Temperatura máx. na parede	°C	21.18		19.18
Coefficiente de Filme	W/m²·°C	6720		5510
Temperatura média na parede	°C	19.12		18.35
Velocidade no Canal	m/s	0.322		0.422
Tensão de Cisalhamento	Pa	51.4		129

Totais

Peso Total Vazio	kg	2.63
Peso Total Cheio	kg	3.73
Volume de Retenção Circuito Interno	dm ³	0.548
Volume de Retenção Circuito Externo	dm ³	0.585
Tamanho da Porta F1/P1	mm	16.0
Tamanho da Porta F2/P2	mm	16.0
Tamanho da Porta F3/P3	mm	16.0
Tamanho da Porta F4/P4	mm	16.0
NND F1/P1	mm	0.000 and/or 16.0
NND F2/P2	mm	16.0 and/or 0.000
NND F3/P3	mm	16.0 and/or 0.000
NND F4/P4	mm	16.0 and/or 0.000
Pegada de Carbono	kg	18.5

Dimensões


This is a schematic sketch. For correct drawings, please use the order drawing functions or contact your SWEF representative.

A	mm	315 +/-2
B	mm	73 +/-1
C	mm	278 +/-1
D	mm	40 +/-1
E	mm	20 (opt. 48) +/-1
F	mm	64.70 +5%/-4.5%
G	mm	7 +/-1
Q	mm	2
R	mm	16

Dimensionamento da unidade de condensação, válvula de expansão termostática e válvula solenoide – *Sub-Cooler*

Modelo (unidade de condensação, válvula expansão termostática e válvula solenoide)	Danfoss OPTYMA OP-HGZ160D	Danfoss ETS 12.5	Danfoss EVR 20
Tipo de ligação	Solda	Solda	Solda
Pressão de serviço (máxima)	N/D	45,5 bar	45,2 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-30 a 10 °C	-40 a 65 °C	-50 a 105 °C
Ponto de derivação	<i>Sub-Cooler</i>		
Potência calorífica transportada (kW)	32,20 kW		
Caudal Mássico (kg/s)	0,2904 kg/s		
Perda de carga total (unidade de condensação, válvula expansão termostática e válvula solenoide)	N/D	1110000Pa	5000 Pa
Unidades a fornecer	1 unidade cada		



OPTYMA



ETS



EVR

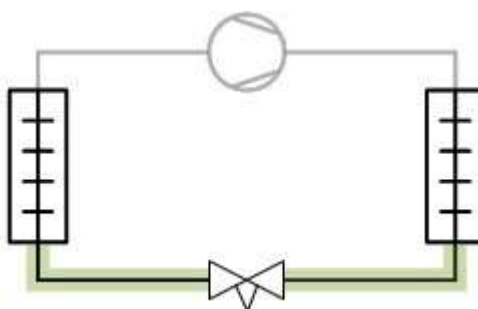
Válvula solenoide: Válvula solenoide EVR 20

Condições de operação

Refrigerante:	R404A	Carga térmica:	32220 W
Fluxo de massa na linha:	0.2904 kg/s	Capacidade de aquecimento:	41350 W
Evaporating dew point temperature: (ponto	-5.0 ° C	Temperatura de condensação	35.0 ° C
Pressão de evaporação:	514000 Pa	Pressão de condensação:	1624000 Pa
Evaporating mean temperature:	-5.2 ° C	Sub-resfriamento:	0 ° C
Superaquecimento útil:	0 ° C	Sub-resfriamento adicional:	0 ° C
Superaquecimento adicional:	0 ° C		
Temperatura de descarga:	46.9 ° C		

Sistema e linha: *Sistema de expansão seco. Linha de líquido*

Critérios de seleção: *Velocidade: 1.00 m/s*



Seleção: EVR 20

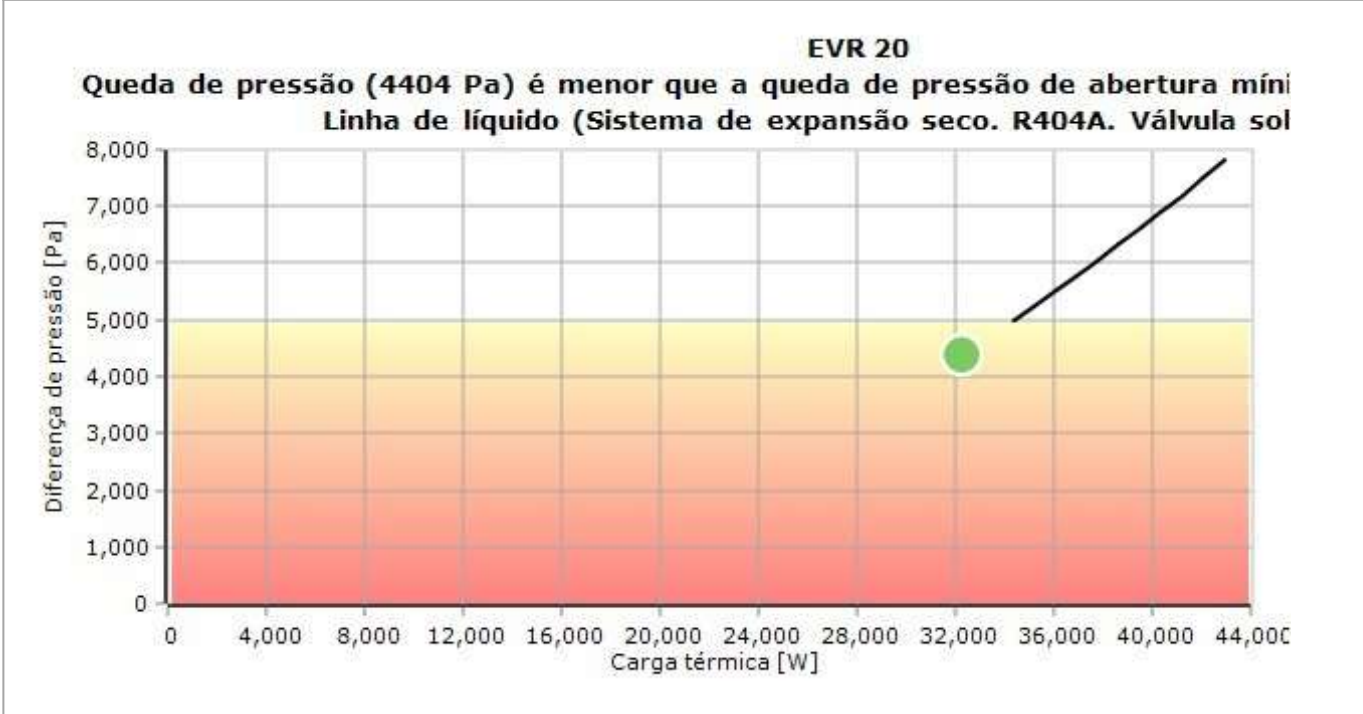


Tipo	EVR 10	EVR 15	EVR 20	EVR 22	EVR 25
NS	12	16	22	28	28
Av [m ³ /s]	5.282E-05	7.228E-05	0.000139	0.0001668	0.000278

DP_100 [Pa]	5000	5000	5000	5000	20000
DP_min [Pa]	5000	5000	5000	5000	8766
Av_calc [m ³ /s]	5.282E-05	7.228E-05	0.000139	0.0001668	9.184E-05
DP [Pa]	30500	16290	4404	3058	10090
DT_sat [°C]	0.8	0.4	0.1	0.1	0.3
Grau de abertura [%]	-	-	-	-	23
Carga [%]	-	-	-	-	23
Carga parcial possível [%]	-	-	-	-	56
Velocidade, entrada [m/s]	4.59	2.20	1.03	0.59	0.59

Estado da válvula	Aberta	Aberta	Fechada	Fechada	Parcialmente aberta
-------------------	--------	--------	---------	---------	---------------------

Curva de desempenho



Válvula de expansão eletrônica ETS 12.5



Data sheet

Electric expansion valve, type ETS 12.5 – ETS 400

Technical data

Compatible refrigerants	Wide range for all common refrigerants R22, R134a, R404A, R407A, R407C, R407F, R422B, R422D, R438A, R448A, R449A, R450A, R452A, R507, R513A, R410A, R1234ze and other refrigerants. Special valves for R744 (CO ₂) are available. For other refrigerants, please contact your local Danfoss representative.
Refrigerant oil	All mineral oils and ester oils
Comply with P.E.D.	Yes
Max. opening pressure differential (MOPD) normal flow	33 bar (478.6 psi)
Max. opening pressure differential (MOPD) reverse flow	ETS 12.5, ETS 25, ETS 50, ETS 100: 33 bar (478.6 psi) ETS 250, ETS 400: 10 bar (145 psi)
Max. working pressure (PS/MWP)	ETS 12.5, ETS 25, ETS 50, ETS 100: 45.5 bar (660 psig) ETS 250, ETS 400: 34 bar (493 psig)
Inlet fluid temperature	-40 °C – 65 °C (-40 °F – 149 °F). For higher temperature valve, please contact Danfoss.
Ambient temperature	-40 °C – 60 °C (-40 °F – 140 °F)
Material of Construction	ETS 50, ETS 100: Body and AST enclosure in brass, connections in bi-metal (stainless steel/copper). ETS 12.5, ETS 25, ETS 250, ETS 400: Body and AST enclosure in brass, connections in copper.

Electrical data

Motor enclosure	IP67
Stepper motor type	Bi-polar - permanent magnet
Step mode	2 phase full step
Phase resistance	52 Ω ± 10%
Phase inductance	85 mH
Step angle	7.5° (motor), 0.9° (lead screw), Gearing ratio 8.5:1. (38/13):1
Nominal voltage	Constant voltage drive: 12 V dc -4% – 15%, 150 steps/sec.
Phase current	Using chopper drive: 100 mA RMS -4% – 15%
Holding current	Constant voltage drive: Depends on application. Chopper drive: full current allowed (100% duty cycle)
Max. total power	Voltage / current drive: 5.5 / 1.3 W (UL: NEC class 2)
Step rate	Constant voltage drive: 150 steps/sec. Chopper current drive: 0 – 300 steps/sec. 300 recommended
Total steps	ETS 12.5, ETS 25, ETS 50: 2625 (160 / -0) steps ETS 100: 3530 (160 / -0) steps ETS 250, ETS 400: 3810 (160 / -0) steps
Full travel time	ETS 12.5, ETS 25, ETS 50: 17 / 8.5 sec. (voltage / current) ETS 100: 23 / 11.5 sec. (voltage / current) ETS 250, ETS 400: 25.4 / 12.7 sec. (voltage / current)
Lifting height	ETS 12.5, ETS 25, ETS 50: 13 mm (0.5 in.) ETS 100: 16 mm (0.6 in.) ETS 250, ETS 400: 17.2 mm (0.7 in.)
Reference position	Overdriving against the full close position
Electrical connection	M12 connector

Compatible Danfoss controllers	EKC 312, EKC 316A, EKD 316, EKD 316C, EXD 316, EKE 1A, EKE 1B and EKE 1C
--------------------------------	--

Type	Rated capacity ¹⁾										Connection		
	R410A		R407C		R22		R134a		R404A		ODF × ODF (A × B)		Code no.
	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[in.]	[mm]	Angle way Single Pack
ETS 12.5	70	20	63	18	57	16	45	13	43	12	1/2 × 1/2	–	034G4213
											–	12 × 12	034G4212
											1/2 × 1/8	16 × 16	034G4214
											1/2 × 1/4	22 × 22	034G4215
											1/2 × 1/2	–	034G4205
ETS 25	144	41	129	37	117	34	93	27	88	25	–	12 × 12	034G4204
											1/4 × 1/4	16 × 16	034G4206
											1/4 × 1/8	22 × 22	034G4207
											1/2 × 1/2	–	–
											–	–	–

ETS 12.5 and ETS 25 do not feature sight glass

Anexo Q – Características do depósito de líquido e seus equipamentos auxiliares selecionados

<h1>LIQUID RECEIVERS</h1> <h2>FLÜSSIGKEITSSAMMLER</h2> <h2>RÉSERVOIRS DE LIQUIDE</h2>		
DP-321-2		
<p>K SERIES</p> <p>FOR SUBCRITICAL CO₂ APPLICATIONS // R410A FÜR SUBKRITISCHE CO₂-ANWENDUNGEN // R410A POUR APPLICATIONS CO₂ SOUS-CRITIQUES // R410A</p>		
<p>Diese Baureihe erfüllt die anspruchsvollen Forderungen der CO₂-Anlagentechnologie. Darüber hinaus sind diese Sammler für den Betrieb mit R410A optimiert. Die Baureihe zeichnet sich durch folgende technische Merkmale aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maximal zulässiger Druck: - 45 bar (-10°C / 120°C) - 33 bar (-20°C < -10°C) • Zulässige max. Temperatur: 120°C Zulässige min. Temperatur: -20°C • Befestigungswinkel unten • Kältemittel-Eintritt 2 Anschlüsse mit Verschlussmutter und Rohrverschraubung mit Löt- muffe (zweite Rohrverschraubung mit Löt- muffe optional) • Kältemittel-Austritt Rotalockventil mit Lötanschluss und Manometer-Anschluss <p>Besondere Hinweise</p> <p>Bei Einsatz der Behälter als Flüssigkeits-sammler für CO₂ sind auf Grund der niedrigen Betriebstemperaturen spezielle Maßnahmen zum Korrosionsschutz und eine zusätzliche Isolierung erforderlich. Diese Sammler dürfen nur in Verbindung mit einem Druckentlastungs-Ventil (max. 45 bar) betrieben werden. Diese Ventile müssen entsprechend den Vorgaben des Herstellers ausgelegt und angeordnet werden.</p>	<p>This series meets the demanding requirements of the CO₂ plant technology. Moreover these receivers are optimised for the application with R410A. This series is characterised by the following technical features:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. allowable pressure: - 45 bar (-10°C / 120°C) - 33 bar (-20°C < -10°C) • Max. allowable temperature: 120°C Min. allowable temperature: -20°C • Lower angle brackets • Refrigerant inlet 2 connections with sealing nut and pipe screwed joint with brazing coupling (second pipe screwed joint with brazing coupling, option) • Refrigerant outlet Rotalock valve with brazing connection and gauge connection <p>Special Notes</p> <p>For the application of the vessels as liquid receivers for CO₂ special corrosion protection measures and additional insulation is necessary due to low operating temperatures. These receivers shall only be operated with a pressure relief valve (max. 45 bar). Select and arrange relief valves according to manufacturers' instructions.</p>	<p>Cette série satisfait aux demandes ambivalentes de la technologie d'installations avec CO₂. D'autrepart ces réservoirs sont optimisés pour l'application avec R410A. Cette série se caractérise par les critères techniques suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pression maximale admissible - 45 bar (-10°C / 120°C) - 33 bar (-20°C < -10°C) • Température max. admissible: 120°C Température min. admissible: -20°C • Cornières de fixation en dessous • Entrée de fluide frigorigène 2 Raccords avec écrou de fermeture et raccord à visser avec manchon à braser (second raccord à visser avec manchon à braser en option) • Sortie de fluide frigorigène Vanne Rotalock avec raccord à braser et raccord du manomètre <p>Recommandations particulières</p> <p>Pour l'usage de ces réservoirs comme réservoir de liquide pour CO₂, prendre des mesures particulières pour la protection anticorrosion et prévoir une isolation supplémentaire, ceci en raison des basses températures de fonctionnement. Ces réservoirs ne peuvent être utilisés que s'ils sont équipés d'une soupape de décharge (max. 45 bar). Sélectionner et installer ces soupapes en respectant les instructions du fabricant.</p>

Legende Flüssigkeitssammler			Horizontal liquid receivers				Réservoirs de liquide horizontaux				
Technische Daten / Anschlüsse			Technical data / Connections				Caractéristiques techniques / Raccords				
Typ	Behälter-Inhalt	Maximale Füllung ^①	Gewicht	Anschlüsse				Anschlussgewinde			Schaugläser
Type	Receiver volume	Maximum charge ^①		Eintritt Ø		Austritt Ø ^②		Eintritt	Austritt	Manometer	
Type	Contenance du réservoir	Charge max. ^①	Poids	Entrée Ø		Sortie Ø ^②		Entrée	Sortie	Manomètre	Voyants
	dm ³ (l)	CO ₂ R410A kg kg	kg	Zoll mm	inch	Zoll mm	inch	UNC	UNC	UNC	
F302K	30	23,6 29,3	27,5	2 x 22	2 x 7/8"	22	7/8"	2 x 1 1/4"-12 UNF	1 1/4"-12 UNF		2
F562K	56	44,1 54,7	48	2 x 22	2 x 7/8"	22	7/8"	2 x 1 1/4"-12 UNF	1 1/4"-12 UNF	7/16"-20	2
F1052K	105	82,7 102,5	97	2 x 22	2 x 7/8"	22	7/8"	2 x 1 1/4"-12 UNF	1 1/4"-12 UNF	UNC	2
F1602K	160	126,0 156,2	127	2 x 28	2 x 2 1/8"	28	2 1/8"	2 x 1 3/4"-12 UNF	1 3/4"-12 UNF		2

<p>① bei 90% Behälter-Inhalt und CO₂: 45 bar, +10,9°C Flüssigkeitstemperatur R410A: 20°C Flüssigkeitstemp.</p> <p>② Rotalock-Gewinde</p>	<p>① at 90% receiver volume and CO₂: 45 bar, + 10,9°C liquid temperature R410A: 20°C liquid temperature</p> <p>② Rotalock thread</p>	<p>① à 90% contenance de réservoir et CO₂: 45 bar, + 10,9°C température de liquide R410A: 20°C température de liquide</p> <p>② Filetage Rotalock</p>
---	---	---

<p>Maßzeichnung</p>	<p>Dimensional drawing</p>	<p>Croquis coté</p>
----------------------------	-----------------------------------	----------------------------

Caraterísticas do depósito de líquido selecionado	
Modelo	Bitzer F1602K CO ₂
Tipo de ligação	Solda
Refrigerante	R-744
Pressão de serviço (máxima)	45 bar
Ligação Entrada/Saída (Ø)	2 1/8"
Ligação unidade de condensação Entrada/Saída	1 3/4"
Temperatura de serviço	-10 a 100°C
Volume de líquido nos evaporadores/expositores	150 dm ³
Volume de líquido no depósito	160 dm ³
Unidades a fornecer	1 unidade

Sensores de líquido AKS 4100



The benefits of the AKS 4100

- Easy on-site probe length adjustment, easy commissioning regardless of liquid level or refrigerant type - including ammonia and CO₂
- The cable version is very compact and easy to handle, ship, install and use with different lengths and refrigerants
- The AKS 4100 sensors are available with cable or Coaxial (sleeve) tube
- The AKS 4100/4100U can be used with all non-flammable refrigerants - including ammonia and CO₂
- Oil proof. Oil layer at the bottom of the stand pipe (ammonia) does not affect the liquid refrigerant level.

HMI Service/Display unit
The optional HMI Service/Display unit is used for commissioning and quick on-site setup, and is easily connected to the AKS 4100.
The service unit supports multiple languages and both SI and Imperial units.
The LCD display has a resolution of 128 x 64 pixels.

Technical overview of AKS 4100

- Available lengths
Cable: 800-6000 mm
Coaxial: 500-2200 mm (other lengths upon request)
- Mechanical process connection:
G¹ or N¹ NPT
- Temperature range:
-60°C/76°F to +30°C/86°F
- Pressure range:
-1 barg / 100 psig
+14.5 psig / 1450 psig
- Standard signal: 4...20 mA
- 3-wire loop powered, no separate transformer needed

Unidade de Condensação auxiliar

Optyma™ condensing unit R134a LBP/MBP/HBP

Type conditions	Unit	Platform	Version			Electrical code	HP	Power consumption [W] at evap. temp. -25°C	Receiver volume [L]	Dimensions [mm]					Weight [kg]			Compressor		
			A00	A01	A04					Fig.	Height H	Width W	Length L	Dist. a	Suction line	Liquid line	A00		A01	A04
CCO/MBP	OP-UCCG003	TL	11400104	11400105	11400107	G	1/2	83	0,8	1	197	269	410	370	6	6	11,4	13,2	14,2	TL3GR
	OP-UCCG004	TL	11400108	11400109	11400111	G	3/8	110	0,8	1	197	289	410	370	6	6	11,4	13,2	14,2	TL4GR
	OP-UCCG005	TL	11400112	11400113	11400115	G	1/8	123	0,8	1	197	289	410	370	6	6	11,4	13,2	14,2	TL5GR
	OP-UCCG006	FR	11400200	11400201	11400203	G	1/6	146	0,8	2	226	304	432	370	10	6	15,1	16,7	17,8	FR6GR
	OP-UCCG007	FR	11400216	11400217	11400219	G	1/5	159	0,8	2	226	304	432	370	10	6	15,1	16,7	17,8	FR75GR
	OP-UCCG008	FR	11400224	11400225	11400227	G	1/5	181	0,8	2	226	304	432	370	10	6	15,1	16,7	17,8	FR85GR
	OP-UCCG010	FR	11400232	11400233	11400235	G	1/5	207	0,8	2	226	304	432	370	10	6	15,1	16,7	17,8	FR10GR
	OP-UCCG011	FR	11400336	11400337	11400339	G	1/4	236	1,1	2	256	321	444	325	10	6	16,2	17,6	18,6	FR13GR
	OP-UCCG012	SC	11400340	11400341	11400343	G	1/3	261	1,1	4	256	321	444	325	10	6	15,5	17,9	18,9	SC12GR
	OP-UCCG015	SC	11400440	11400449	11400451	G	3/8	323	1,1	4	296	331	451	325	10	6	19,8	22,0	22,9	SC15GR
	OP-UCCG016	SC	11400556	11400557	11400559	G	1/2	367	1,1	4	296	331	473	325	10	6	19,8	23,4	24,2	SC18GR
	OP-UCCG017	SC	11400564	11400565	11400567	G	5/8	437	1,1	4	296	331	513	345	10	6	21,1	25,4	26,2	SC21GR
MCT 20	OP-UCCG016	GS	11400772	11400773	11400775	G	3/4	12071660	2,4	7	340	430	480	370	13	10	31,0	34,5	36,0	GS24MBP
	OP-UCCG016	GS	11400780	11400781	11400783	G	1	12071700	2,4	7	340	430	480	370	13	10	32,0	36,0	37,5	GS34MBP



- ① A04 versions equipped with KP17WB FSA kit and power cord
- ② Pre-mounted LP/HP tubes for easy connection of pressure switch
- ③ Easy accessible valves
- ④ High efficient condenser
- ⑤ Low noise level
- ⑥ Optimum airflow due to Danfoss designed fan cowl
- ⑦ Compact design and extended application envelope
- ⑧ Base rails designed for easy installation

Optyma™ condensing unit R134a LBP/MBP/HBP

Test conditions	Unit	Platform	Version			critical code	HP	Condenser coil			Condenser fan		Capacity in Watt at evaporating temperature °C								
			A00	A01	A04			Ele	Type	Airflow m³/h	Inter vol (dm3)	Num- ber	Fan blade (mm)	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
CECOMAF	Op-UCGC003	TI	114X0104	114X0105	114X0107	G	1/12	bg1	243	0.13	1	172	37	52	69	91	117	147	181	220	
	Op-UCGC004	TI	114X0108	114X0109	114X0111	G	1/10	bg1	243	0.13	1	172	49	67	89	115	146	182	222	269	
	Op-UCGC005	TI	114X0112	114X0113	114X0115	G	1/8	bg1	243	0.13	1	172	62	83	108	139	175	217	264	317	
	Op-UCGC006	FR	114X0200	114X0201	114X0203	G	1/6	bg2	231	0.25	1	200	74	106	142	185	235	294	361	437	
	Op-UCGC007	FR	114X0216	114X0217	114X0219	G	1/5	bg2	231	0.25	1	200	81	114	154	201	257	321	395	478	
	Op-UCGC008	FR	114X0224	114X0225	114X0227	G	1/5	bg2	231	0.25	1	200	103	141	186	240	303	376	458	550	
	Op-UCGC010	FR	114X0232	114X0233	114X0235	G	1/5	bg2	231	0.25	1	200	103	149	197	254	320	396	483	580	
	Op-UCGC011	FR	114X0336	114X0337	114X0339	G	1/4	bg3	518	0.31	1	230	89	168	246	327	414	510	616	737	
	Op-UCGC012	SC	114X0340	114X0341	114X0343	G	1/3	bg3	518	0.31	1	230	136	202	285	381	490	610	741	880	
	Op-UCGC015	SC	114X0448	114X0449	114X0451	G	3/8	bg4	631	0.40	1	254			3.348	463	591	731	882	1.045	
	Op-UCGC018	SC	114X0556	114X0557	114X0559	G	1/2	bg5	583	0.53	1	254			404	531	673	833	1.011	1.210	
	Op-UCGC021	SC	114X0564	114X0565	114X0567	G	5/8	bg5	583	0.53	1	254			474	622	792	981	1.189	1.414	
	Op-UCGC026	GS	114X0772	114X0773	114X0775	G	3/4	bg7	990	0.84	1	300			820	1.040	1.290	1.575	1.890		
	RGT 20	Op-UCGC034	GS	114X0780	114X0781	114X0783	G	1	bg7	990	0.84	1	300			990	1.250	1.500	1.800	2.100	

Test condition

EN 13125

Ambient temperature
Suction gas temperature
Subcooling within the limits of the condensing unit

RGT 20

Constant suction gas temperature
32°C
20°C

CECOMAF

Household and similar
32°C
32°C

Version

A00 Without valves and receiver for capillary tubes
A01 With receiver, 2 stop valves, bracket and copper pipes for kp
A02 A01 + kp 17Wb universal pressure switch
A04 A01 + kp 17Wb + FSA-kit + power cord (except UCGC034)

Electrical characteristics

Unit	LRA compressor	MCC fan
	230 V / 1 ph	230 V / 1 ph
Op-UCGC003	4.9	0.19
Op-UCGC004	5.1	0.19
Op-UCGC005	5.7	0.19
Op-UCGC006	7.5	0.19
Op-UCGC007	8.1	0.19
Op-UCGC008	8.2	0.19
Op-UCGC010	10	0.19
Op-UCGC011	10	0.25
Op-UCGC012	12.6	0.25
Op-UCGC015	14.8	0.39
Op-UCGC018	18.6	0.39
Op-UCGC021	21.8	0.39
Op-UCGC026	20.2	0.75
Op-UCGC034	25.7	0.75

- ④ Compact design and extended application envelope
- ⑤ Combined Hp/lp pressure switch Danfoss kp17Wb



- ① Single fan design (low noise level)
- ② Receiver equipped with 3/8" NpTF plug and shut-off valve with access port
- ③ Fully prewired and factory tested

Dimensionamento da unidade de condensação auxiliar

Modelo	Danfoss OP-UCG026
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	N/D
Fluido refrigerante	R-134a
Temperaturas de evaporação	-10 °C
Temperatura de condensação	+32 °C
Ponto de derivação	Depósito de líquido
Potência calorífica transportada (kW)	1,29 kW
Caudal Mássico (kg/s)	0,1056 kg/s
Unidades a fornecer	1 unidade cada



OPTYMA

Permutador de placas da unidade de condensação auxiliar

Design | Performance | Rating

Fluid Side 1: R744 (Carbon Dioxide) 37.0 bar

Fluid Side 2: R134a Liquid

CoCurrent:

Exchangers: B-Types

Side 1: kW

Side 2: kW

Heat load: kW

Inlet temperature: 5.00 °C | -10.00 °C

Outlet temperature: 3.00 °C | 5.00 °C

Flow: 0.2540 kg/s | kg/s

Max pressure drop: 50.0 kPa | 50.0 kPa

Number of passes:

Number of plates:

Oversurfacing: %

Fouling factor: m²·C·kW

Allow pot switch:

AutoPerformance:

BPHE	A (m ²)	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight (kg)	PF Rating
BX8Tx24	0.506	45.3	0.882	299	2.18	<div style="width: 100%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #0070C0, #0070C0);"></div>
B10Tx12	0.31	50.1	1.06	158	2.19 - 3.25	<div style="width: 90%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #0070C0, #0070C0);"></div>
B12x10	0.224	5.95	0.601	0	2.32 - 4.14	<div style="width: 80%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #0070C0, #0070C0);"></div>
B12hx14	0.336	44.5	0.94	153	2.80 - 4.62	<div style="width: 85%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #0070C0, #0070C0);"></div>
B15Tx32	1.02	49.1	0.777	520	3.95 - 4.58	<div style="width: 95%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #0070C0, #0070C0);"></div>
B20x18	0.96	43.7	0.8	500	5.04 - 29.9	<div style="width: 80%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #0070C0, #0070C0);"></div>
B25Tx20	1.13	49.9	0.858	610	4.60 - 7.46	<div style="width: 85%; height: 10px; background: linear-gradient(to right, #0070C0, #0070C0);"></div>

Heat Exchanger : BX8Tx24

Side 1 : Outer circuit
Side 2 : Inner circuit

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	1.050	
Inlet temperature	°C	5.00	-10.00
Outlet temperature	°C	2.28	-2.48
Flow rate	kg/s	0.2540	0.1056
Max. pressure drop	kPa	50.0	50.0
Thermal length		0.370	1.021

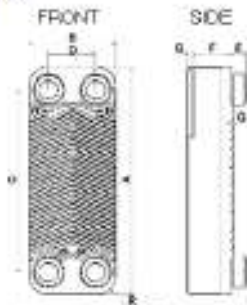
Relatório do permutador de placas para a unidade de condensação de emergência arrefecer o depósito de líquido

Fase Simples - Design				
Trocador de Calor : BX8THx24/1P				
Fluido Lado 1 :	R744 (Carbon Dioxide) (37.0 bar)			
Fluido Lado 2 :	R134a (Liquid)			
Lado 1 :	Circuito externo			
Lado 2 :	Circuito interno			
Tipo de Fluxo :	Co-Corrente			
SSP Alias :	BX8T			
Requisitos de Operação				
Carga Térmica	kW	Lado 1	Geral	Lado 2
Temperatura de entrada	°C	5.00		-10.00
Temperatura de saída	°C	2.28		-2.48
Vazão	kg/s	0.2540		0.1056
Perda de Carga Máx.	kPa	50.0		50.0
Comprimento Térmico		0.370		1.021
Trocador de Calor a Placas				
Área de Transferência Térmica	m ²	Lado 1	Geral	Lado 2
Fluxo de Calor	kW/m ²		0.508	
Média Logarítmica das Diferenças de Temperaturas	K		7.37	
C.T.C. (disponível/requerido)	W/m ² ,°C		886	
Perda de carga Total*	kPa	45.3		0.882
Perda de Carga do Bocal	kPa	7.51		0.100
Diâmetro do Bocal	mm	16.0		16.0
Número de canais por passagem		12		11
Número de Placas			24	
Excesso de Área	%		259	
Fator de Incrustação	m ² ,°C/kW		2.924	
Número de Reynolds		38600		906.9
Veloc. bocal	m/s	12.4		0.400
Propriedades Físicas				
Temperatura de Referência	°C	Lado 1	Geral	Lado 2
Viscosidade Dinâmica	cP	3.62		-8.04
Viscosidade Dinâmica - Parede	cP	0.0151		0.287
Densidade	kg/m ³	0.0150		0.288
Capacidade Térmica	kJ/kg,°C	103.1		1312
Condutividade Térmica	W/m,°C	1.888		1.324
Maior diferença de temperatura na parede	K	0.02028		0.09441
Temperatura mín. na parede	°C		0.20	
Temperatura máx. na parede	°C	-0.38		-0.58
Coefficiente de Filme	W/m ² ,°C	0.92		0.86
Temperatura média na parede	°C	2490		1410
Velocidade no Canal	m/s	0.27		0.15
Tensão de Cisalhamento	Pa	1.41		0.0501
		120		2.48

Totais

Peso Total Vazio	kg	2.18
Peso Total Cheio	kg	2.84
Volume de Retenção Circuito Interno	dm ³	0.429
Volume de Retenção Circuito Externo	dm ³	0.468
Tamanho da Porta F1/P1	mm	16.0
Tamanho da Porta F2/P2	mm	16.0
Tamanho da Porta F3/P3	mm	16.0
Tamanho da Porta F4/P4	mm	16.0
NND F1/P1	mm	0.000 and/or 16.0
NND F2/P2	mm	16.0 and/or 0.000
NND F3/P3	mm	16.0 and/or 0.000
NND F4/P4	mm	16.0 and/or 0.000
Pegada de Carbono	kg	15.3

Dimensões

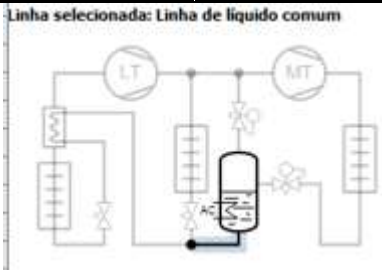


A	mm	315 +/-2
B	mm	73 +/-1
C	mm	278 +/-1
D	mm	40 +/-1
E	mm	20 (opt. 48) +/-1
F	mm	51.30 +5%/-4.5%
G	mm	7 +/-1
Q	mm	2
R	mm	16

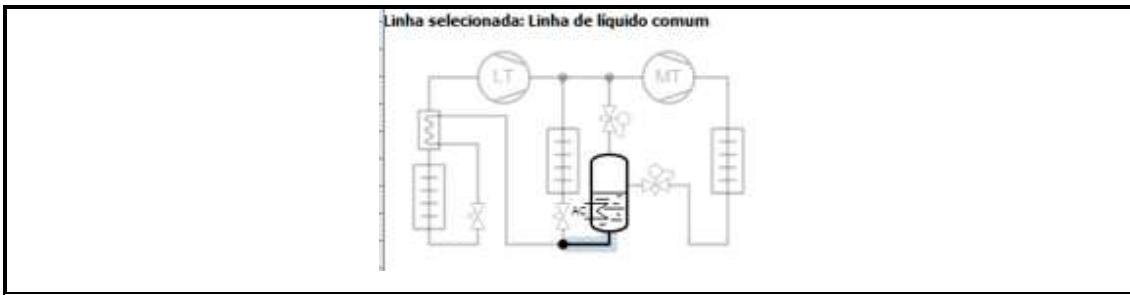
This is a schematic sketch. For correct drawings please use the order drawing function or contact your SWEP representative.

Anexo R – Dimensionamento da linha de líquido MT desde a linha comum de líquido até ao primeiro mural de lacticínios

Tabela de características técnicas do dimensionamento

Dimensionamento da tubagem – linha de líquido comum	
Modelo (tubagem de cobre)	Tubagem de Cobre Wieland K65 120bar
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	120 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 100 °C
Ponto de derivação	À saída do depósito de líquido – linha líquido comum
Potência calorífica transportada (kW)	137,19 kW
Velocidade de projeto/real (m)	1 / 0,94 m
Caudal Mássico (kg/s)	0,6082 kg/s
Área de Secção (m ²)	0,00096 m ²
Ligação Entrada/Saída (∅)	ANSI K65 1 3/8" (0,035 m)
Perda de carga total (Tubagem + válvula expansora)	397,2 Pa = 0,40 kPa
Unidades a fornecer	1 unidade
<p>Linha selecionada: Linha de líquido comum</p> 	

Dimensionamento da tubagem – linha de líquido (Desde a saída da central até ao troço Deriv. 01-01-01)				
Modelo (tubagem de cobre)	Tubagem de Cobre Wieland K65 120bar			
Tipo de ligação	Solda			
Pressão de serviço (máxima)	120 bar			
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 100 °C			
Ponto de derivação	À saída do depósito de líquido ao coletor	Troço Deriv 01	Troço Deriv 01-01	Troço Deriv 01-01-01
Potência calorífica transportada (kW)	121.25 kW	109.90 kW	6.758 kW	1.192 kW
Velocidade de projeto/real (m/s)	1 / 0.84 m/s	1 / 1,14 m/s	1 / 0,63 m/s	1 / 0,11 m/s
Caudal Mássico (kg/s)	0,541 kg/s	0,493 kg/s	0,0304 kg/s	0,0054 kg/s
Área de Secção (m ²)	0,00096m ²	0,00064m ²	0.00007 m ²	0.00007 m ²
Ligação Entrada/Saída (∅)	ANSI K65 1 3/8" (0,035 m)	ANSI K65 1/8" (0,029 m)	ANSI K65 3/8"	ANSI K65 3/8"
Perda de carga total (Tubagem)	161,8 Pa = 0,161 kPa	2289 Pa = 2,289 kPa	513,2 Pa = 0,513 kPa	5,896 Pa



Dimensionamento Válvula de expansão eletrónica, retenção e de bloqueio – linha de líquido: Deriv 01-01-01			
Modelo (válvula expansão eletrónica/válvula de bloqueio/ válvula de retenção)	Danfoss AKVH 10-1	Danfoss GBCH 6s	Danfoss NRV 10s H
Tipo de ligação	Solda	Solda	Solda
Pressão de serviço (máxima)	52 bar	90 bar	90 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-60 a 150 °C	-40 a 100 °C	-50 a 140 °C
Ponto de derivação	Linha de líquido – Deriv 01-01-01		
Potência calorífica transportada (kW)	1,192 kW		
Caudal Mássico (kg/s)	0,0054 kg/s		
Área de Secção (m ²)	0.00007 m ²		
Ligação Entrada/Saída (∅)	ANSI K65 3/8" (0.009 m)		
Perda de carga total (válvula expansão eletrónica e de esfera)	664300 Pa = 664.3 kPa	13.44 Pa	-
Unidades a fornecer	1 unidade cada		
GBCH AKVH			

Perda de carga – linha de líquido: Linha de descarga de líquido até Deriv 01-01-01	
DP máximo admissível / real	0,020 / 0,009 °C/m
Perda de carga total	664,3kPa = 6,64bar

Relatórios de seleção

Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262600 W	Fluxo de massa na linha:	0.5441 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	Sistema transcrito. Linha de líquido, MT		
Crítérios de seleção:	Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.00 m		



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1 3/8

Resíduos na linha de líquido

Tipo	ANSI K85 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8	ANSI K85 2 1/8
NS	22.23	28.58	34.93	41.28	53.98
DP [Pa]	1497	432.7	161.8	71.64	17.15
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.015	0.004	0.002	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	2.09	1.26	0.84	0.60	0.33

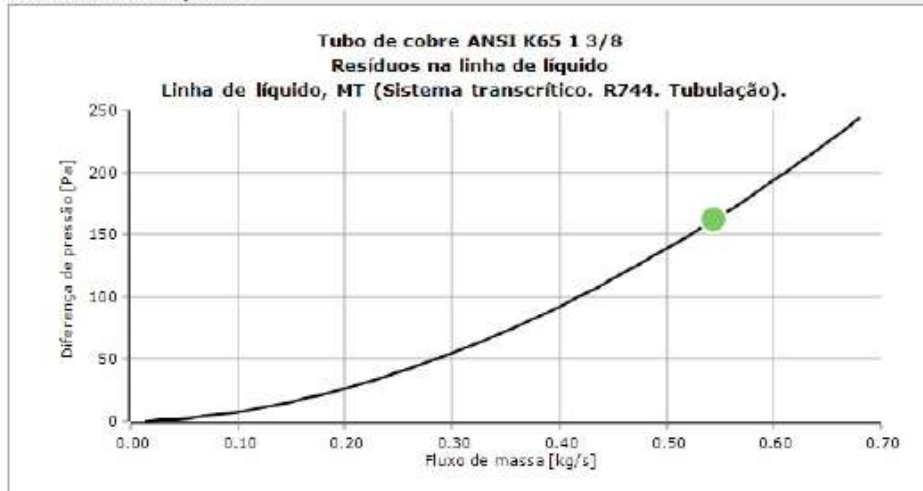
Página 1/2

Coolselector2



Velocidade, saída [m/s]	2.09	1.26	0.84	0.60	0.33
-------------------------	------	------	------	------	------

Curva de desempenho



Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	109900 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	114.1 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	243700 W	Fluxo de massa na linha:	0.493 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 6.30 m</i>		

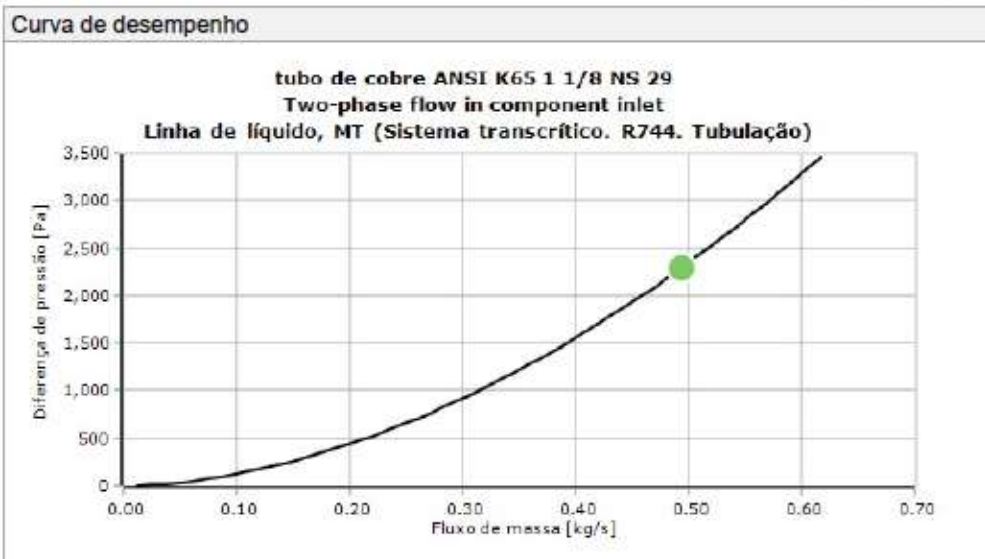
Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1 1/8 NS 29

Two-phase flow in component inlet

Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	26.58	34.93	41.28
DP [Pa]	17390	7979	2289	654.1	377.9
DT_sat [°C]	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.027	0.012	0.004	0.001	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.58	1.89	1.14	0.76	0.54
Velocidade, saída [m/s]	2.62	1.90	1.14	0.76	0.54

Página 1/2

Coolselector2

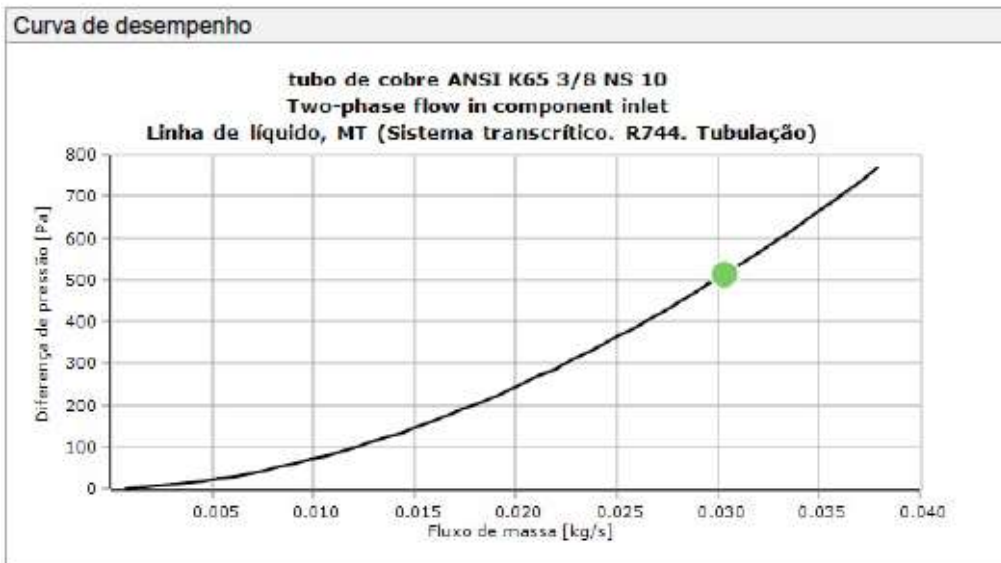


Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	6758 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	137.4 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	73100 W	Fluxo de massa na linha:	0.03033 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.08 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 3/8 NS 10
Two-phase flow in component inlet

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	513.2	127	43.12
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.005	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	0.53	0.36	0.23
Velocidade, saída [m/s]	0.54	0.36	0.23

Coolselector2

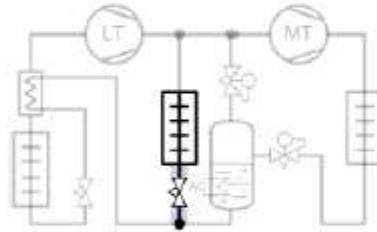


Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	1192 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-2.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	3305000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	63.0 °C	Temperatura de descarga:	138.0 °C
Capacidade de aquecimento:	62170 W	Fluxo de massa na linha:	0.005426 kg/s
Pressão ideal do gás cooler:	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crêrios de seleçã: Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 0.26 m



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

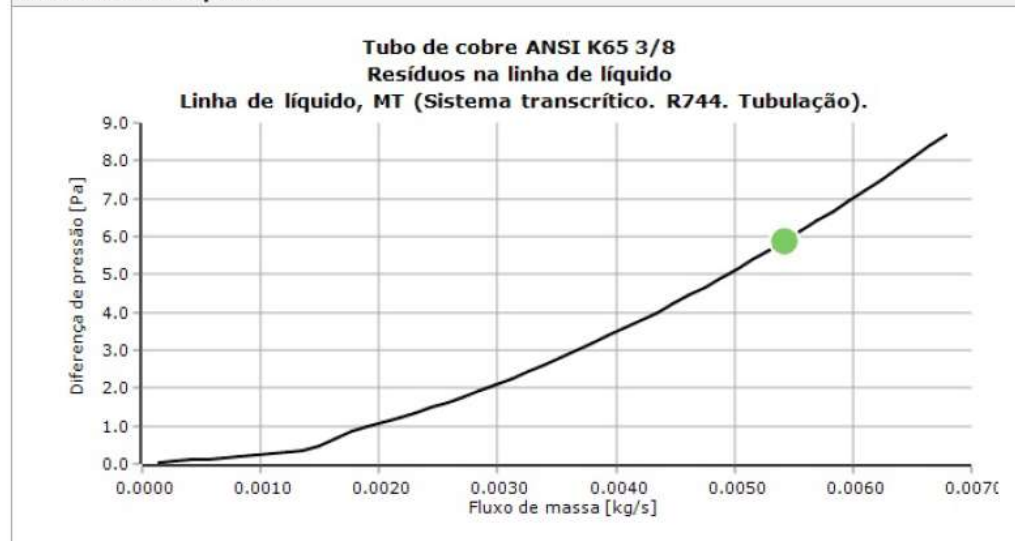
Resíduos na linha de líquido

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	5.896	1.492	0.5144
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.000	0.000	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	0.11	0.08	0.04

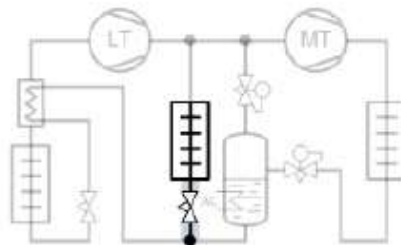
Página 1/5

Velocidade, saída [m/s]	0.11	0.06	0.04
-------------------------	------	------	------

Curva de desempenho



Condições de operação					
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	1192 W		
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W		
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-2.0 °C		
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	3305000 Pa		
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C		
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C		
Temperatura de descarga:	63.0 °C	Temperatura de descarga:	138.0 °C		
Capacidade de aquecimento:	62170 W	Fluxo de massa na linha:	0.005426 kg/s		
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C		
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa		
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C		
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>				
Critérios de seleção:	<i>Carga: 100 %. Queda de pressão do distribuidor: 0 Pa</i>				

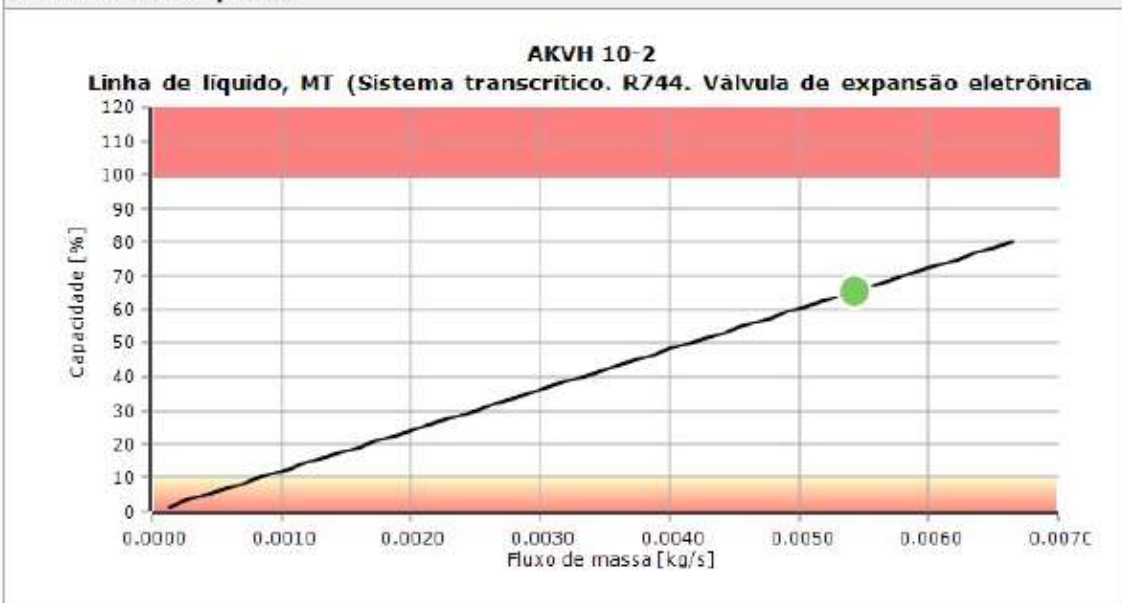


Seleção: AKVH 10-2



Tipo	AKVH 10-0	AKVH 10-1	AKVH 10-2	AKVH 10-3	AKVH 10-4
NS	10	10	10	10	10
Carga [%]	371	111	65	44	24
Capacidade máxima [W]	321.8	1073	1824	2682	4936
DP [Pa]	664300	664300	664300	664300	664300
Velocidade, entrada [m/s]	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000

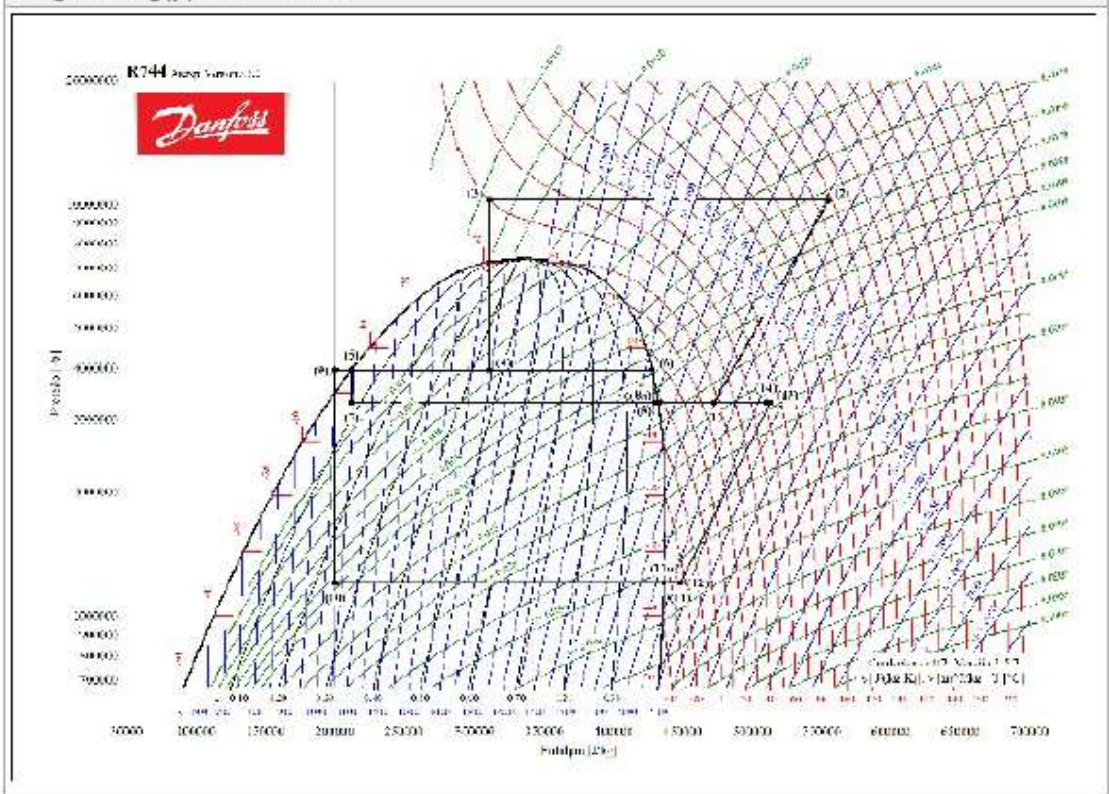
Curva de desempenho



Coolselector2



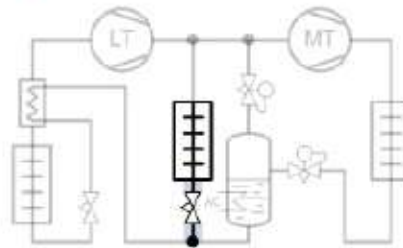
Diagrama log(p)-h detalhado



Válvula de bloqueio: Válvula de bloqueio 1

Condições de operação

Cooling capacity, LT:	30840 W	Cooling capacity, MT:	1193 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-4.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	3131000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	126.4 °C
Temperatura de descarga:	58.0 °C		
Capacidade de aquecimento:	56930 W	Fluxo de massa na linha:	0.005405 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	8677000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	34.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Critérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s</i>		



Seleção: GBC 12s H

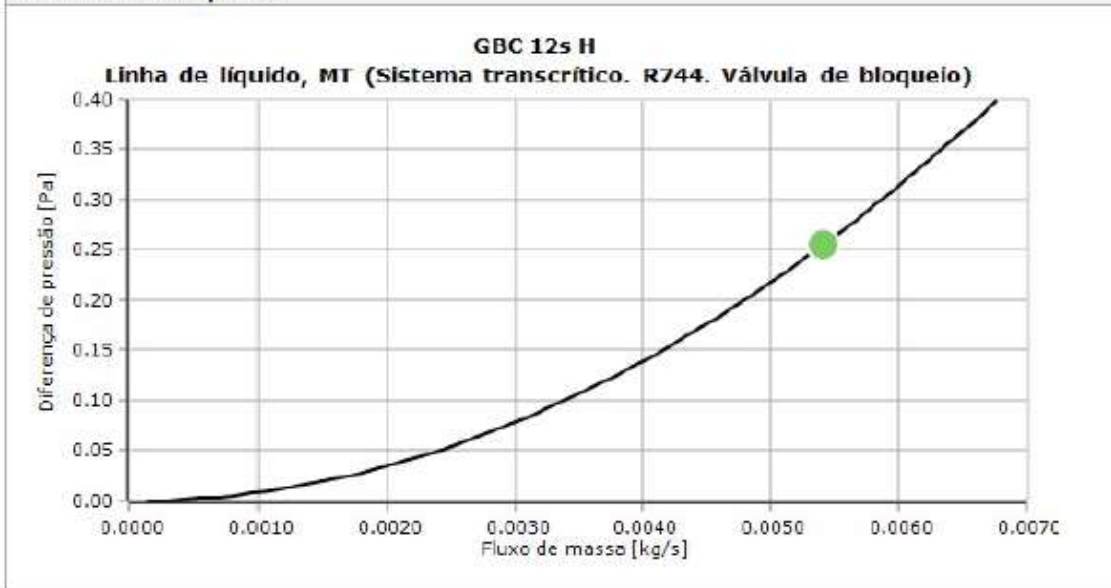


Coolselector2

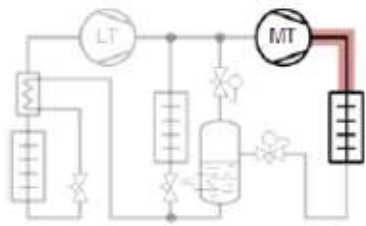


Tipo	GBC 6s H	GBC 10s H	GBC 12s H	GBC 16s H	GBC 18s H
NS	6	10	12	16	18
Av [m³/s]	4.948E-05	0.0001754	0.0003578	0.0003272	0.0008637
DP [Pa]	13.33	1.061	0.2549	0.3048	0.04374
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Velocidade, entrada [m/s]	0.48	0.12	0.09	0.05	0.03
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Curva de desempenho



Anexo S - Dimensionamento da tubagem da linha de descarga

Dimensionamento da tubagem – linha de descarga MT	
Modelo (tubagem de cobre)	Tubagem de Cobre Wieland K65 120bar
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	120 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 100 °C
Ponto de derivação	À saída dos compressores de MT
Potência calorífica transportada (kW)	152.57 kW
Velocidade de projeto/real (m/s)	8 / 6,90 m/s
Caudal Mássico (kg/s)	1,242 kg/s
Área de Secção (m ²)	0,004128 m ²
Ligação Entrada/Saída (Ø)	ANSI K65 1 5/8" (0,041 m)
Perda de carga total (Tubagem + válvula expansora)	2713 Pa = 2,7 kPa
Unidades a fornecer	1 unidade
	

Coolselector2

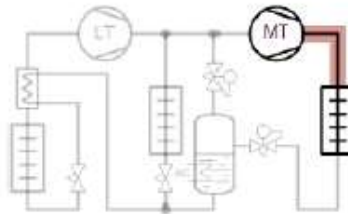


Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262500 W	Fluxo de massa na linha:	1.242 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Mínima temperatura de saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de descarga

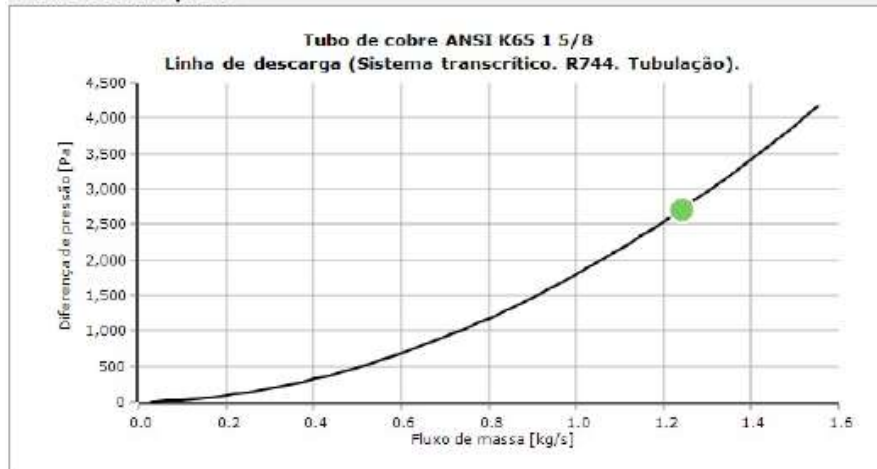
Crítérios de seleção: Velocidade: 8.00 m/s. Comprimento: 2.00 m



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1 5/8

Tipo	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8	ANSI K65 2 1/8
NS	28.58	34.93	41.28	53.98
DP [Pa]	17530	6310	2713	621
Velocidade, entrada [m/s]	14.45	9.65	6.89	3.61
Velocidade, saída [m/s]	14.48	9.65	6.90	3.61

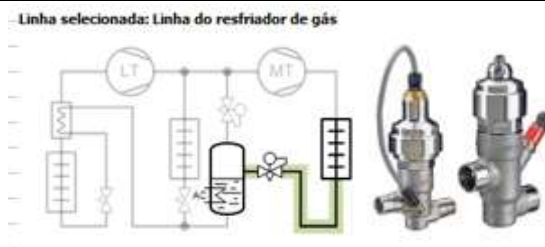
Curva de desempenho



Anexo T - Dimensionamento da linha de arrefecimento do gás

Dimensionamento da tubagem e válvula de expansão eletrónica de alta pressão – linha de arrefecimento de gás

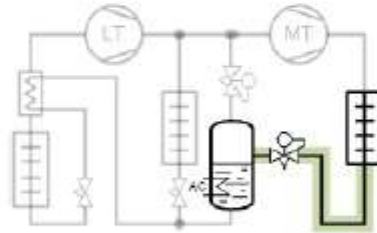
Modelo (tubagem de cobre)	Tubagem de Cobre Wieland K65 120bar
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	120 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 100 °C
Modelo (Válvula Reguladora Eletrónica de alta pressão)	Danfoss CCMT 16
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	140 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 60 °C
Ponto de derivação	À saída do <i>gas cooler</i>
Potência calorífica transportada (kW)	152.57 kW
Velocidade de projeto/real (m)	1 / 1,06 m
Caudal Mássico (kg/s)	1,242 kg/s
Área de Secção (m ²)	0,0023 m ²
Ligação Entrada/Saída (Ø)	ANSI K65 2 1/8" (0,054 m)
Perda de carga total (Tubagem + válvula reguladora)	6268086 Pa = 6268,1 kPa
Unidades a fornecer	1 unidade



Coolselector2



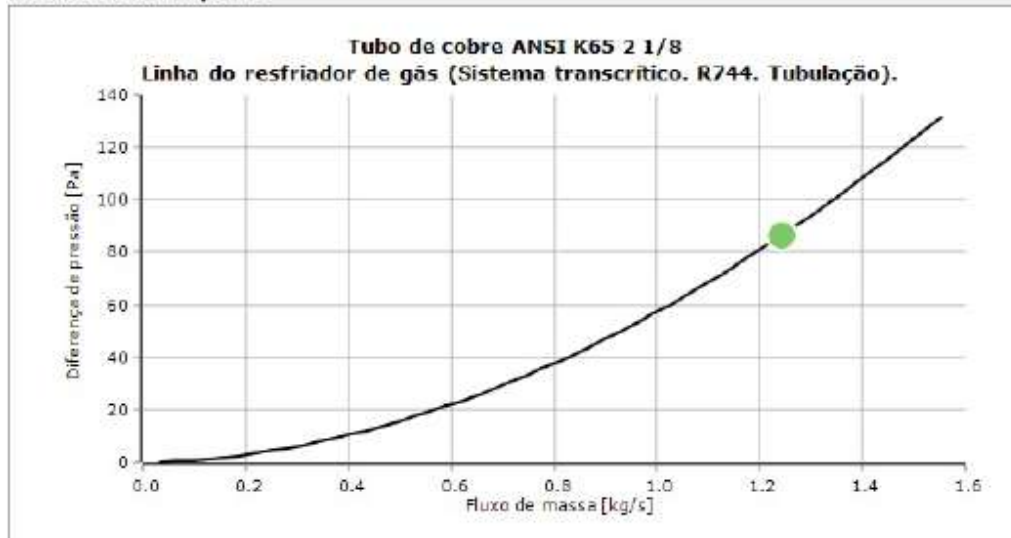
Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262500 W	Fluxo de massa na linha:	1.242 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Mínima temperatura de saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha do resfriador de gás</i>		
Critérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.00 m</i>		



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 2 1/8

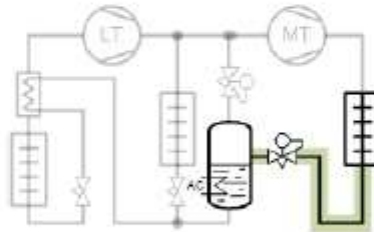
Tipo	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8	ANSI K65 2 1/8
NS	34.93	41.28	53.98
DP [Pa]	877.4	377.2	86.29
Velocidade, entrada [m/s]	2.69	1.92	1.06
Velocidade, saída [m/s]	2.69	1.92	1.06

Curva de desempenho



Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262500 W	Fluxo de massa na linha:	1.242 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Minima temperatura de saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha do resfriador de gás</i>		
Crterios de seleção:	<i>Carga: 100 %</i>		

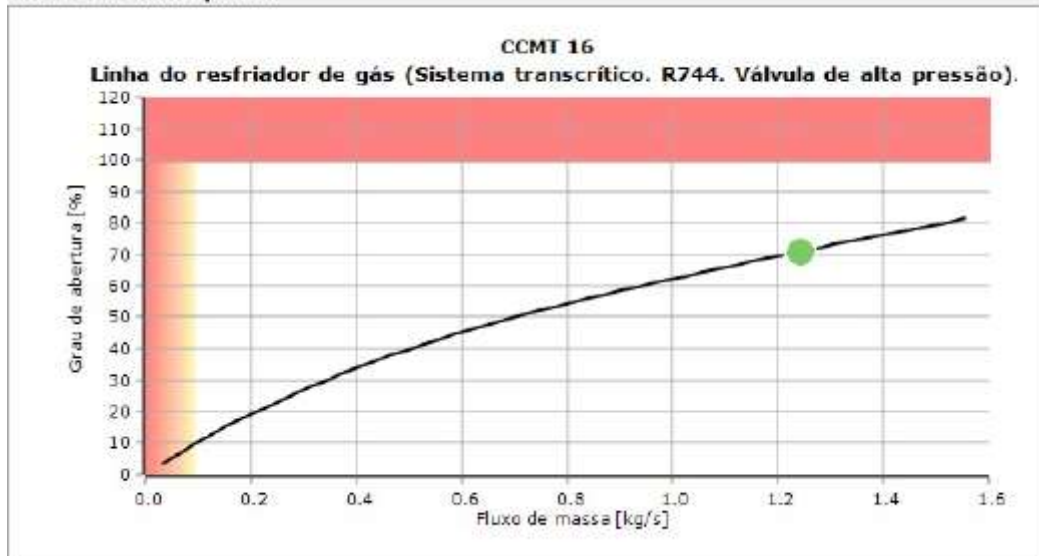


Seleção: CCMT 16

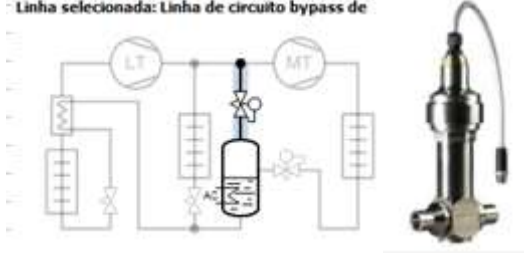


Tipo	CCMT 4	CCMT 8	CCMT 16	CCMT 24	CCMT 30
NS	15	15	25	25	25
Capacidade máxima [kg/s]	0.57	1.014	2.028	3.042	3.805
Capacidade mínima [kg/s]	0.008953	0.01592	0.09634	0.1445	0.1806
Carga [%]	218	123	61	41	33
DP [Pa]	6268000	6268000	6268000	6268000	6268000
Velocidade, entrada [m/s]	8.86	8.86	3.04	3.04	3.04

Curva de desempenho



Anexo U – Dimensionamento da linha de bypass de gás do depósito de líquido

Dimensionamento da tubagem e válvula de expansão eletrónica de alta pressão – linha bypass de gás do depósito de líquido	
Modelo (tubagem de cobre)	Tubagem de Cobre Wieland K65 120bar
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	120 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 100 °C
Modelo (Válvula Expansora Eletrónica de alta pressão)	Danfoss CCM 30
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	90 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 60 °C
Ponto de derivação	À saída do depósito de líquido
Potência calorífica transportada (kW)	152.57 kW
Velocidade de projeto/real (m)	8 / 6,84 m
Caudal Mássico (kg/s)	0,5651 kg/s
Área de Secção (m²)	0,00096 m²
Ligação Entrada/Saída (∅)	ANSI K65 1 3/8" (0,035 m)
Perda de carga total (Tubagem + válvula expansora)	1320065 Pa = 1320 kPa
Unidades a fornecer	1 unidade
<p style="text-align: center;">Linha selecionada: Linha de circuito bypass de</p> 	

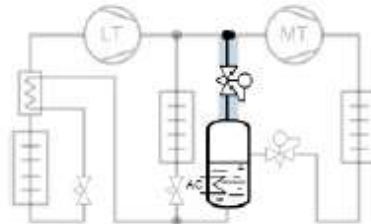
Dimensionamento de tubagem e válvula- by-pass de gás do deposito de líquido									
Comprimento da linha de Descarga (m)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Velocidade de descarga (m/s)	Caudal (kg/s)	Área da Secção (m²)	Diâmetro (m)	Diâmetro (polgadas)	Válvula expansora eletrónica	Perda de carga (Pa)
1	À saída do depósito	152620.00	8	0.5651	0.00096	0.0349	ANSI 1 3/8	CCM 30	1320065

Linha bypass de gás do depósito de líquido + CCM (válvula expansora eletrônica de alta pressão) + GBC (válvula de bloqueio) + CHV (Válvula de retenção)

Coolselector2

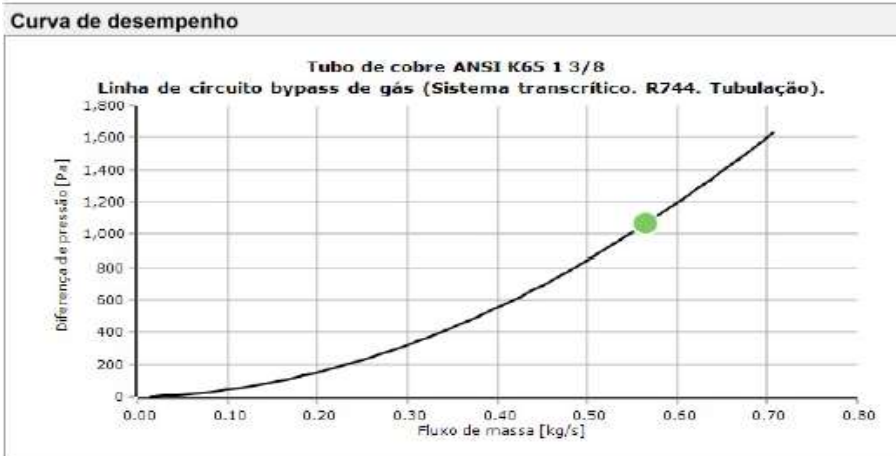


Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262500 W	Fluxo de massa na linha:	0.5651 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Máxima temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de circuito bypass de gás</i>		
Critérios de seleção:	<i>Velocidade: 8.00 m/s. Comprimento: 1.00 m</i>		



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1 3/8

Tipo	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8	ANSI K65 2 1/8
NS	22.23	28.58	34.93	41.28	53.98
DP [Pa]	10550	2931	1065	481.5	107
DT_sat [°C]	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.104	0.029	0.010	0.005	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	17.02	10.25	6.84	4.89	2.71
Velocidade, saída [m/s]	17.08	10.26	6.84	4.89	2.71



Coolselector2

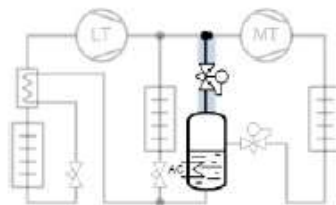


Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262500 W	Fluxo de massa na linha:	0.5651 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Máxima temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de circuito bypass de gás

Crítérios de seleção: Carga: 100 %

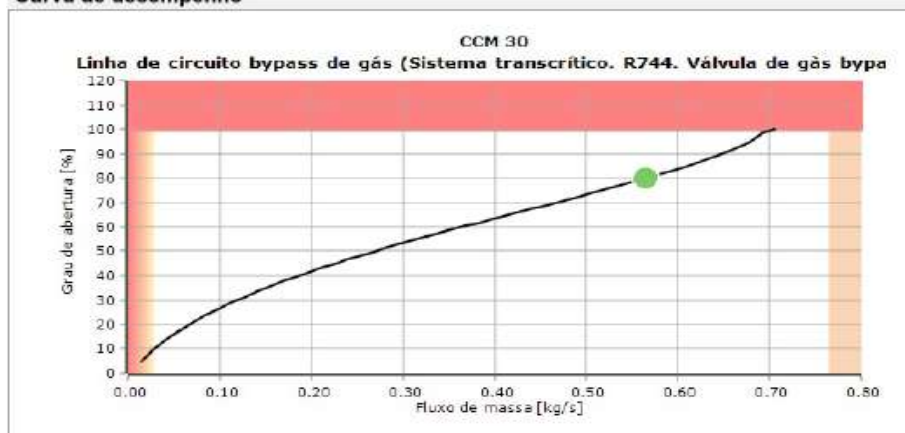



Seleção: CCM 30



Tipo	CCM 10	CCM 20	CCM 30	CCM 40
NS	15	20	25	25
Capacidade máxima [kg/s]	0.2225	0.4728	0.6953	1.168
Capacidade mínima [kg/s]	0.003905	0.009637	0.02869	0.04856
Carga [%]	254	120	81	48
DP [Pa]	1319000	1319000	1319000	1319000
Velocidade, entrada [m/s]	22.57	12.66	7.75	7.75
DT_sat [°C]	15.0	15.0	15.0	15.0

Curva de desempenho



Dimensionamento Válvula de Retenção e de Bloqueio – linha bypass de gás do depósito de líquido	
Modelo (válvula de retenção)	Danfoss CHV 80
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	52 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-60 a 150 °C
Modelo (válvula de esfera)	Danfoss GBC 45 42s
Tipo de ligação	Solda
Pressão de serviço (máxima)	90 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 100 °C
Modelo (visor de líquido)	Danfoss SGP 42s
Ponto de derivação	Depois do depósito de líquido, antes da válvula de expansão eletrônica CCM
Potência calorífica transportada (kW)	152.57 kW
Caudal Mássico (kg/s)	0,5651 kg/s
Área de Secção (m ²)	0,00096 m ²
Ligação Entrada/Saída (∅)	ANSI K65 1 3/8" (0,035 m)
Perda de carga total (Válvula de retenção e de esfera)	4215.7 Pa = 4.22 kPa
Unidades a fornecer	1 unidade
	
GBC CHV	

Coolselector2

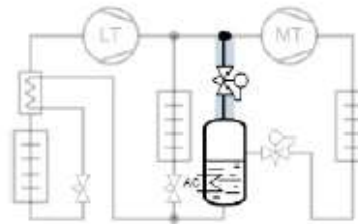


Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262500 W	Fluxo de massa na linha:	0.5651 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Máxima temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de circuito bypass de gás

Critérios de seleção: Velocidade: 1.00 m/s



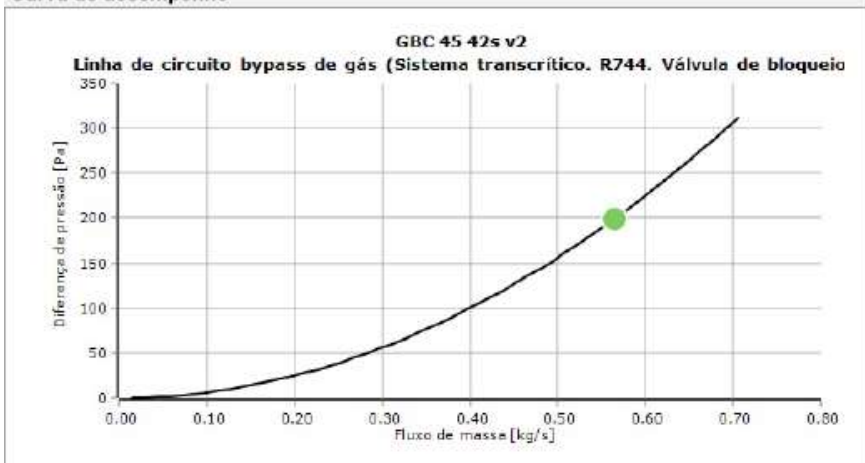
Seleção: GBC 45 42s v2



Tipo	GBC 45 28s v2	GBC 45 35s v2	GBC 45 42s v2
NS	28	35	42
Av [m³/s]	0.001731	0.002584	0.003746

DP [Pa]	936	419.7	199.7
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0
Velocidade, entrada [m/s]	10.07	6.15	4.36
PS/MWP [Pa]	4500000	4500000	4500000
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta

Curva de desempenho

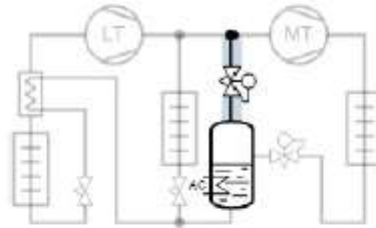


Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262500 W	Fluxo de massa na linha:	0.5651 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Máxima temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

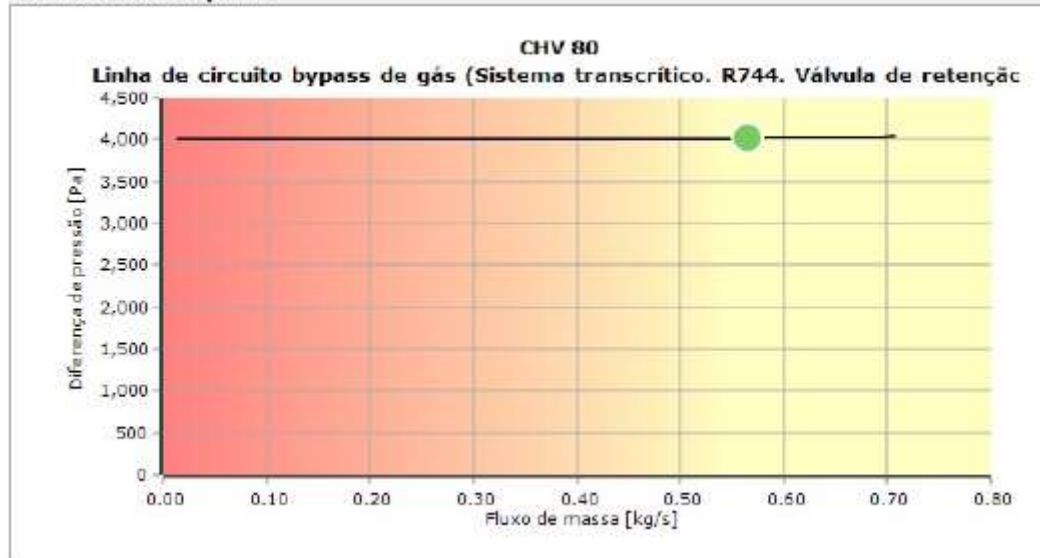
Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de circuito bypass de gás

Critérios de seleção: Velocidade: 1.00 m/s


Seleção: CHV 80


Tipo	CHV 50	CHV 65	CHV 80	CHV 100	CHV 125
NS	50	65	80	100	125
Av [m³/s]	0.001251	0.002002	0.002863	0.005449	0.008368
DP_100 [Pa]	8000	8000	8000	8000	8000
DP_min [Pa]	4015	4015	4015	4015	4015
Av_calc [m³/s]	0.0008065	0.0008316	0.0008358	0.0008372	0.0008374
DP [Pa]	4292	4056	4016	4002	4001
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grau de abertura [%]	-	-	-	-	-
Carga [%]	47	30	21	11	7
Carga parcial possível [%]	42	68	97	-	-
Velocidade, entrada [m/s]	2.12	1.27	0.92	0.55	0.38
PS/MWP [Pa]	5200000	5200000	5200000	5200000	5200000
Estado da válvula	Parcialmente aberta	Parcialmente aberta	Parcialmente aberta	Instável	Instável

Curva de desempenho



Anexo V – Quadro resumo do dimensionamento das linhas de líquido

Dimensionamento do visor de líquido e das válvulas de bloqueio e de retenção

Linha de média temperatura (MT)

Linha de líquido - Válvula de retenção e corte									
Válvula de retenção	Valvula de corte	Visor de liquido	Modelos	Identificação	Pot. Frigorífica	Vel. Recomendada (m/s)	Vel. Entrada (m/s)	Dimensão da tubagem	Perda de carga (Pa)
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-6	MR01	1.193	1	0.48	1/4	13.44
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-6	MR01	1.193		0.48	1/4	13.44
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-6	MR01	1.193		0.48	1/4	13.44
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-6	MR01	1.193		0.48	1/4	13.44
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-4	MR01	0.795		0.32	1/4	5.969
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	CBN/E 4B2/7	CR09	6.740		0.67	3/8	33.61
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	RWK/E 4A2/40	CR08	4.024		0.4	3/8	11.95
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	CKB 4B2/6R	SR05b	5.501		0.56	3/8	23.22
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-4	MR02	0.915		0.37	1/4	7.84
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-4	MR02	0.915		0.37	1/4	7.84
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	HFSR1-4	MR03	0.638		0.26	1/4	3.812
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	HFSR1-6	MR03	0.956		0.38	1/4	8.559
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	CKB 4B2/6R	SR05a	5.501		0.56	3/8	23.22
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	MT 4C3/8	CR06	7.325		0.74	3/8	39.98
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	CKB 4B2/6R	SC01	5.688		0.58	3/8	24.82
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	CBK 4B1/2R	SR04	2.850		1.16	1/4	78.31
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	22 ECT/E 30	CR05	4.487		0.45	3/8	14.8
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	CBK 4B2/4R	SR01	2.976		1.21	1/4	85.39
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	MT 4E1/5	CR04	4.806		0.48	3/8	17.21
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	CKB 4B2/6R	SC01	5.688		0.58	3/8	24.82
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	RWK/E 4A1/27	CR03	2.490		1	1/4	58.06
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	CBK 4B2/4R	SC02b	3.598		1.47	1/4	124.8
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	RWK/E 4A1/27	CR02	2.417		0.97	1/4	54.71
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	CBK 4B1/2R	SR02	2.849		1.16	1/4	78.26
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	SVLNU1-6	MR04	1.193		0.48	1/4	13.44
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	HASR 1-3	MR05	0.525		0.21	1/4	2.615
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	LHCB 1-2	MR06	0.988		0.4	1/4	9.24
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	HFSR 1-4	MR07	0.575		0.23	1/4	3.145
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	CBK 4B2/4R	SC02a	3.598		1.47	1/4	124.8
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	RWK/E 4A2/40 + %HR	CR07	3.602		1.45	1/4	121.5
NRV 10s	GBCH 12s	SGP 10s N	HFSR1-4	MR08	14.461		1.16	1/2	38.57
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	CBK 4B1/3	SR03	0.575		0.23	1/4	3.145
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	RWK/E 4A1/40 + % HR	CR01	3.212		1.31	1/4	99.47
NRV 10s	GBCH 10s	SGP 10s N	CBK 4B4/14	SC03	4.014		0.4	3/8	11.92
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	VLNU 1-4	MR09	3.038		1.23	1/4	87.16
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	VLNU 1-4	MR09	3.038		1.23	1/4	87.16
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	VLNU 1-4	MR09	3.038		1.23	1/4	87.16
NRV 10s	GBCH 6s	SGP 10s N	VLNU 1-3	MR09	2.278		0.92	1/4	49.01

Sistema: Transcrítico

Condições de operação:
 Capacidade de refrigeração, LT: 31370 W
 Capacidade de refrigeração, MT: 1193 W
 Capacidade de refrigeração, AC: 0 W
 Capacidade de aquecimento: 62170 W
 Fluxo de massa na linha: 0.0035426 kg/s

Evaporação, LT:
 Temperatura: -35.0 °C
 Superaquecimento útil: 0 °C
 Superaquecimento adicional: 0 °C
 Eficiência, ínterna HR: 0.30
 Temperatura de descarga: 61.0 °C

Evaporação, MT:
 Temperatura: -2.0 °C
 Superaquecimento útil: 0 °C
 Superaquecimento adicional: 0 °C
 Temperatura de descarga: 13.0 °C

Gas refrigerado:
 Pressão ideal do gás coole
 Pressão: 105... Pa
 Temperatura da saída: 40.0 °C
 Condições do tanque:
 Pressão (k): 206... Pa
 Sub-resfriamento: 0 °C

Crítérios de seleção:
 Queda de pressão: 9999 %
 Queda de temperatura de setpoint: 0.1 °C
 Velocidade: 3.00 m/s

Seleção: GBCH 6s v2. Resíduos na linha de líquido.

Selecionado	Tipo	KG	Av	(m³/30)	DP [Pa]	DT_set [°C]	Velocidade, entrada [m/s]	P2/MWP [Pa]	Estado da válvula	Resultado
(X)	GBCH 6s v2	6	4.348E-05		13.44	0.0	0.48	9000000	Aberta	OK
()	GBCH 10s v2	10	0.0001794		1.07	0.0	0.12	9000000	Aberta	OK
()	GBCH 12s v2	12	0.0003578		0.2571	0.0	0.10	9000000	Aberta	OK
()	GBCH 18s v2	18	0.0003272		0.3074	0.0	0.05	9000000	Aberta	OK
()	GBCH 20s v2	20	0.0006637		0.2442	0.0	0.03	9000000	Aberta	OK

Curva de desempenho: Detalhes de desempenho | Seleção de número de código: GBCH 6s v2

Resíduos na linha de líquido
 Linha de líquido, MT (Sistema transcritical, R744, Válvula de bloqueio).

Gráfico: Perda de pressão [Pa] vs. Fluxo de massa [kg/s]. O ponto de operação está em aproximadamente 0.0035 kg/s e 13.44 Pa de perda de pressão.

Capacidade de refrigeração, LT: 31370 W | **Capacidade de refrigeração, MT:** 1193 W | **Capacidade de refrigeração, AC:** 0 W | **Capacidade de aquecimento:** 62166 W | **Fluxo de massa na linha:** 0.0035 kg/s

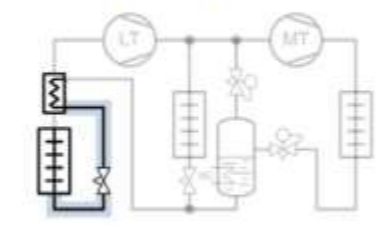
Linha de baixa temperatura (BT)

Linha de líquido - Válvula de retenção e de corte									
Válvula de retenção	Valvula de corte	Visor de líquido	Modelos	Identificação	Pot. Frigorífica	Velocidade recomendada (m/s)	Velocidade de entrada (m/s)	Dimensão da tubagem	Perda de carga (Pa)
NRV 10s	GBCH 10s v2	SGP 10s N	DD/E 7C2/5	CC02	5.194	1	0.48	3/8	17.32
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-3	IC03	0.731		0.27	1/4	4.321
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4	IC03	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC01	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC01	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-6 Doble c/portas	IC01	1.463		0.54	1/4	17.31
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-3 c/portas	IC01	0.731		0.27	1/4	4.321
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC01	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC01	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC01	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-6 Doble c/portas	IC01	1.463		0.54	1/4	17.31
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-3 c/portas	IC01	0.731		0.27	1/4	4.321
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC02	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC02	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-6 Doble c/portas	IC02	1.463		0.54	1/4	17.31
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-3 c/portas	IC02	0.731		0.27	1/4	4.321
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC02	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC02	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-6 Doble c/portas	IC02	1.463		0.54	1/4	17.31
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-3 c/portas	IC02	0.731		0.27	1/4	4.321
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC02	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-4 Doble c/portas	IC02	0.975		0.36	1/4	7.687
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-6 Doble c/portas	IC02	1.463		0.54	1/4	17.31
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	GAS5-3 c/portas	IC02	0.731		0.27	1/4	4.321
NRV 10s	GBCH 6s v2	SGP 10s N	DD/E 7C1/3	CC01	2.400		0.88	1/4	46.47
NRV 10s	GBCH 10s v2	SGP 10s N	Máquina de Gelo	MG01	5.500		0.5	3/8	19.21

Válvula de bloqueio 2 x + Novo

Sistema: Transcítico

Clique no diagrama para seleccionar a linha:
Linha selecionada: Linha de líquido, LT



Refrigerante: R744 (CO2)
Conexões: Tudo

Famílias de produtos:

- GBCH 45 v2
- GBCH v2**
- SVA angle
- SVA straight
- SVA SS angle
- SVA SS straight

Válvula de esfera GBC, para R744 (CO2), 75/90 bar

Condições de operação:

Capacidade: Capacidade de refrigeração, LT: 5500 W
Capacidade de refrigeração, MT: 121... W
Capacidade de refrigeração, AC: 0 W
Capacidade de aquecimento: 211100 W
Fluxo de massa na linha: 0.02336 kg/s

Evaporação, LT: Temperatura: -32.0 °C
Superaquecimento útil: 0 °C
Superaquecimento adicional: 0 °C
Eficiência, Interna HX: 0.30 -
 Temperatura de descarga: 35.9 °C

Evaporação, MT: Temperatura: -10.0 °C
Superaquecimento útil: 0 °C
Superaquecimento adicional: 0 °C
 Temperatura de descarga: 107.7 °C

Gás refrigerado:
 Pressão ideal do gás cooler
Pressão: 102... Pa
Temperatura da saída: 40.0 °C

Condições do tanque:
Pressão (a): 396... Pa
Sub-resfriamento: 0 °C

Critérios de seleção:
 Queda de pressão: 5000 Pa
 Queda de temperatura de saturação
 Velocidade: 1.00 m/s, 0.1 °C

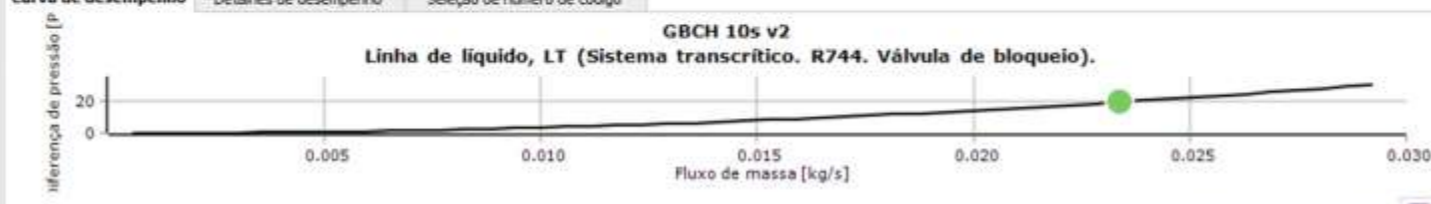
Linha de líquido, LT (Sistema transcítico, R744, Válvula de bloqueio).

Seleção: **GBCH 10s v2** Sem código selecionado

Selecionado	Tipo	NS	Av [m ³ /s]	DP [Pa]	DT_sat [°C]	Velocidade, entrada [m/s]	PS/MWP [Pa]	Estado da válvula	Resultado
<input type="radio"/>	GBCH 6s v2	6	4.948E-05	241.4	0.0	2.01	9000000	Aberta	✓
<input checked="" type="radio"/>	GBCH 10s v2	10	0.0001754	19.21	0.0	0.50	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 12s v2	12	0.0003578	4.618	0.0	0.40	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 16s v2	16	0.0003272	5.521	0.0	0.19	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 18s v2	18	0.0008637	0.7923	0.0	0.14	9000000	Aberta	✓

Curva de desempenho: Detalhes de desempenho Seleção de número de código

GBCH 10s v2
Linha de líquido, LT (Sistema transcítico, R744, Válvula de bloqueio).



Capacidade de refrigeração, LT: 5500 W Capacidade de refrigeração, MT: 121200 W Capacidade de refrigeração, AC: 0 W Capacidade de aquecimento: 211140 W Fluxo de massa na linha: 0.0

Dimensionamento da tubagem e válvulas de expansão eletrónicas – Linha de média temperatura (MT)

Dimensionamento de tubagem de cobre K65 - Refrigerados											
Comprimento da linha de líquido(m)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Temp. de Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diametro (m)	Diametro (polgadas)	Válvula Expansão Eletrónica	Perda de pressão (Pa)
1	Deriv 00	121.25		1	0.84	0.5441	0.00096	0.03493	1 3/8		161.8
6.3	Deriv 01	109.86		1	1.14	0.4930	0.00064	0.02858	1 1/8		2289
1.08	Deriv 01-01	6.76		1	0.63	0.0303	0.00007	0.00953	3/8		513.2
0.26	Deriv 01-01-01	1.19	-2	1	0.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-2	664305.896
3.76	Deriv 01-02	5.57		1	0.52	0.0250	0.00007	0.00953	3/8		1266
0.26	Deriv 01-02-01	1.19	-2	1	0.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-2	664305.896
3.71	Deriv 01-03	4.37		1	0.41	0.0196	0.00007	0.00953	3/8		810.8
0.26	Deriv 01-03-01	1.19	-2	1	0.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-2	664305.896
3.75	Deriv 01-04	3.18		1	0.3	0.0143	0.00007	0.00953	3/8		464.9
0.26	Deriv 01-04-01	1.19	-2	1	0.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-2	664305.896
3.73	Deriv 01-05	1.99		1	0.19	0.0089	0.00007	0.00953	3/8		201.7
0.26	Deriv 01-05-01	1.19	-2	1	0.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-2	664305.896
3.74	Deriv 01-06	0.80	-2	1	0.08	0.0036	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	664342.07
5.55	Deriv 02	103.11		1	1.07	0.4627	0.00064	0.02858	1 1/8		1793
0.63	Deriv 02-01	6.74	-6	1	0.64	0.0304	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-5	1005301
6.86	Deriv 03	96.36		1	1	0.4324	0.00064	0.02858	1 1/8		1959
2.68	Deriv 03-01	4.02	-6	1	0.38	0.0182	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	1005508.9
3.48	Deriv 04	92.34		1	0.96	0.4144	0.00064	0.02858	1 1/8		916
1.76	Deriv 04-01	5.50	2	1	0.53	0.0253	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-6	296304.1
7.24	Deriv 05	86.84		1	0.9	0.3897	0.00064	0.02858	1 1/8		1708
3.35	Deriv 05-01	3.42		1	0.32	0.0154	0.00007	0.00953	3/8		473.4
0.26	Deriv 05-02	2.51		1	0.24	0.0113	0.00007	0.00953	3/8		21.16
0.22	Deriv 05-02-01	0.92	-4	1	0.09	0.0041	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	837903.11
1.21	Deriv 05-03	1.59		1	0.15	0.0072	0.00007	0.00953	3/8		44.41
0.22	Deriv 05-03-01	0.64	-4	1	0.06	0.0029	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	837901.681
2.52	Deriv 05-04	0.96	-4	1	0.09	0.0043	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	837938.7
2.24	Deriv 05-05	0.92	-4	1	0.09	0.0041	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	837931.88
1.63	Deriv 06	83.42		1	0.86	0.3744	0.00064	0.02858	1 1/8		355.6
1.21	Deriv 06-01	5.50	2	1	0.53	0.0253	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-6	296115
9.39	Deriv 07	77.92		1	0.81	0.3497	0.00064	0.02858	1 1/8		1818
5.25	Deriv 07-01	7.33	-4	1	0.7	0.0332	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-5	840862
7	Deriv 08	70.59		1	1.22	0.3168	0.00039	0.02223	7/8		3897
1.06	Deriv 08-01	5.69	2	1	0.55	0.0262	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-6	296086.2
1.97	Deriv 09	64.90		1	1.12	0.2913	0.00039	0.02223	7/8		932.4
1.64	Deriv 09-01	7.34		1	0.69	0.0329	0.00007	0.00953	3/8		905.9
0.24	Deriv 09-01-01	2.85	2	1	0.27	0.0131	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	295725.52
2.22	Deriv 09-02	4.49	-8	1	0.42	0.0202	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	1165510.4
5.29	Deriv 10	57.57		1	0.99	0.2584	0.00039	0.02223	7/8		2018
2.12	Deriv 10-01	7.78		1	0.73	0.0349	0.00007	0.00953	3/8		1302
4.91	Deriv 10-02	4.81	-4	1	0.46	0.0218	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	839196
1.08	Deriv 10-01-01	2.98	2	1	0.29	0.0137	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	295824.3
4.59	Deriv 11	49.78		1	0.86	0.2234	0.00039	0.02223	7/8		1341
0.23	Deriv 11-01	5.69	2	1	0.55	0.0262	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-6	295783.78
6.06	Deriv 12	44.10		1	1.04	0.1979	0.00028	0.01905	3/4		3042
0.23	Deriv 12-01	6.02		1	0.57	0.0270	0.00007	0.00953	3/8		88.77
0.24	Deriv 12-01-01	2.42	-4	1	0.23	0.0110	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-3	837918.64
2.93	Deriv 12-02	3.60	2	1	0.35	0.0166	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-5	296172.3
5.13	Deriv 12-03	2.49	-4	1	0.24	0.0113	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-3	838319.8
4.21	Deriv 13	35.59		1	0.84	0.1597	0.00028	0.01905	3/4		1424
1.43	Deriv 13-01	6.13		1	0.58	0.0275	0.00007	0.00953	3/8		570.9
1.23	Deriv 13-01-01	2.85	2	1	0.27	0.0131	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	295830.8
3.98	Deriv 13-02	3.28		1	0.31	0.0147	0.00007	0.00953	3/8		521.4
0.34	Deriv 13-02-01	1.19	-2	1	0.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-2	664307.71
0.65	Deriv 13-03	2.09		1	0.2	0.0094	0.00007	0.00953	3/8		38.27
0.34	Deriv 13-03-01	0.53	-1	1	0.05	0.0024	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	574801.885
1.91	Deriv 13-04	1.56		1	0.15	0.0070	0.00007	0.00953	3/8		67.74
0.34	Deriv 13-04-01	0.99	-1.5	1	0.09	0.0045	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	619805.571
1.28	Deriv 13-05	0.58	-0.5	1	0.05	0.0026	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	529408.306
6.41	Deriv 14	29.46		1	0.99	0.1322	0.00020	0.01588	5/8		3648
1.65	Deriv 14-01	3.60	2	1	0.35	0.0166	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-5	295965.7
0.73	Deriv 14-02	4.18		1	0.39	0.0188	0.00007	0.00953	3/8		146.8
0.59	Deriv 14-02-01	3.60	-4	1	0.34	0.0163	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	837992.51
6.52	Deriv 14-03	0.58	-0.5	1	0.06	0.0026	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-1	529442.96
11.24	Deriv 15	21.69		1	1.14	0.0973	0.00013	0.0127	1/2		11100
2.5	Deriv 15-01	17.67		1	0.93	0.0793	0.00013	0.0127	1/2		1666
2.97	Deriv 15-01-01	14.46	2	1	0.78	0.0665	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-6	297137
10.98	Deriv 15-02	3.21	2	1	0.31	0.0148	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	297150
18.04	Deriv 15-03	4.01	-6	1	0.38	0.0181	0.00007	0.00953	3/8	AKVH 10-4	1008445

Comprimento da linha de líquido(m)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Temp. de Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diametro (m)	Diametro (polgadas)	Valvula Expansão Eletrônica	Perda de pressão (Pa)
36.28	Deriv 16	11.39			1	1.07	0.0511	0.0007	0.00953	3/8	47770
0.26	Deriv 16-01	3.04	-2		1	0.29	0.0138	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-4	664330.36
2.5	Deriv 17	8.35			1	0.78	0.0375	0.0007	0.00953	3/8	1747
0.26	Deriv 17-01	3.04	-2		1	0.29	0.0138	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-4	664330.36
2.5	Deriv 18	5.32			1	0.5	0.0239	0.0007	0.00953	3/8	775.1
0.26	Deriv 18-01	3.04	-2		1	0.29	0.0138	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-4	664330.36
3.83	Deriv 19	2.28	-2		1	0.22	0.0104	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-3	664570.2

Dimensionamento da tubagem e válvulas de expansão eletrônicas – Linha de baixa temperatura (LT)

Dimensionamento de tubagem cobre K65 - Congelados											
Comprimento da linha de líquido -Congelados	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Temp. Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diametro (m)	Diametro (polgadas)	Valvula Expansão Eletrônica	Perda de pressão (Pa)
1	DerivC 00	31.37			1	0.96	0.1331	0.0020	0.01588	5/8	561.1
43.55	DerivC 01	12.40			1	1.04	0.0517	0.0007	0.00953	3/8	53160
6.72	DerivC 01-01	5.19	-26		1	0.43	0.0211	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-3	2442639
3.73	DerivC 02	7.21			1	0.62	0.0306	0.0007	0.00953	3/8	1774
2.17	DerivC 02-01	0.73	-25		1	0.06	0.0031	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2390018.75
0.31	DerivC 02-02	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2390004.392
13.02	DerivC 02-03	5.50	-32		1	0.47	0.0234	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-3	2636822

Dimensionamento de tubagem de cobre K65 - Congelados											
Comprimento da linha de líquido -Congelados	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica Transportada	Temp. Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diametro (m)	Diametro (polgadas)	Valvula Expansão Eletrônica	Perda de pressão (Pa)
43.44	DerivC 03	18.97			1	0.91	0.0805	0.0013	0.0127	1/2	29140
2.5	DerivC 03-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284035.53
0.5	DerivC 03-02	3.17			1	0.27	0.0135	0.0007	0.00953	3/8	55
0.16	DerivC 03-02-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284002.274
3.8	DerivC 03-03	2.19			1	0.19	0.0093	0.0007	0.00953	3/8	218.9
0.16	DerivC 03-03-01	1.46	-25		1	0.13	0.0062	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284004.59
2.54	DerivC 03-04	0.73	-25		1	0.06	0.0031	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284022.01
1.51	DerivC 04	14.83			1	1.25	0.0529	0.0007	0.00953	3/8	2556
0.73	DerivC 04-01	1.46	-25		1	0.14	0.0062	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284020.94
0.73	DerivC 04-02	2.68			1	0.23	0.0114	0.0007	0.00953	3/8	59.81
0.16	DerivC 04-02-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284002.274
3.55	DerivC 04-03	1.71			1	0.15	0.0072	0.0007	0.00953	3/8	131.7
0.16	DerivC 04-03-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2390002.274
2.65	DerivC 04-03-02	0.73	-25		1	0.06	0.0031	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284022.97
2.53	DerivC 05	10.69			1	0.89	0.0353	0.0007	0.00953	3/8	2329
2.5	DerivC 05-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284035.53
0.5	DerivC 05-02	3.17			1	0.27	0.0135	0.0007	0.00953	3/8	55
0.16	DerivC 05-02-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284002.274
3.8	DerivC 05-03	2.19			1	0.19	0.0093	0.0007	0.00953	3/8	218.9
0.16	DerivC 05-03-01	1.46	-25		1	0.13	0.0062	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284004.59
2.54	DerivC 05-04	0.73	-25		1	0.06	0.0031	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284022.01
1.51	DerivC 06	6.54			1	0.54	0.0176	0.0007	0.00953	3/8	555.8
0.73	DerivC 06-01	1.46	-25		1	0.14	0.0062	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284020.94
0.73	DerivC 06-02	2.68			1	0.23	0.0114	0.0007	0.00953	3/8	59.81
0.16	DerivC 06-02-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284002.274
3.55	DerivC 06-03	1.71			1	0.15	0.0072	0.0007	0.00953	3/8	131.7
0.16	DerivC 06-03-01	0.98	-25		1	0.08	0.0042	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284002.274
2.65	DerivC 06-03-02	0.73	-25		1	0.06	0.0031	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-1	2284022.97
25.56	DerivC 07	2.40	-26		1	0.21	0.0102	0.0007	0.00953	3/8 AKVH 10-2	2338741

Percurso com maior perda de carga (Refrigerados)		Percurso mais proximo ao evaporador (Refrigerados)		Percurso com maior perda de carga (Congelados)		Percurso mais proximo ao evaporador (Congelados)	
Linha de com maior perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha com menor perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha de com maior perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha com menor perda de carga	Perda de carga (MPa)
Deriv 15-03	1.047	Deriv 01-01-01	0.667	DerivC 02-03	2.692	DerivC 01-01	2.496

Dados da linha de líquido			
Linha de Líquido	Pot. Frigorífica (kW)	Caudal (kg/s)	Caudal total kg/s
Refrigerados	109.86	0.493	0.67627
Refrigerados	11.39	0.05112	
Congelados	18.97	0.05165	
Congelados	12.40	0.0805	

Anexo X – Quadro resumo do dimensionamento das linhas de aspiração

Dimensionamento das válvulas de bloqueio e de retenção

Linha de média temperatura (MT)

Linha de aspiração - Válvula de retenção e corte								
Válvula de retenção	Válvula de corte	Modelos	Identificação	Pot. Frigorífica (kW)	Velocidade	Velocidade de entrada	Dimensão da tubagem	Perda de carga (Pa)
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-6	MR01	1.193	10	4.72	1/4	131.9
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-6	MR01	1.193		4.72	1/4	131.9
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-6	MR01	1.193		4.72	1/4	131.9
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-6	MR01	1.193		4.72	1/4	131.9
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-4	MR01	0.795		3.15	1/4	58.56
NRV 10s	GBCH 10s	CBN/E 4B2/7	CR09	6.740		7.5	3/8	373.9
NRV 10s	GBCH 10s	RWK/E 4A2/40	CR08	4.024		4.48	3/8	133.3
NRV 10s	GBCH 10s	CKB 4B2/6R	SR05b	5.501		4.84	3/8	200.8
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-4	MR02	0.915		3.84	1/4	81.92
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-4	MR02	0.915		3.84	1/4	81.92
NRV 10s	GBCH 6s	HFSR1-4	MR03	0.638		2.68	1/4	39.83
NRV 10s	GBCH 6s	HFSR1-6	MR03	0.956		4.01	3/8	89.42
NRV 10s	GBCH 10s	CKB 4B2/6R	SR05a	5.501		4.84	3/8	200.8
NRV 10s	GBCH 10s	MT 4C3/8	CR06	7.325		7.68	3/8	417.8
NRV 10s	GBCH 10s	CKB 4B2/6R	SC01	5.688		5.01	3/8	214.7
NRV 10s	GBCH 6s	CBK 4B1/2R	SR04	2.850		10.04	1/4	677.3
NRV 10s	GBCH 10s	22 ECT/E 30	CR05	4.487		5.3	3/8	175.3
NRV 10s	GBCH 6s	CBK 4B2/4R	SR01	2.976		10.49	1/4	738.6
NRV 10s	GBCH 10s	MT 4E1/5	CR04	4.806		5.04	3/8	179.8
NRV 10s	GBCH 10s	CKB 4B2/6R	SC01	5.688		5.01	3/8	214.7
NRV 10s	GBCH 6s	RWK/E 4A1/27	CR03	2.490		10.45	1/4	606.7
NRV 10s	GBCH 6s	CBK 4B2/4R	SC02b	3.598		12.68	1/4	1080
NRV 10s	GBCH 6s	RWK/E 4A1/27	CR02	2.417		10.14	1/4	571.7
NRV 10s	GBCH 6s	CBK 4B1/2R	SR02	2.849		10.04	1/4	676.8
NRV 10s	GBCH 6s	SVLNU1-6	MR04	1.193		4.72	1/4	131.9
NRV 10s	GBCH 6s	HASR 1-3	MR05	0.525		2.02	1/4	24.86
NRV 10s	GBCH 6s	LHCB 1-2	MR06	0.9875		3.85	1/4	89.16
NRV 10s	GBCH 6s	HFSR 1-4	MR07	0.575		2.18	1/4	29.43
NRV 10s	GBCH 6s	CBK 4B2/4R	SC02a	3.598		12.68	1/4	1080
NRV 10s	GBCH 6s	RWK/E 4A2/40 + %HR	CR07	3.602		15.11	1/4	1270
NRV 10s	GBCH 6s	HFSR1-4	MR08	0.575		2.18	1/4	29.43
NRV 10s	GBCH 6s	CBK 4B1/3	SR03	3.212		11.32	1/4	860.4
NRV 10s	GBCH 10s	RWK/E 4A1/40 + % HR	CR01	4.014		4.47	3/8	132.6
NRV 10s	GBCH 12s	CBK 4B4/14	SC03	14.461		10.06	1/2	333.5
NRV 10s	GBCH 6s	VLNU 1-4	MR09	3.0375		12.02	1/4	855.2
NRV 10s	GBCH 6s	VLNU 1-4	MR09	3.0375		12.02	1/4	855.2
NRV 10s	GBCH 6s	VLNU 1-4	MR09	3.0375		12.02	1/4	855.2
NRV 10s	GBCH 6s	VLNU 1-3	MR09	2.278125		9.01	1/4	481

Válvula de bloqueio 2 X + Novo

Sistema: Transcrítico

Condições de operação:
 Capacidade de refrigeração, LT: 31370 W
 Capacidade de refrigeração, MT: 2278 W
 Capacidade de refrigeração, AC: 0 W
 Capacidade de aquecimento: 63832 W
 Fluxo de massa na linha: 0.01036 kg/s

Evaporação, LT: Temperatura: -35.0 °C
 Superaquecimento útil: 0 °C
 Superaquecimento adicional: 0 °C
 Eficácia, Sistema HT: 0.30 -

Evaporação, MT: Temperatura: -2.0 °C
 Superaquecimento útil: 0 °C
 Superaquecimento adicional: 0 °C

Gás refrigerado:
 Pressão ideal do gás cooler
 Pressão: 102... Pa
 Temperatura da saída: 40.0 °C
 Condições do tanque:
 Pressão (a): 396... Pa
 Sub-resfriamento: 0 °C

Critérios de seleção:
 Queda de pressão: 9000 Pa
 Queda de temperatura de saturação: 0.1 °C
 Velocidade: 10.00 m/s

Refrigerante: R744 (CO2)
 Conexões: Tubo

Famílias de produtos:
 GBC 45 v2
 GBCH v2
 SVA angle
 SVA straight
 SVA SS angle
 SVA SS straight

Válvula de esfera GBC, para R744 (CO2), 75/90 bar

Seleção: GBCH 6s v2 Sem código selecionado

Selecionado	Tipo	NS	Av [m ³ /h]	DP [Pa]	DT_sat [°C]	Velocidade, entrada [m/s]	PS/MWP [Pa]	Estado da válvula	Resultado
<input checked="" type="radio"/>	GBCH 6s v2	6	4.948E-05	481	0.0	9.01	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 10s v2	30	0.0001754	38.27	0.0	2.25	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 12s v2	12	0.0002578	9.199	0.0	1.78	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 16s v2	35	0.0003272	11	0.0	0.85	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 18s v2	38	0.0008637	1.578	0.0	0.64	9000000	Aberta	✓

Curva de desempenho: Detalhes de desempenho Seleção de número de código

GBCH 6s v2
 Linha de sucção, MT (Sistema transcrítico, R744, Válvula de bloqueio).

Referência de pressão [Pa] vs Fluxo de massa [kg/s]

Capacidade de refrigeração, LT: 31370 W Capacidade de refrigeração, MT: 2278 W Capacidade de refrigeração, AC: 0 W Capacidade de aquecimento: 63832 W Fluxo de massa na linha: 0.0

Linha de baixa temperatura (BT)

Linha de líquido - Válvula de retenção e de corte								
Válvula de retenção	Válvula de corte	Modelos	Identificação	Pot. Frigorífica	Velocidade (m/s)	Velocidade de entrada (m/s)	Dimensão da tubagem	Perda de carga (Pa)
NRV 10s	GBCH 12s	DD/E 7C2/5	CC02	5.194	10	11.04	3/8	282.1
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-3	IC03	0.731		6.01	1/4	96.52
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-4	IC03	0.975		8.02	1/4	171.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-4 Doble c/portas	IC01	0.975		8.02	1/4	171.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-4 Doble c/portas	IC01	0.975		8.02	1/4	171.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-6 Doble c/portas	IC01	1.463		12.03	1/4	386.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-3 c/portas	IC01	0.731		6.01	1/4	96.52
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-4 Doble c/portas	IC01	0.975		8.02	1/4	171.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-6 Doble c/portas	IC01	1.463		12.03	1/4	386.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-3 c/portas	IC01	0.731		6.01	1/4	96.52
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-4 Doble c/portas	IC02	0.975		8.02	1/4	171.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-6 Doble c/portas	IC02	1.463		12.03	1/4	386.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-3 c/portas	IC02	0.731		6.01	1/4	96.52
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-4 Doble c/portas	IC02	0.975		8.02	1/4	171.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-6 Doble c/portas	IC02	1.463		12.03	1/4	386.7
NRV 10s	GBCH 6s	GASS-3 c/portas	IC02	0.731		6.01	1/4	96.52
NRV 10s	GBCH 10s	DD/E 7C1/3	CC01	2.400		5.10	3/8	85.55
NRV 10s	GBCH 12s	Máquina de Gelo	MG01	5.500		11.36	1/2	132.3

Válvula de bloqueio 2 X + Novo

Sistema: Transcrítico

Condições de operação:
 Capacidade de refrigeração, LT: 5500 W
 Capacidade de refrigeração, MT: 12100 W
 Capacidade de refrigeração, AC: 0 W
 Capacidade de aquecimento: 21100 W
 Fluxo de massa na linha: 0.02358 kg/s

Evaporação, LT: Temperatura: -30.0 °C
 Superaquecimento útil: 0 °C
 Superaquecimento adicional: 0 °C
 Eficácia, Sistema HT: 0.30 -

Evaporação, MT: Temperatura: -30.0 °C
 Superaquecimento útil: 0 °C
 Superaquecimento adicional: 0 °C

Gás refrigerado:
 Pressão ideal do gás cooler
 Pressão: 102... Pa
 Temperatura da saída: 40.0 °C
 Condições do tanque:
 Pressão (a): 386... Pa
 Sub-resfriamento: 0 °C

Critérios de seleção:
 Queda de pressão: 9000 Pa
 Queda de temperatura de saturação: 0.1 °C
 Velocidade: 30.00 m/s

Refrigerante: R744 (CO2)
 Conexões: Tubo

Famílias de produtos:
 GBC 45 v2
 GBCH v2
 SVA angle
 SVA straight
 SVA SS angle
 SVA SS straight

Válvula de esfera GBC, para R744 (CO2), 75/90 bar

Seleção: GBCH 12s v2 Sem código selecionado

Selecionado	Tipo	NS	Av [m ³ /h]	DP [Pa]	DT_sat [°C]	Velocidade, entrada [m/s]	PS/MWP [Pa]	Estado da válvula	Resultado
<input type="radio"/>	GBC 45 v2	6	4.948E-05	6955	0.2	57.56	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH v2	10	0.0001754	530.5	0.0	14.38	9000000	Aberta	✓
<input checked="" type="radio"/>	GBCH 12s v2	12	0.0002578	132.3	0.0	11.36	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 16s v2	35	0.0003272	138.2	0.0	5.44	9000000	Aberta	✓
<input type="radio"/>	GBCH 18s v2	38	0.0008637	22.7	0.0	4.09	9000000	Aberta	✓

Curva de desempenho: Detalhes de desempenho Seleção de número de código

GBCH 12s v2
 Linha de sucção, LT (Sistema transcrítico, R744, Válvula de bloqueio).

Referência de pressão [Pa] vs Fluxo de massa [kg/s]

Capacidade de refrigeração, LT: 5500 W Capacidade de refrigeração, MT: 12100 W Capacidade de refrigeração, AC: 0 W Capacidade de aquecimento: 21100 W Fluxo de massa na linha: 0.0

Dimensionamento da tubagem – Linha de média temperatura (MT)

Dimensionamento de tubagem - aspiração - Refrigerados										
Comprimento da linha de Descarga (m)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Temp. Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diâmetro (m)	Diâmetro (polgadas)	Perda de carga (Pa)
1	Deriv 00	121.25		10	10.58	0.5441	0.00096	0.03493	1 3/8	1576
6.3	Deriv 01	109.86		10	8.29	0.4930	0.00096	0.03493	1 3/8	8240
1.08	Deriv 01-01	6.76		10	8.01	0.0303	0.00007	0.00953	3/8	4761
0.26	Deriv 01-01-01	1.19	-2.0	10	1.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	37.61
3.76	Deriv 01-02	5.57		10	6.59	0.0250	0.00007	0.00953	3/8	11240
0.26	Deriv 01-02-01	1.19	-2.0	10	1.18	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	39.64
3.71	Deriv 01-03	4.37		10	5.18	0.0196	0.00007	0.00953	3/8	7233
0.26	Deriv 01-03-01	1.19	-2.0	10	1.18	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	39.64
3.75	Deriv 01-04	3.18		10	3.77	0.0143	0.00007	0.00953	3/8	4044
0.26	Deriv 01-04-01	1.19	-2.0	10	1.18	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	39.64
3.73	Deriv 01-05	1.99		10	2.36	0.0089	0.00007	0.00953	3/8	1695
0.26	Deriv 01-05-01	1.19	-2.0	10	1.18	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	39.64
3.74	Deriv 01-06	0.80		10	0.74	0.0036	0.00007	0.00953	3/8	260.8
5.55	Deriv 02	103.11		10	9	0.4627	0.00096	0.03493	1 3/8	6431
0.63	Deriv 02-01	6.74	-6.0	10	7.09	0.0304	0.00007	0.00953	3/8	2470
6.86	Deriv 03	96.36		10	8.41	0.4325	0.00096	0.03493	1 3/8	6993
2.68	Deriv 03-01	4.02	-6.0	10	4.23	0.0149	0.00007	0.00953	3/8	4001
3.48	Deriv 04	92.34		10	8.41	0.4144	0.00096	0.03493	1 3/8	3269
1.76	Deriv 04-01	5.50	2.0	10	4.58	0.0253	0.00007	0.00953	3/8	3815
7.24	Deriv 05	86.84		10	11.35	0.3897	0.00064	0.02858	1 1/8	16630
3.35	Deriv 05-01	3.42		10	4.06	0.0154	0.00007	0.00953	3/8	4142
0.26	Deriv 05-02	2.51		10	2.97	0.0113	0.00007	0.00953	3/8	181
0.22	Deriv 05-02-01	0.92	-4.0	10	0.91	0.0041	0.00007	0.00953	3/8	20.8
1.21	Deriv 05-03	1.59		10	1.89	0.0072	0.00007	0.00953	3/8	367.6
0.22	Deriv 05-03-01	0.64	-4.0	10	0.63	0.0029	0.00007	0.00953	3/8	10.92
2.52	Deriv 05-04	0.96	-4.0	10	0.95	0.0043	0.00007	0.00953	3/8	257.8
2.24	Deriv 05-05	0.92	-4.0	10	0.91	0.0041	0.00007	0.00953	3/8	211.8
1.63	Deriv 06	83.42		10	10.9	0.3743	0.00064	0.02858	1 1/8	3458
1.21	Deriv 06-01	5.50	2.0	10	4.58	0.0253	0.00007	0.00953	3/8	2622
9.39	Deriv 07	77.92		10	10.19	0.3497	0.00064	0.02858	1 1/8	17540
5.25	Deriv 07-01	7.33	-4.0	10	7.26	0.0332	0.00007	0.00953	3/8	22890
7	Deriv 08	70.59		10	9.23	0.3168	0.00064	0.02858	1 1/8	10820
1.06	Deriv 08-01	5.69	2.0	10	4.73	0.0262	0.00007	0.00953	3/8	2446
1.97	Deriv 09	64.90		10	8.48	0.2913	0.00064	0.02858	1 1/8	2592
1.64	Deriv 09-01	7.34		10	8.7	0.0329	0.00007	0.00953	3/8	8450
0.24	Deriv 09-01-01	2.85	2.0	10	2.37	0.0131	0.00007	0.00953	3/8	153.3
2.22	Deriv 09-02	4.49	-8.0	10	5.01	0.0202	0.00007	0.00953	3/8	4290
5.29	Deriv 10	57.57		10	7.53	0.2583	0.00064	0.02858	1 1/8	5550
2.12	Deriv 10-01	7.78		10	9.22	0.0349	0.00007	0.00953	3/8	12220
4.91	Deriv 10-02	4.81	-4.0	10	4.76	0.0218	0.00007	0.00953	3/8	9676
1.08	Deriv 10-01-01	2.98	2.0	10	2.48	0.0137	0.00007	0.00953	3/8	747
4.59	Deriv 11	49.78		10	10.81	0.2234	0.00039	0.02223	7/8	12950
0.23	Deriv 11-01	5.69	2.0	10	4.73	0.0262	0.00007	0.00953	3/8	530.6
6.06	Deriv 12	44.10		10	9.57	0.1979	0.00039	0.02223	7/8	13580
0.23	Deriv 12-01	6.02		10	7.13	0.0270	0.00007	0.00953	3/8	814
0.24	Deriv 12-01-01	2.42	-4.0	10	2.4	0.0110	0.00007	0.00953	3/8	132.3
2.93	Deriv 12-02	3.60	2.0	10	2.99	0.0165	0.00007	0.00953	3/8	2879
5.13	Deriv 12-03	2.49	-4.0	10	2.47	0.0113	0.00007	0.00953	3/8	2987
4.21	Deriv 13	35.59		10	10.56	0.1597	0.00028	0.01905	3/4	13690
1.43	Deriv 13-01	6.13		10	7.26	0.0275	0.00007	0.00953	3/8	5245
1.23	Deriv 13-01-01	2.85	2.0	10	2.37	0.0131	0.00007	0.00953	3/8	785.1
3.98	Deriv 13-02	3.28		10	3.89	0.0147	0.00007	0.00953	3/8	4545
0.34	Deriv 13-02-01	1.19	-2.0	10	1.11	0.0054	0.00007	0.00953	3/8	49.18
0.65	Deriv 13-03	2.09		10	2.48	0.0094	0.00007	0.00953	3/8	323.1
0.34	Deriv 13-03-01	0.53	-1.0	10	0.48	0.0024	0.00007	0.00953	3/8	11.03
1.91	Deriv 13-04	1.56		10	1.85	0.0070	0.00007	0.00953	3/8	559.9
0.34	Deriv 13-04-01	0.99	-1.5	10	0.91	0.0045	0.00007	0.00953	3/8	34.57
1.28	Deriv 13-05	0.58	-0.5	10	0.51	0.0026	0.00007	0.00953	3/8	48.19
6.41	Deriv 14	29.46		10	8.74	0.1322	0.00028	0.01905	3/4	14560
1.65	Deriv 14-01	3.60	2.0	10	2.99	0.0165	0.00007	0.00953	3/8	1621
0.73	Deriv 14-02	4.18		10	4.95	0.0188	0.00007	0.00953	3/8	1305
0.59	Deriv 14-02-01	3.60	-4.0	10	3.57	0.0163	0.00007	0.00953	3/8	678.8
6.52	Deriv 14-03	0.58	-0.5	10	0.51	0.0026	0.00007	0.00953	3/8	245.5
11.24	Deriv 15	21.69		10	9.17	0.0973	0.00020	0.01588	5/8	34670
2.5	Deriv 15-01	17.67		10	11.72	0.0793	0.00013	0.0127	1/2	16060
2.97	Deriv 15-01-01	14.46	2.0	10	12.04	0.0539	0.00007	0.00953	3/8	40500
10.98	Deriv 15-02	3.21	2.0	10	2.67	0.0148	0.00007	0.00953	3/8	8753
18.04	Deriv 15-03	4.01	-6.0	10	4.22	0.0181	0.00007	0.00953	3/8	26910

Comprimento da linha de Descarga (m)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Temp. Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diâmetro (m)	Diametro (polgadas)	Perda de carga (Pa)
36.28	Deriv 16	11.39		10	7.56	0.0511	0.00013	0.0127	1/2	103100
0.26	Deriv 16-01	3.04	-2.0	10	2.84	0.0138	0.00007	0.00953	3/8	207
2.5	Deriv 17	8.35		10	9.9	0.0375	0.00007	0.00953	3/8	16490
0.26	Deriv 17-01	3.04	-2.0	10	2.84	0.0138	0.00007	0.00953	3/8	207
2.5	Deriv 18	5.32		10	6.3	0.0239	0.00007	0.00953	3/8	7021
0.26	Deriv 18-01	3.04	-2.0	10	2.84	0.0138	0.00007	0.00953	3/8	207
3.83	Deriv 19	2.28	-2.0	10	2.13	0.0104	0.00007	0.00953	3/8	1796

Dimensionamento da tubagem – Linha de baixa temperatura (LT)

Dimensionamento de tubagem - Congelados										
Comprimento da linha de Descarga (m)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Temp. Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diâmetro (m)	Diametro (polgadas)	Perda de Carga (Pa)
1	DerivC 00	31.37		10	9.51	0.1331	0.00064	0.02858	1 1/8	732.5
43.55	DerivC 01	12.40		10	8.53	0.0526	0.00028	0.01905	3/4	43280
6.72	DerivC 01-01	5.19	-26	10	10.43	0.0221	0.00007	0.00953	3/8	29290
3.73	DerivC 02	7.21		10	11.09	0.0306	0.00013	0.0127	1/2	9645
0.31	DerivC 02-01	0.73	-25	10	1.42	0.0031	0.00007	0.00953	3/8	36.02
2.17	DerivC 02-02	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	422.4
13.02	DerivC 02-03	5.50	-32	10	7.6	0.0234	0.00013	0.0127	1/2	18420

Comprimento da linha de Descarga (m)	Ponto de Derivação	Potência Frigorífica (kW)	Temp. Evap. (°C)	Velocidade de descarga (m/s)	Velocidade real (m/s)	Caudal (kg/s)	Area da Secção (m²)	Diâmetro (m)	Diametro (polgadas)	Perda de Carga (Pa)
43.44	DerivC 03	18.97		10	9.55	0.0805	0.00039	0.02223	7/8	44210
2.5	DerivC 03-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	486.6
0.5	DerivC 03-02	3.17		10	8.71	0.0135	0.00007	0.00953	3/8	1169
0.16	DerivC 03-02-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	31.14
3.8	DerivC 03-03	2.19		10	6.03	0.0093	0.00007	0.00953	3/8	4519
0.16	DerivC 03-03-01	1.46	-25	10	2.84	0.0062	0.00007	0.00953	3/8	64.82
2.54	DerivC 03-04	0.73	-25	10	1.42	0.0031	0.00007	0.00953	3/8	295
1.51	DerivC 04	14.83		10	10.2	0.0629	0.00028	0.01905	3/4	2057
0.73	DerivC 04-01	1.46	-25	10	2.84	0.0062	0.00007	0.00953	3/8	295.7
0.73	DerivC 04-02	2.68		10	7.37	0.0114	0.00007	0.00953	3/8	1253
0.16	DerivC 04-02-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	31.14
3.55	DerivC 04-03	1.71		10	4.69	0.0072	0.00007	0.00953	3/8	2664
0.16	DerivC 04-03-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	31.14
2.65	DerivC 04-03-02	0.73	-25	10	1.42	0.0031	0.00007	0.00953	3/8	307.7
2.53	DerivC 05	10.69		10	10.48	0.0454	0.00020	0.01588	5/8	4482
2.5	DerivC 05-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	486.6
0.5	DerivC 05-02	3.17		10	8.71	0.0135	0.00007	0.00953	3/8	1169
0.16	DerivC 05-02-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	31.14
3.8	DerivC 05-03	2.19		10	6.03	0.0094	0.00007	0.00953	3/8	4519
0.16	DerivC 05-03-01	1.46	-25	10	2.84	0.0062	0.00007	0.00953	3/8	64.82
2.54	DerivC 05-04	0.73	-25	10	1.42	0.0031	0.00007	0.00953	3/8	295
1.51	DerivC 06	6.54		10	10.07	0.0278	0.00013	0.0127	1/2	3255
0.73	DerivC 06-01	1.46	-25	10	2.84	0.0062	0.00007	0.00953	3/8	295.7
0.73	DerivC 06-02	2.68		10	7.37	0.0114	0.00007	0.00953	3/8	1253
0.16	DerivC 06-02-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	31.14
3.55	DerivC 06-03	1.71		10	4.69	0.0073	0.00007	0.00953	3/8	2664
0.16	DerivC 06-03-01	0.98	-25	10	1.89	0.0042	0.00007	0.00953	3/8	31.14
2.65	DerivC 06-03-02	0.73	-25	10	1.42	0.0031	0.00007	0.00953	3/8	307.7
25.56	DerivC 07	2.40	-26	10	4.82	0.0102	0.00007	0.00953	3/8	26610

Percurso com maior perda de carga (Refrigerados)		Percurso mais proximo ao evaporador (Refrigerados)		Percurso com maior perda de carga (Congelados)		Percurso mais proximo ao evaporador (Congelados)	
Linha de com maior perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha com menor perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha de com maior perda de carga	Perda de carga (MPa)	Linha com menor perda de carga	Perda de carga (MPa)
Deriv 15-01-01	0.229	Deriv 01-01-01	0.015	DerivC 02-03	0.072	DerivC 01-01	0.073

Linha de Aspiração			
Linha de Aspiração	Pot. Frigorífica (kW)	Caudal (kg/s)	Caudal total (kg/s)
Refrigerados	109.86	0.493	0.67726
Refrigerados	11.39	0.05112	
Congelados	12.40	0.05262	
Congelados	18.97	0.08052	

Anexo Z - Dimensionamento da linha de líquido MT com maior perda de carga e características técnicas dos acessórios utilizados

Relatórios de selecção

Derivação 00

Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262600 W	Fluxo de massa na linha:	0.5441 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de selecção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.00 m</i>		

Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1 3/8

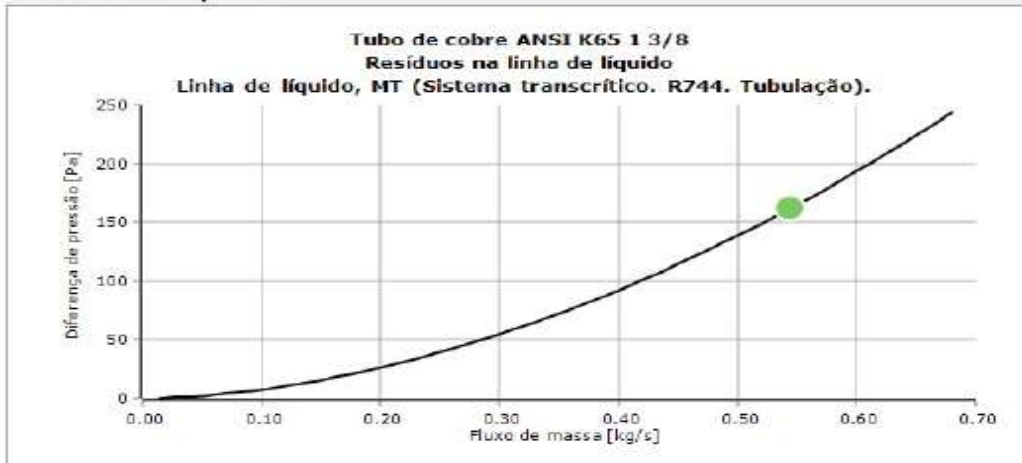
Tipo	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8	ANSI K65 2 1/8
NS	22.23	28.58	34.93	41.28	53.98
DP [Pa]	1497	432.7	161.8	71.64	17.15
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.015	0.004	0.002	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	2.09	1.26	0.84	0.60	0.33

Coolselector2



Velocidade, saída [m/s]	2.09	1.26	0.84	0.60	0.33
-------------------------	------	------	------	------	------

Curva de desempenho



Derivação 01

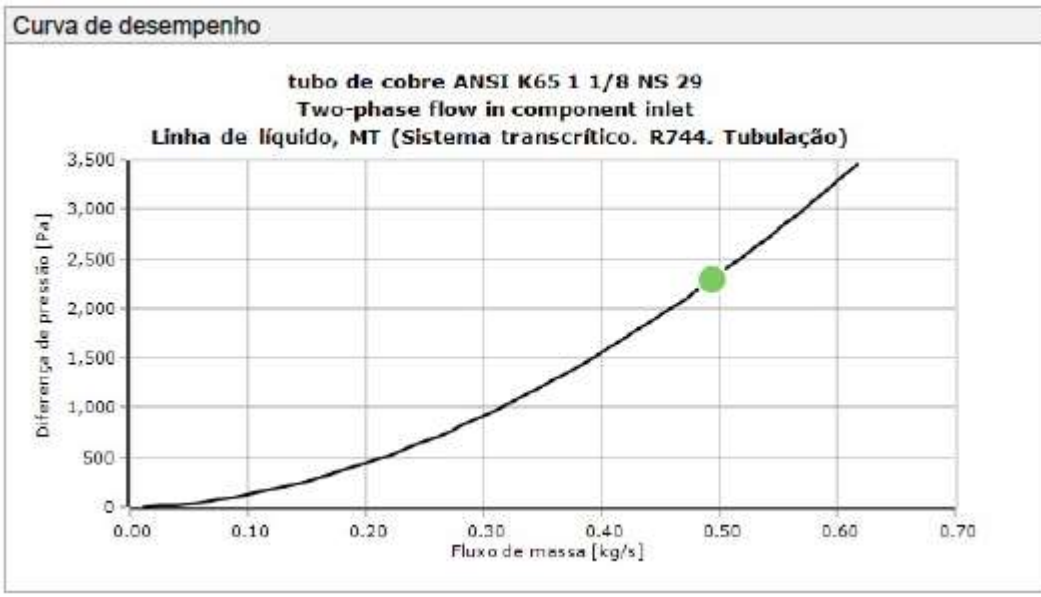


Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	109900 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	114.1 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	243700 W	Fluxo de massa na linha:	0.493 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 6.30 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1 1/8 NS 29

Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	28.58	34.93	41.28
DP [Pa]	17390	7979	2289	854.1	377.9
DT_sat [°C]	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.027	0.012	0.004	0.001	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.58	1.89	1.14	0.76	0.54
Velocidade, saída [m/s]	2.62	1.90	1.14	0.76	0.54



Derivação 02

Coolselector2



Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	103100 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	114.5 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	232600 W	Fluxo de massa na linha:	0.4627 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Critérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 5.55 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1 1/8 NS 29

Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	28.58	34.93	41.28
DP [Pa]	13540	6232	1793	669.6	296.6
DT_sat [°C]	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.024	0.011	0.003	0.001	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.42	1.77	1.07	0.71	0.51
Velocidade, saída [m/s]	2.45	1.78	1.07	0.71	0.51

Curva de desempenho



Derivação 03

Coolselector2

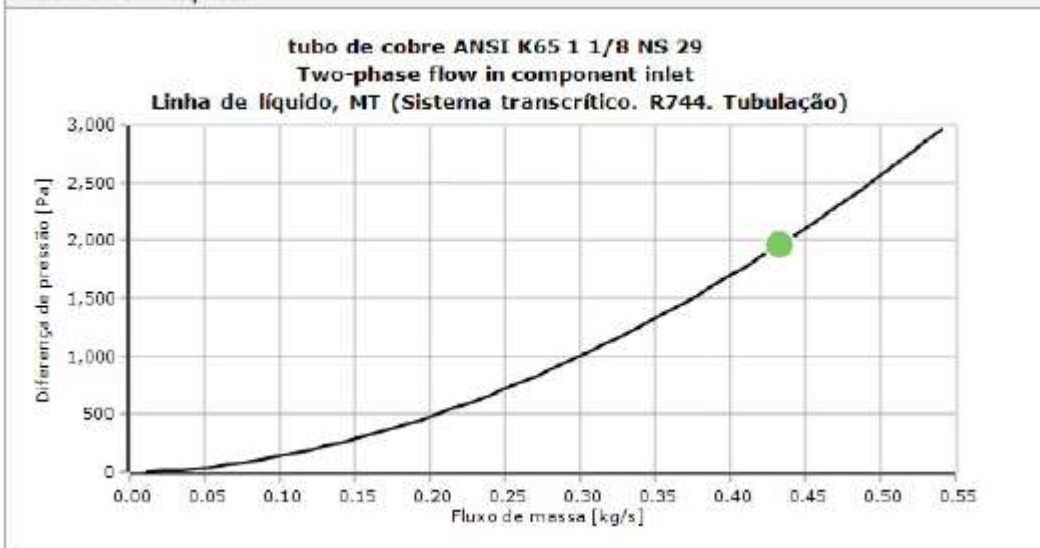


Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	96360 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	115.0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	221400 W	Fluxo de massa na linha:	0.4324 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crterios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 6.86 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1 1/8 NS 29

Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	28.58	34.93	41.28
DP [Pa]	14800	6806	1959	732.1	324.3
DT_sat [°C]	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.021	0.010	0.003	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	2.27	1.66	1.00	0.67	0.48
Velocidade, saída [m/s]	2.29	1.67	1.00	0.67	0.48

Curva de desempenho



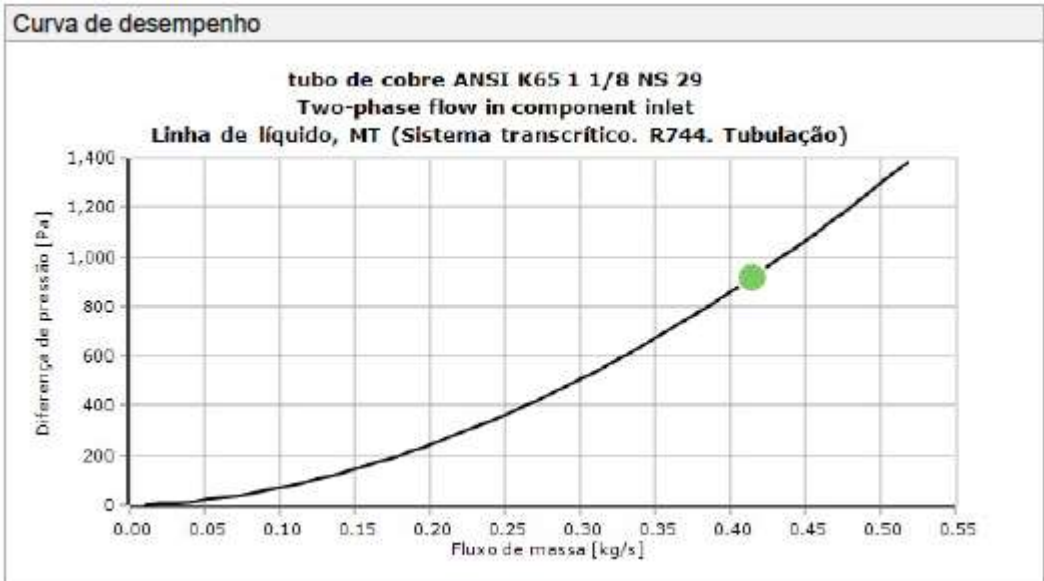
Derivação 04

Coolselector2



Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	92340 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	115.2 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	214700 W	Fluxo de massa na linha:	0.4144 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crêrios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 3.48 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1 1/8 NS 29					
Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	28.58	34.93	41.28
DP [Pa]	6846	3167	916	343.1	152.1
DT_sat [°C]	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.019	0.009	0.003	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	2.17	1.59	0.96	0.64	0.46
Velocidade, saída [m/s]	2.18	1.59	0.96	0.64	0.46



Derivação 05



Coolselector2

Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	86840 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	115.7 °C
Capacidade de aquecimento:	205600 W	Fluxo de massa na linha:	0.3897 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	Sistema transcrito. Linha de líquido, MT		
Crítérios de seleção:	Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 7.24 m		

Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1 1/8

Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	28.58	34.93	41.28
DP [Pa]	12850	5921	1708	639.2	283.4
DT_sat [°C]	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.018	0.008	0.002	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	2.04	1.49	0.90	0.60	0.43
Velocidade, saída [m/s]	2.06	1.50	0.90	0.60	0.43

Curva de desempenho



Derivação 06



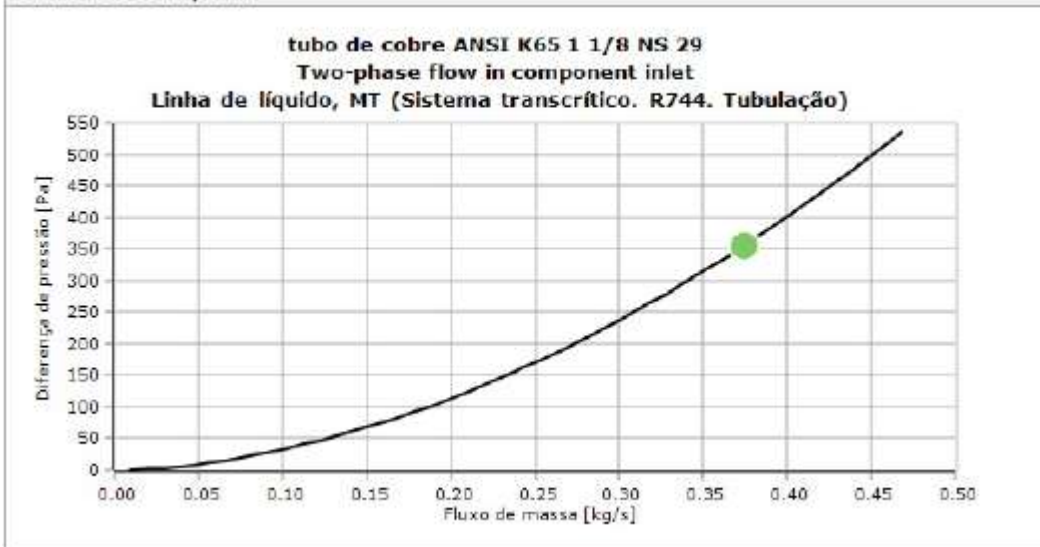
Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	83420 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	116.0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	200000 W	Fluxo de massa na linha:	0.3744 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.63 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1 1/8 NS 29

Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	28.58	34.93	41.28
DP [Pa]	2633	1224	355.6	133.4	59.24
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.016	0.007	0.002	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	1.96	1.44	0.86	0.58	0.41
Velocidade, saída [m/s]	1.97	1.44	0.86	0.58	0.41

Curva de desempenho



Derivação 07

Coolselector2

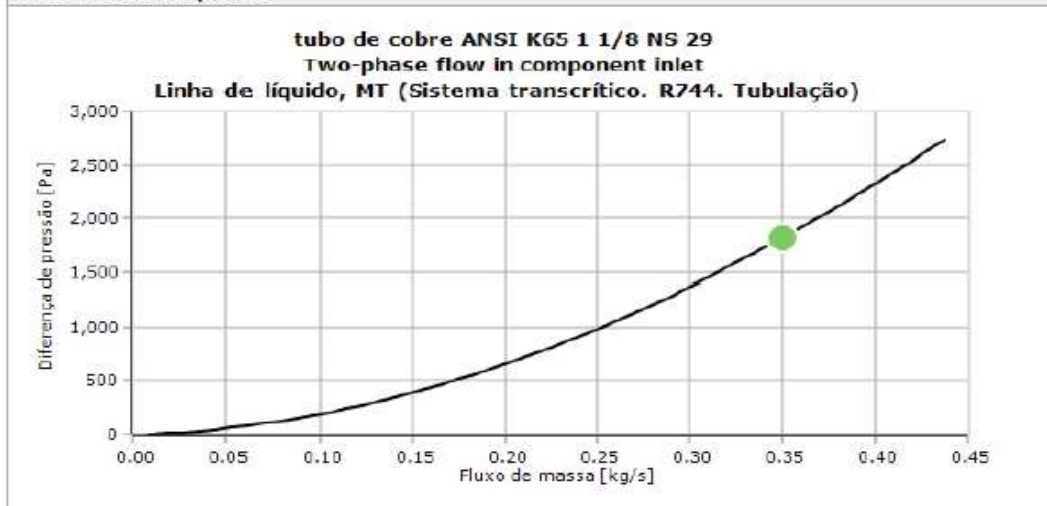


Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	77920 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	116.5 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	190900 W	Fluxo de massa na linha:	0.3497 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 9.39 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1 1/8 NS 29

Tipo	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8	ANSI K65 1 5/8
NS	19.05	22.23	28.58	34.93	41.28
DP [Pa]	13680	6298	1818	681	302.1
DT_sat [°C]	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.014	0.007	0.002	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	1.83	1.34	0.81	0.54	0.39
Velocidade, saída [m/s]	1.85	1.35	0.81	0.54	0.39

Curva de desempenho



Derivação 08



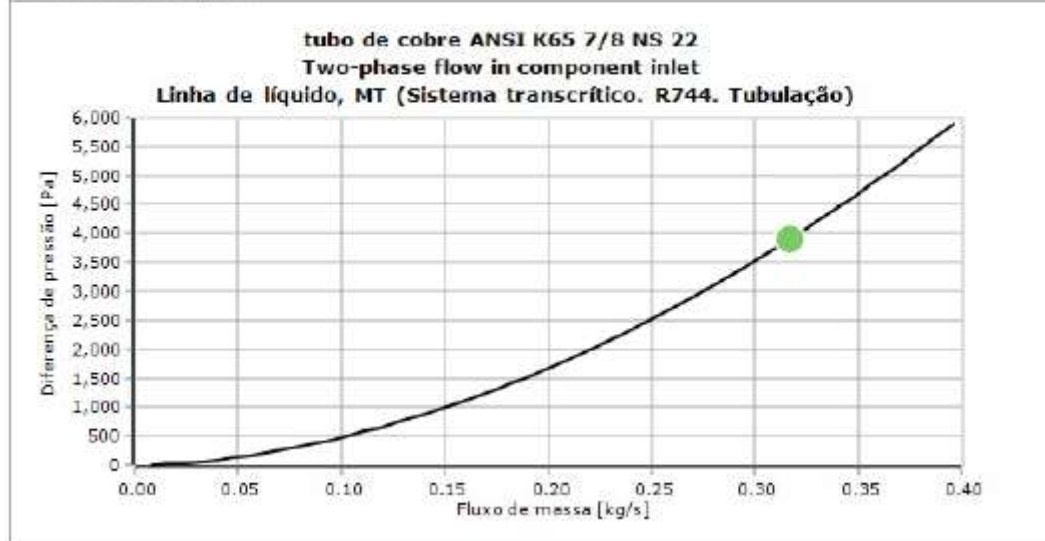
Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	70590 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	117.2 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	178800 W	Fluxo de massa na linha:	0.3168 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Critérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 7.00 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 7/8 NS 22

Tipo	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8
NS	15.88	19.05	22.23	28.58	34.93
DP [Pa]	20360	8414	3897	1130	424
DT_sat [°C]	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.029	0.012	0.005	0.002	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.37	1.66	1.22	0.73	0.49
Velocidade, saída [m/s]	2.40	1.67	1.22	0.73	0.49

Curva de desempenho

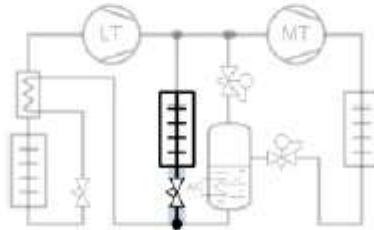


Derivação 09



Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	64900 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	117.9 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	169300 W	Fluxo de massa na linha:	0.2913 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.97 m</i>		



Seleção: tubo de cobre ANSI K65 7/8 NS 22

Tipo	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8
NS	15.88	19.05	22.23	28.58	34.93
DP [Pa]	4780	2000	932.4	271.9	102.3
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.024	0.010	0.005	0.001	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.17	1.53	1.12	0.67	0.45
Velocidade, saída [m/s]	2.18	1.53	1.12	0.67	0.45

Curva de desempenho



Derivação 10



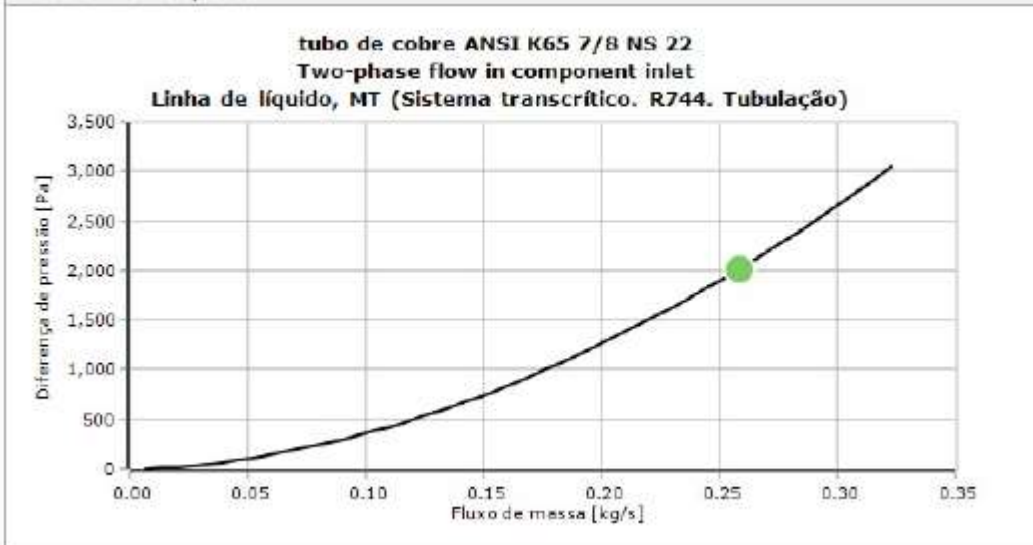
Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	57570 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	118.9 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	157200 W	Fluxo de massa na linha:	0.2584 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 5.29 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 7/8 NS 22

Tipo	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8
NS	15.88	19.05	22.23	28.58	34.93
DP [Pa]	10410	4337	2018	588.2	221.4
DT_sat [°C]	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.019	0.008	0.004	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	1.93	1.35	0.99	0.60	0.40
Velocidade, saída [m/s]	1.94	1.36	0.99	0.60	0.40

Curva de desempenho



Derivação 11



Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	49780 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	120.1 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	144300 W	Fluxo de massa na linha:	0.2234 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 4.59 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 7/8 NS 22

Tipo	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8
NS	15.88	19.05	22.23	28.58	34.93
DP [Pa]	6865	2873	1341	391.8	147.7
DT_sat [°C]	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.015	0.006	0.003	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	1.67	1.17	0.86	0.52	0.34
Velocidade, saída [m/s]	1.68	1.17	0.86	0.52	0.34

Curva de desempenho

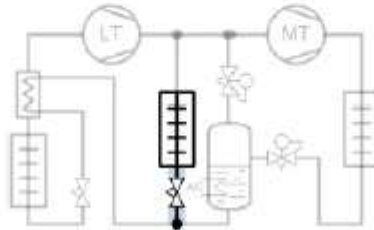


Derivação 12



Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	44100 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	121.2 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	134900 W	Fluxo de massa na linha:	0.1979 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 6.06 m</i>		



Seleção: tubo de cobre ANSI K65 3/4 NS 19

Tipo	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8
NS	12.7	15.88	19.05	22.23	28.58
DP [Pa]	22310	7262	3042	1420	415.6
DT_sat [°C]	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.036	0.012	0.005	0.002	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.32	1.48	1.04	0.76	0.46
Velocidade, saída [m/s]	2.36	1.49	1.04	0.76	0.46

Curva de desempenho



Derivação 13



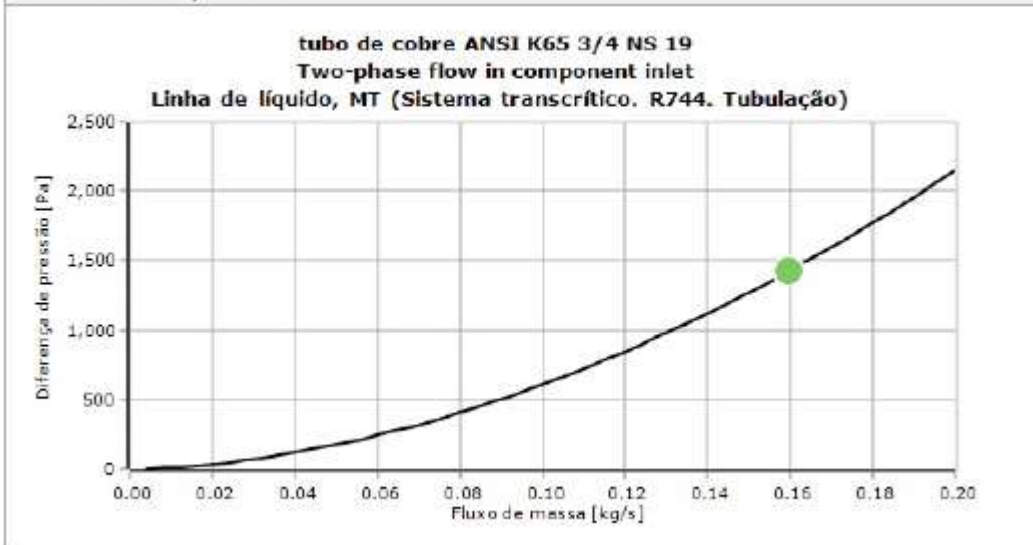
Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	35590 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	123.3 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	120800 W	Fluxo de massa na linha:	0.1597 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 4.21 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 3/4 NS 19

Tipo	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8
NS	12.7	15.88	19.05	22.23	28.58
DP [Pa]	10260	3380	1424	667.1	196
DT_sat [°C]	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.024	0.008	0.003	0.002	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	1.87	1.19	0.84	0.61	0.37
Velocidade, saída [m/s]	1.89	1.20	0.84	0.61	0.37

Curva de desempenho

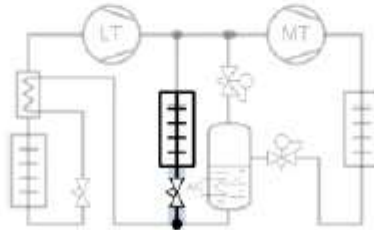


Derivação 14



Coolselector2

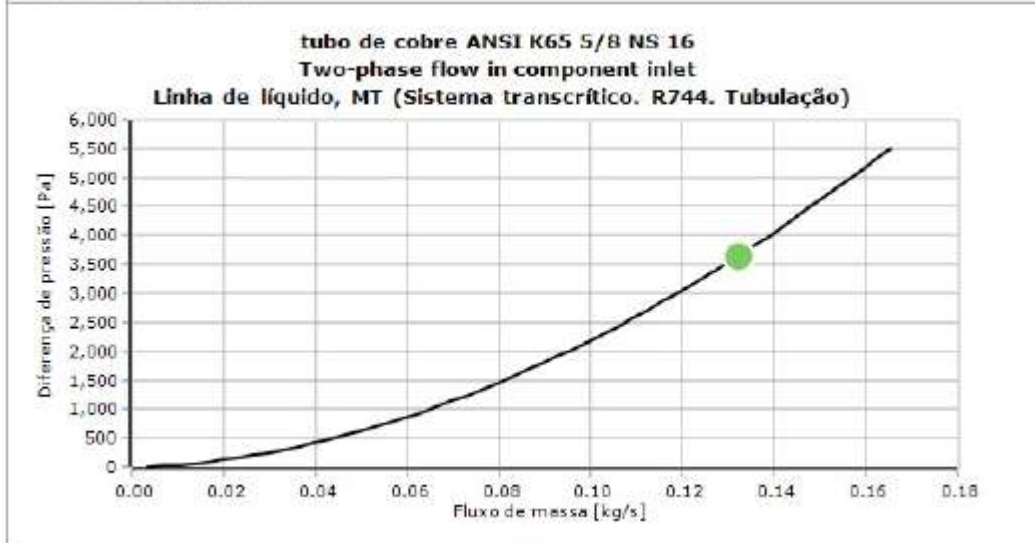
Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	29460 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	125.1 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	110700 W	Fluxo de massa na linha:	0.1322 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 6.41 m</i>		



Seleção: tubo de cobre ANSI K65 5/8 NS 16

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8
NS	9.53	12.7	15.88	19.05	22.23
DP [Pa]	47660	11060	3648	1539	721.9
DT_sat [°C]	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.074	0.017	0.006	0.002	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.77	1.55	0.99	0.69	0.51
Velocidade, saída [m/s]	2.87	1.56	0.99	0.69	0.51

Curva de desempenho



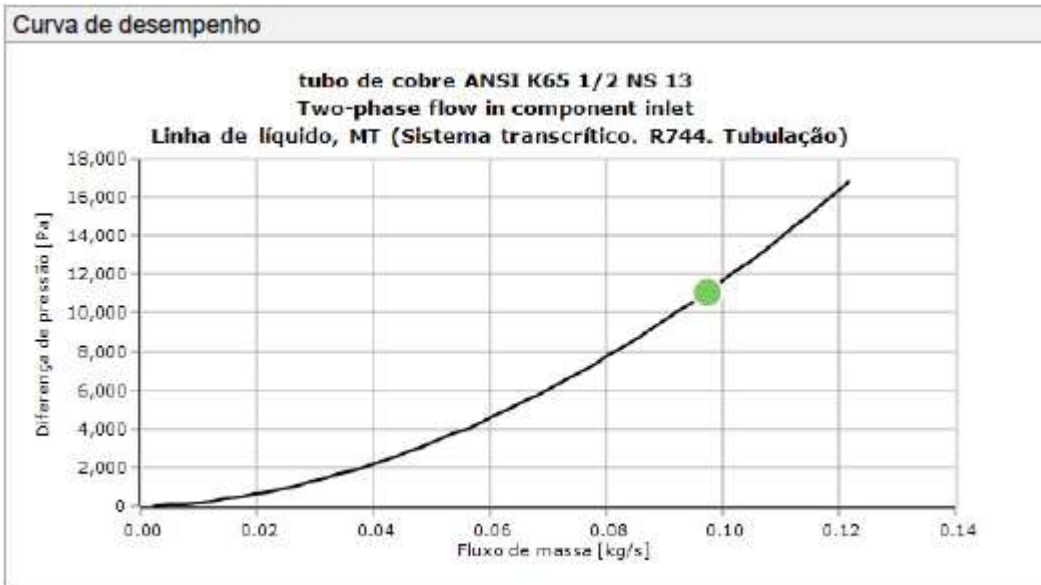
Derivação 15



Coolselector2

Condições de operação			
Cooling capacity, LT:	31370 W	Cooling capacity, MT:	21690 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Efficiency, internal HX:	0.30 -	Temperatura de descarga:	128.0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C		
Capacidade de aquecimento:	97830 W	Fluxo de massa na linha:	0.09734 kg/s
Optimal gas cooler pressure	True	Receiver temperature:	5.0 °C
Pressure:	10240000 Pa	Receiver pressure:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Receiver subcooling:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 11.24 m</i>		

Seleção: tubo de cobre ANSI K65 1/2 NS 13				
Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4
NS	9.53	12.7	15.88	19.05
DP [Pa]	47670	11100	3671	1552
DT_sat [°C]	0.5	0.1	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.042	0.010	0.003	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.04	1.14	0.73	0.51
Velocidade, saída [m/s]	2.11	1.15	0.73	0.51



Derivação 15-03 + AKVH (válvula expansora eletrônica) + GBCH (válvula de bloqueio) + NRV (Válvula de retenção)



Coolselector2

Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	4010 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-6.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2964000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	53.0 °C	Temperatura de descarga:	137.1 °C
Capacidade de aquecimento:	67500 W	Fluxo de massa na linha:	0.0181 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 18.04 m</i>		
Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8			

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	3445	852.4	290.2
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.002	0.000	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	0.38	0.21	0.14
Velocidade, saída [m/s]	0.38	0.21	0.14

Curva de desempenho



Coolselector2

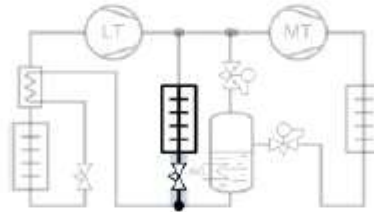


Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	4010 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-6.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2964000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	53.0 °C	Temperatura de descarga:	137.1 °C
Capacidade de aquecimento:	67500 W	Fluxo de massa na linha:	0.0181 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Carga: 100 %. Queda de pressão do distribuidor: 0 Pa

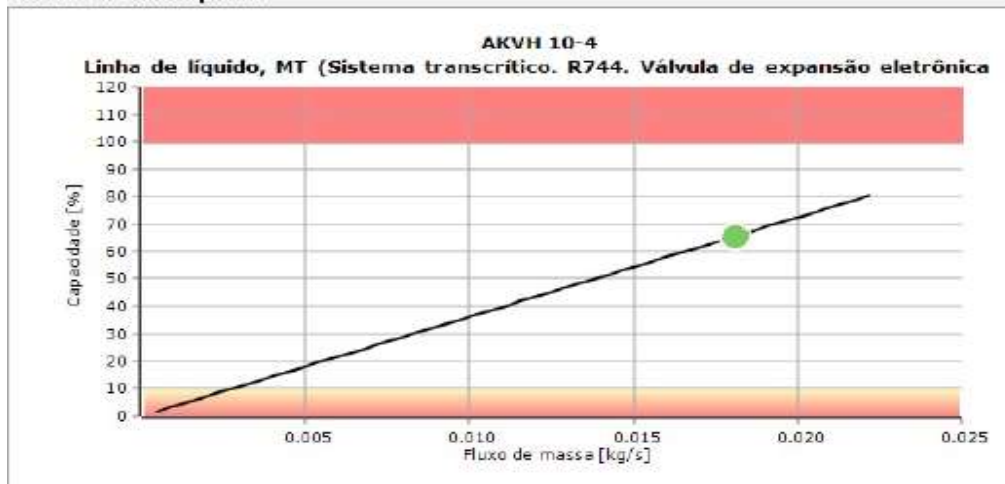


Seleção: AKVH 10-4



Tipo	AKVH 10-2	AKVH 10-3	AKVH 10-4	AKVH 10-5	AKVH 10-6
NS	10	10	10	10	10
Carga [%]	177	121	66	47	26
Capacidade máxima [W]	2261	3325	6118	8514	15180
DP [Pa]	1005000	1005000	1005000	1005000	1005000
Velocidade, entrada [m/s]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000

Curva de desempenho



Coolselector2



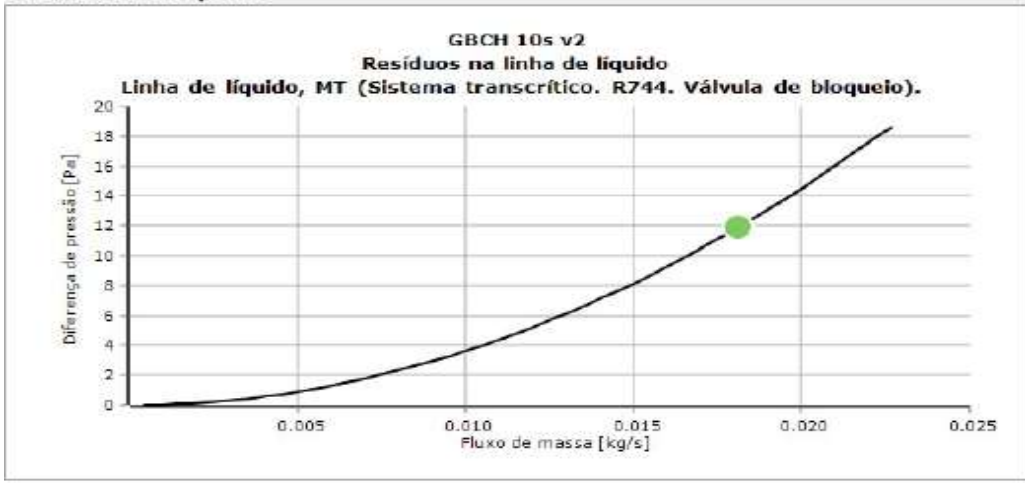
Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	4014 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-6.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2964000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	53.0 °C	Temperatura de descarga:	137.1 °C
Capacidade de aquecimento:	67500 W	Fluxo de massa na linha:	0.01812 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de liquido, MT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s</i>		

Seleção: GBCH 10s v2



Tipo	GBCH 6s v2	GBCH 10s v2	GBCH 12s v2	GBCH 16s v2
NS	6	10	12	16
Av [m³/s]	4.948E-05	0.0001754	0.0003578	0.0003272
DP [Pa]	149.8	11.92	2.865	3.426
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0
Velocidade, entrada [m/s]	1.81	0.40	0.32	0.15
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Curva de desempenho



Catálogo de características técnicas das válvulas de expansão eletrônica, de bloqueio e de retenção

Data sheet | Shut-off ball valve for high pressure, type GBC for R744 (CO₂)

Approvals



Technical data

- Refrigerants: R 744 (CO₂)
- Oils: POE, PAG
- Media temperature range: -40 – +100 °C / -40 – +212 °F.
- Max. working pressure (PS/MWP): GBC 6s H – 28s H : 90 bar / 1305 psig
GBC 35s H – 42s H : 75 bar / 1088 psig
- Max. test pressure: GBC 6s H – 28s H : 149 bar / 2161 psig
GBC 35s H – 42s H : 124 bar / 1799 psig

Data sheet

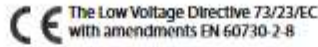
Check valves, type NRV 10s H for R744 (CO₂)

Technical data

Refrigerants	R744 (CO ₂)
Oil	POE, PAG
Temperature range	-50 – 140 °C / -58 – 285 °F
Max. working pressure (PS/MWP)	90 bar / 1305 psig
Approvals	CUL US LISTED and CE

Approvals

PED (97/23/EC A3.P3)



Technical data
AKVH valves

Valve type	AKVH 10
Tolerance of coil voltage	+10 / -15%
Enclosure to IEC 529	Max. IP 67
Working principle (Pulse-width modulation)	PWM
Recommended period of time	6 Seconds
Capacity (R744)	R ¹⁾ 0.4 kW to 11 kW F ²⁾ 0.8 kW to 22 kW
Regulation range (Capacity range)	10 to 100%
Connection	Solder
Evaporating temperature	- 60 to 60°C
Ambient temperature	- 50 to 50°C
Leak of valve seat	<0.02% of k _v value
MOPD	35 bar
Filter, replaceable	Internal 100 µm
Max. working pressure	AKVH10-0 to 6 PS = 90 barg ³⁾

- 1) Refrigeration
- 2) Freezing
- 3) 90 barg under stand still conditions, but under normal operating conditions, there must be liquid to the inlet of the valve.

Technical data
Coil with electronic
coil controller

Noise level	Minimum 5 dB(a) lower noise level (mean level) when using the electronic smartconnector on a given valve
Softstart	Yes
Packing format	Single and multipack
Nominal voltage	208 - 240 VAC 50/60Hz
Power	4 W
Environment temperature	During operation: -20°C to 55°C
IP rating	IP67
Wire dimension	1 - 1.5 mm ²
Approvals	CE: Low voltage and EMC directives
Neutral, phase and earth in socket	Yes

⚠ Note
Coil must only be used together with electronic coil controller.
Tolerance of supply voltage: + 10 / - 15%.

GBC con puerto de acceso, conexiones de cobre y conexiones para soldar ODF

Tipo	in	Código	Valor k _v ¹⁾ [m ³ /h]	Valor C _v ¹⁾ [gal/min]	mm	Código	Valor k _v ¹⁾ [m ³ /h]	Valor C _v ¹⁾ [gal/min]	Multipack	MWP [bar]	PS [psi]
GBC 6s H	1/4	009G7581	0,94	4,14	6	009G7580	0,73	3,21	25	90	1305
GBC 10s H	3/8	009G7582	3,04	13,39	10	009G7583	3,42	15,05			
GBC 12s H	1/2	009G7585	6,96	30,64	12	009G7584	5,95	26,24			
GBC 16s H	5/8	009G7586	9,60	42,27	16	009G7586	9,60	42,27			
GBC 18s H	3/4	009G7588	15,45	68,02	18	009G7587	12,52	55,56			
GBC 22s H	7/8	009G7589	21,30	93,78	22	009G7589	21,30	93,78			

¹⁾Valores calculados según la norma IEC.

GBC con conexiones de acero inoxidable para soldar a tope

Tipo	mm	Código	Valor k _v ¹⁾ [m ³ /h]	Valor C _v ¹⁾ [gal/min]	Multipack	MWP [bar]	PS [psi]
GBC 28s H	28	009G7406	56,5	248,8	5	90	1305
GBC 35s H	35	009G7410	82,2	361,9	5	75	1085
GBC 42s H	42	009G7411	121,7	535,8	4	75	1085

¹⁾Valores calculados según la norma IEC.

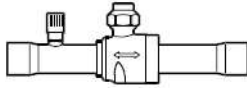
NRV con paso recto, conexiones para soldar ODF

Tipo	Tamaño de la conexión		Código	Presión diferencial a la que comienza a abrirse la válvula, ΔP1	Caida de presión a través de la válvula, ΔP2 [bar] ¹⁾	Valor k _v ²⁾ [m ³ /h]	Valor C _v [gal/min]	Multipack	MWP [bar]	PS [psi]
	in	mm								
NRV 10s H	3/8		020-4000	0,4	1,1	0,9	3,96	25	90	1305
NRV 10s H		10	020-4300	0,4	1,1	0,9	3,96	25	90	1305

¹⁾ ΔP1 – presión mínima a la que comienza a abrirse la válvula.

²⁾ ΔP2 – presión mínima a la que la válvula se abre completamente.

³⁾ El valor k_v es el caudal de agua en m³/h para una caída de presión a través de la válvula de 1 bar (ρ = 1000 kg/m³).



GBC with access port, solder ODF/ODF, Copper connections

Type	Solder ODF/ODF connection		K _v value ¹⁾ [m ³ /h]	C _v value ¹⁾ [gal/min]	Max. working pressure (PS/MWP)		Code no.
	[inch]	[mm]			[bar]	[psig]	
GBC 6s H	1/4	-	1.78	2.06	90	1305	009G7581
	-	6	1.78	2.06	90	1305	009G7580
GBC 10s H	3/8	-	6.31	7.29	90	1305	009G7582
	-	10	6.31	7.29	90	1305	009G7583
GBC 12s H	1/2	-	12.87	14.88	90	1305	009G7585
	-	12	12.87	14.88	90	1305	009G7584
GBC 16s H	5/8	16	11.77	13.61	90	1305	009G7586
GBC 18s H	3/4	-	31.07	35.92	90	1305	009G7588
	-	18	31.07	35.92	90	1305	009G7587
GBC 22s H	7/8	22	24.47	28.29	90	1305	009G7589

¹⁾ calculated based on fluid dynamic equations

Ordering



Type	Connection type	Connection size		Differential pressure to start opening the valve ΔP ₁		Pressure drop across valve ΔP ₂ bar ¹⁾		K _v value ²⁾ (calculated value)	C _v value ²⁾ (calculated value)	Code no.
		[in.]	[mm]	[bar]	[psi]	[bar]	[psi]			
NRV 10s H	Straightway Solder ODF	1/4	-	0.4	5.8	1.0	14.5	0.9	1.04	020-4000
		-	10	0.4	5.8	1.0	14.5	0.9	1.04	020-4300

¹⁾ ΔP₁ = the minimum pressure at which the valve start opening.

ΔP₂ = the minimum pressure at which the valve is completely open.

²⁾ The K_v value is the flow of water in m³/h at a pressure drop across valve of 1 bar, ρ = 1000 kg/m³.

The C_v value is the flow of water in gal/min at a pressure drop across valve of 14.5 psi.

Technical brochure

Electrically operated expansion valves for CO₂, type AKVH 10

Rated capacity and Ordering

R744

AKVH 10

Valve type / orifice no.	Rated capacity kW		k _v value m ³ /h	Connections Solder ODF			
	Refrigeration	Freezing		Industrial pack 32 valves each		Single pack 1 valve each	
				3/8 x 1/2 inch	10 x 12 mm	3/8 x 1/2 inch	10 x 12 mm
AKVH 10-0	0.4	0.8	0.003	068F4068	068F4058	068F4078	068F4088
AKVH 10-1	1.1	2.2	0.010	068F4069	068F4059	068F4079	068F4089
AKVH 10-2	1.7	3.5	0.017	068F4070	068F4060	068F4080	068F4090
AKVH 10-3	2.6	5.4	0.025	068F4071	068F4061	068F4081	068F4091
AKVH 10-4	4.3	8.7	0.046	068F4072	068F4062	068F4082	068F4092
AKVH 10-5	6.7	13.6	0.064	068F4073	068F4063	068F4083	068F4093
AKVH 10-6	10.7	21.7	0.114	068F4074	068F4064	068F4084	068F4094

SGP—Sight Glasses



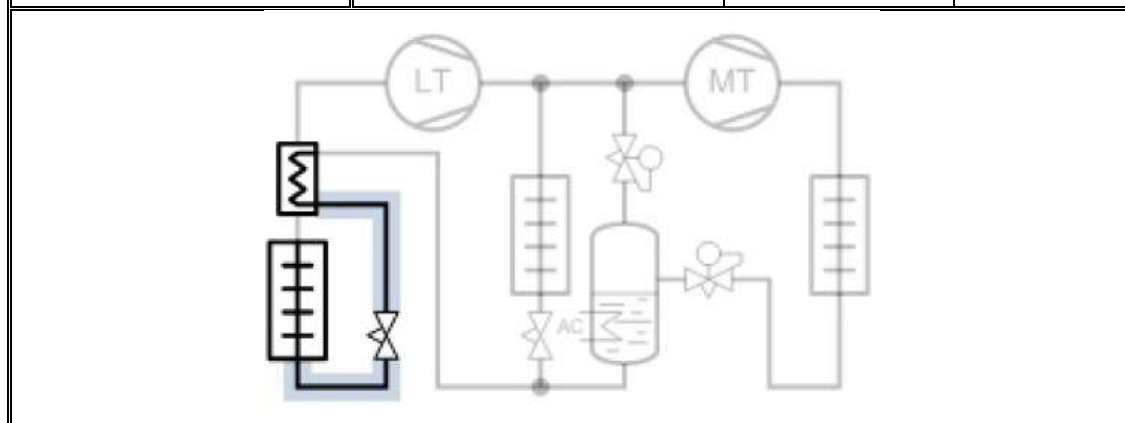
Danfoss sight glasses indicate the presence of moisture in refrigeration and air conditioning systems.

Danfoss Type	Version	Connection (In.)	Ambient temp. (°F)	Max. working pressure (psig)	Danfoss Code No.
SGP 6 N	Flare int. x ext.	1/4 x 1/4	-60 to 175	750	014L0171
SGP 10 N		3/8 x 3/8			014L0172
SGP 12 N		1/2 x 1/2			014L0173
SGP 6s N	ODF x ODF solder	1/4 x 1/4			014L0181
SGP 10s N		3/8 x 3/8			014L0182
SGP 12s N		1/2 x 1/2			014L0183
SGP 16s N		3/4 x 3/4			014L0145
SGP 22s N		7/8 x 7/8	014L0186		
SGP 1/2 RN	NPT	1/2			014L0006


Anexo AA - Dimensionamento da linha de líquido LT desde a linha comum de líquido até à primeira ilha de congelados

Tabela de características técnicas do dimensionamento

Dimensionamento da tubagem – linha de líquido LT (Desde a saída da central até ao troço DerivC 01-01-01)			
Modelo (tubagem de cobre)	Tubagem de Cobre Wieland K65 120bar		
Tipo de ligação	Solda		
Pressão de serviço (máxima)	120 bar		
Temperaturas de serviço (°C)	-40 a 100 °C		
Ponto de derivação	À saída do depósito de líquido ao coletor	Troço DerivC 01	Troço Deriv 01-01
Potência calorífica transportada (kW)	31,37 kW	12,40 W	5,19 kW
Velocidade de projeto/real (m/s)	1 / 1,10 m/s	1 / 1,04 m/s	1 / 0,43 m/s
Caudal Mássico (kg/s)	0,1331 kg/s	0,028 kg/s	0,02105 kg/s
Área de Secção (m ²)	0,000197m ²	0,00007m ²	0,00007 m ²
Ligação Entrada/Saída (∅)	ANSI K65 5/8" (0,016 m)	ANSI K65 3/8" (0,009 m)	ANSI K65 3/8" (0,009 m)
Perda de carga total (Tubagem)	561,1 Pa = 0,56 kPa	53160 Pa = 53,16 kPa	1639 Pa = 1,64 kPa



Perda de carga – linha de líquido: Linha de descarga de líquido LT até DerivC 01-01	
DP máximo admissível / real	0,020 / 0,005 °C/m
Perda de carga total	2496,37 kPa = 24,96bar

Dimensionamento Válvula de Retenção e de Bloqueio – linha de líquido: Deriv 01-01-01			
Modelo (válvula expansão eletrónica/válvula de bloqueio/ válvula de retenção)	Danfoss AKVH 10-3	Danfoss GBCH 10s	Danfoss NRV 10s H
Tipo de ligação	Solda	Solda	Solda
Pressão de serviço (máxima)	52 bar	90 bar	90 bar
Temperaturas de serviço (°C)	-60 a 150 °C	-40 a 100 °C	-50 a 140 °C
Ponto de derivação	Linha de líquido – DerivC 01-01		
Potência calorífica transportada (kW)	5.19 kW		
Caudal Mássico (kg/s)	0,02105 kg/s		
Área de Secção (m²)	0.00007 m²		
Ligação Entrada/Saída (∅)	ANSI K65 3/8" (0.009 m)		
Perda de carga total (válvula expansão eletrónica e de esfera)	2441000 Pa = 2441 kPa	17,32 Pa	-
Unidades a fornecer	1 unidade cada		
			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> GBC AKVH </div>			

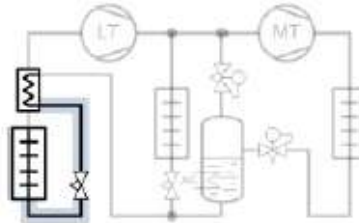
Relatórios de selecção

DerivaçãoC 00

Coolselector2



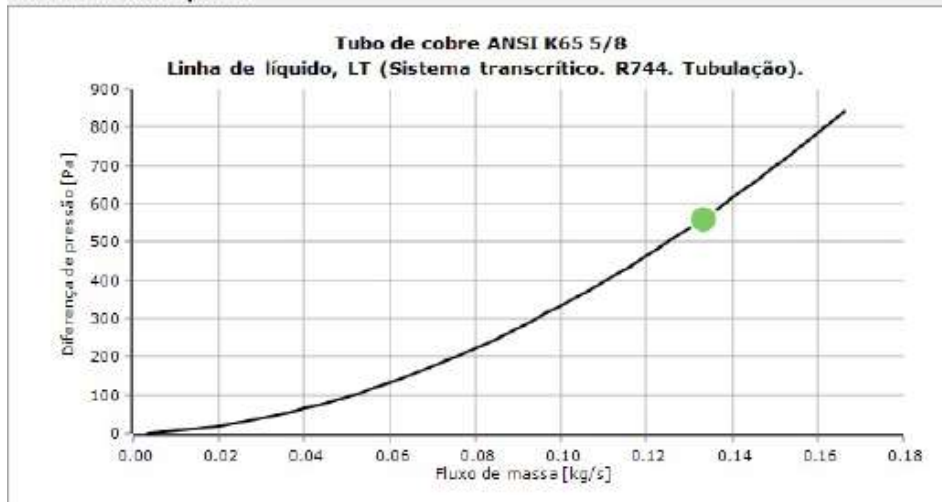
Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262600 W	Fluxo de massa na linha:	0.1331 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, LT</i>		
Critérios de selecção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.00 m</i>		



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 5/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8
NS	9.53	12.7	15.88	19.05	22.23
DP [Pa]	6976	1681	561.1	237.9	111.9
DT_sat [°C]	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.069	0.017	0.006	0.002	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.70	1.51	0.96	0.68	0.49
Velocidade, saída [m/s]	2.70	1.51	0.96	0.68	0.49

Curva de desempenho



DerivaçãoC 01

Coolselector2

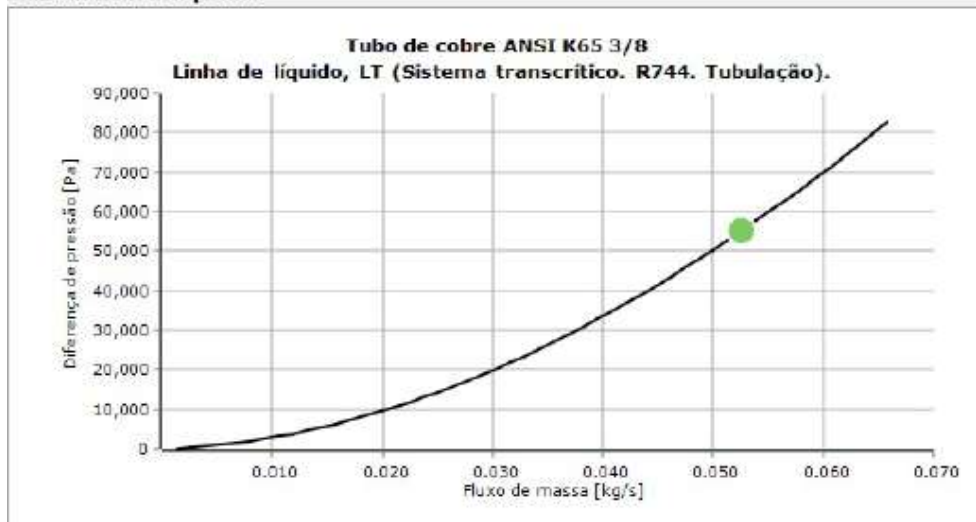


Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	12400 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121500 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	109.5 °C
Capacidade de aquecimento:	225500 W	Fluxo de massa na linha:	0.05262 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	Sistema transcrito. Linha de líquido, LT		
Crítérios de seleção:	Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 43.55 m		

Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	55100	13550	4578
DT_sat [°C]	0.5	0.1	0.0
DP [°C/m]	0.013	0.003	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	1.07	0.60	0.38
Velocidade, saída [m/s]	1.07	0.60	0.38

Curva de desempenho

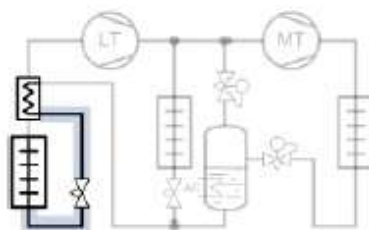


DerivaçãoC 01-01 + AKVH (válvula expansora eletrónica) + GBCH (válvula de bloqueio) + NRV (Válvula de retenção)

Coolselector2



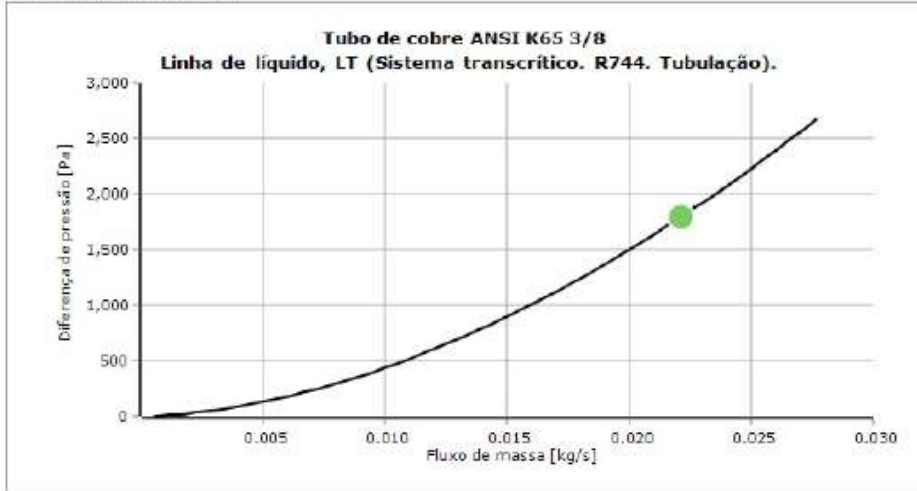
Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	5190 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121500 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-26.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1632000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	22.9 °C	Temperatura de descarga:	107.3 °C
Capacidade de aquecimento:	210600 W	Fluxo de massa na linha:	0.02213 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de líquido, LT</i>		
Crítérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 6.72 m</i>		



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	1793	448.2	152.1
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.003	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	0.45	0.25	0.16
Velocidade, saída [m/s]	0.45	0.25	0.16

Curva de desempenho



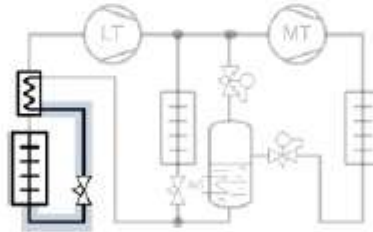
Válvula de expansão eletrônica: Válvula de expansão eletrônica 2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	5190 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-26.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1632000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	22.9 °C	Temperatura de descarga:	107.3 °C
Capacidade de aquecimento:	210100 W	Fluxo de massa na linha:	0.02213 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Crítérios de seleção: Carga: 100 %. Queda de pressão do distribuidor: 0 Pa



Seleção: AKVH 10-3



Tipo	AKVH 10-1	AKVH 10-2	AKVH 10-3	AKVH 10-4	AKVH 10-5
NS	10	10	10	10	10
Carga [%]	242	142	97	53	38
Capacidade máxima [W]	2148	3651	5369	9880	13750
DP [Pa]	2337000	2337000	2337000	2337000	2337000
Velocidade, entrada [m/s]	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000

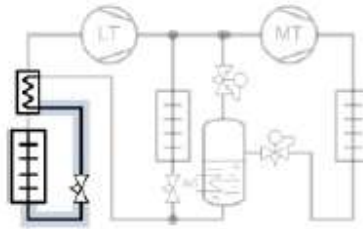
Válvula de bloqueio: Válvula de bloqueio 2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	5194 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-26.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1632000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	22.9 °C	Temperatura de descarga:	107.3 °C
Capacidade de aquecimento:	210200 W	Fluxo de massa na linha:	0.02214 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Critérios de seleção: Velocidade: 1.00 m/s

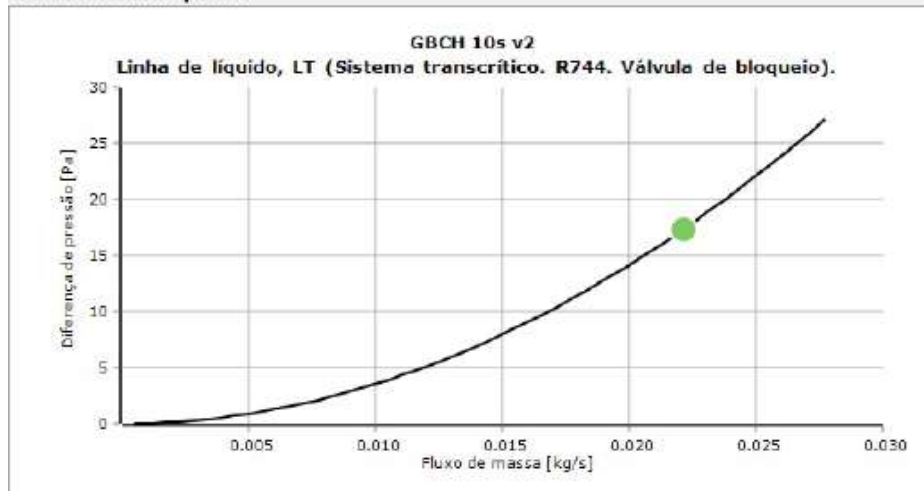


Seleção: GBCH 10s v2



Tipo	GBCH 6s v2	GBCH 10s v2	GBCH 12s v2	GBCH 16s v2
NS	6	10	12	16
Av [m³/s]	4.948E-05	0.0001754	0.0003578	0.0003272
DP [Pa]	217.6	17.32	4.163	4.977
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0
Velocidade, entrada [m/s]	1.91	0.48	0.38	0.18
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Curva de desempenho

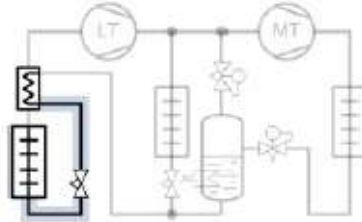


Anexo BB - Dimensionamento da linha de líquido LT com maior perda de carga

Coolselector2

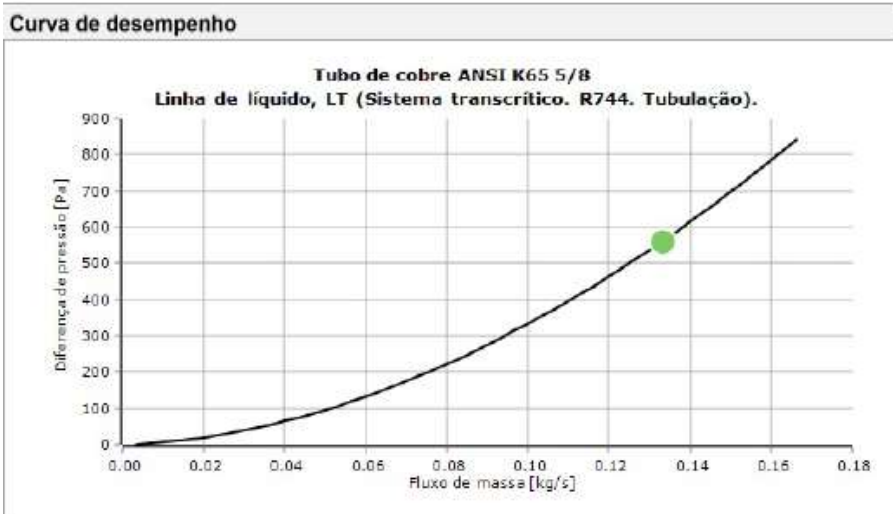


Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	31370 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	113.5 °C
Capacidade de aquecimento:	262600 W	Fluxo de massa na linha:	0.1331 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	Sistema transcrito. Linha de líquido, LT		
Critérios de seleção:	Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 1.00 m		



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 5/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8
NS	9.53	12.7	15.88	19.05	22.23
DP [Pa]	6976	1681	561.1	237.9	111.9
DT_sat [°C]	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.069	0.017	0.006	0.002	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	2.70	1.51	0.98	0.68	0.49
Velocidade, saída [m/s]	2.70	1.51	0.96	0.68	0.49



DerivaçãoC 01

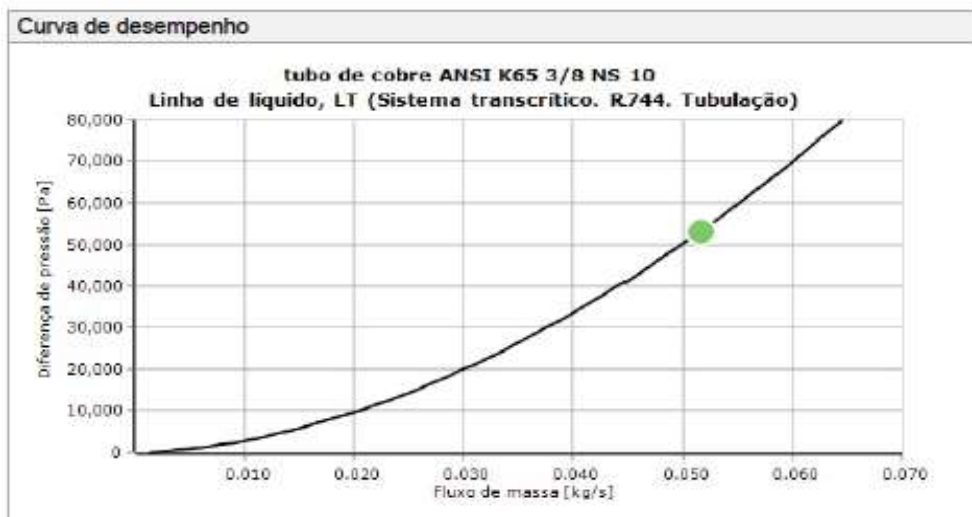
Coolselector2



Condições de operação			
Capacidade de refrigeração, LT:	12400 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121500 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	109.5 °C
Capacidade de aquecimento:	225500 W	Fluxo de massa na linha:	0.05262 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C
Sistema e linha:	<i>Sistema transcrito. Linha de liquido, LT</i>		
Critérios de seleção:	<i>Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 43.55 m</i>		

Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	55160	13550	4578
DT_sat [°C]	0.5	0.1	0.0
DP [°C/m]	0.013	0.003	0.001
Velocidade, entrada [m/s]	1.07	0.60	0.38
Velocidade, saída [m/s]	1.07	0.60	0.38



Coolselector2



Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	7210 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121500 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-35.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1205000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	42.9 °C	Temperatura de descarga:	108.3 °C
Capacidade de aquecimento:	215300 W	Fluxo de massa na linha:	0.0306 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Critérios de seleção: Velocidade: 1.00 m/s, Comprimento: 3.73 m

Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	1774	439.5	149.4
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.005	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	0.62	0.35	0.22
Velocidade, saída [m/s]	0.62	0.35	0.22



DerivaçãoC 02-03 + AKVH (válvula expansora eletrónica) + GBCH (válvula de bloqueio) + NRV (Válvula de retenção)



Coolselector2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	5500 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121500 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-32.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1337000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	35.9 °C	Temperatura de descarga:	107.7 °C
Capacidade de aquecimento:	211600 W	Fluxo de massa na linha:	0.02336 kg/s
Pressão ideal do gás cooler:	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

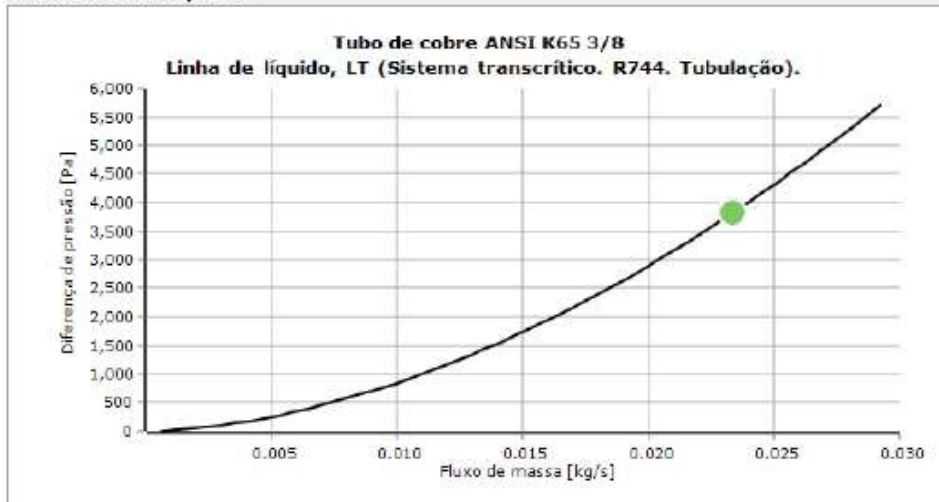
Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Critérios de seleção: Velocidade: 1.00 m/s. Comprimento: 13.02 m

Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9.53	12.7	15.88
DP [Pa]	3822	950.8	323.9
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0
DP [°C/m]	0.003	0.001	0.000
Velocidade, entrada [m/s]	0.47	0.27	0.17
Velocidade, saída [m/s]	0.47	0.27	0.17

Curva de desempenho

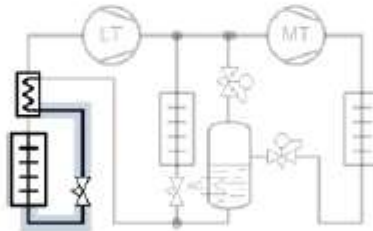


Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	5500 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-32.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1337000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	35.9 °C	Temperatura de descarga:	107.7 °C
Capacidade de aquecimento:	211100 W	Fluxo de massa na linha:	0.02336 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Crítérios de seleção: Carga: 100 %. Queda de pressão do distribuidor: 0 Pa



Seleção: AKVH 10-3



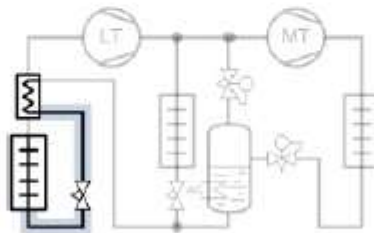
Tipo	AKVH 10-1	AKVH 10-2	AKVH 10-3	AKVH 10-4	AKVH 10-5
NS	10	10	10	10	10
Carga [%]	240	141	98	52	38
Capacidade máxima [W]	2288	3889	5719	10520	14640
DP [Pa]	2633000	2633000	2633000	2633000	2633000
Velocidade, entrada [m/s]	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	5500 W	Capacidade de refrigeração, MT:	121200 W
Eficiência, Interna HX:	0.30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 W
Temperatura de evaporação:	-32.0 °C	Temperatura de evaporação:	-10.0 °C
Pressão de evaporação:	1337000 Pa	Pressão de evaporação:	2650000 Pa
Superaquecimento útil:	0 °C	Superaquecimento útil:	0 °C
Superaquecimento adicional:	0 °C	Superaquecimento adicional:	0 °C
Temperatura de descarga:	35.9 °C	Temperatura de descarga:	107.7 °C
Capacidade de aquecimento:	211100 W	Fluxo de massa na linha:	0.02336 kg/s
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	5.0 °C
Pressão:	10240000 Pa	Pressão do tanque:	3969000 Pa
Temperatura da saída:	40.0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 °C

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Crítérios de seleção: Velocidade: 1.00 m/s

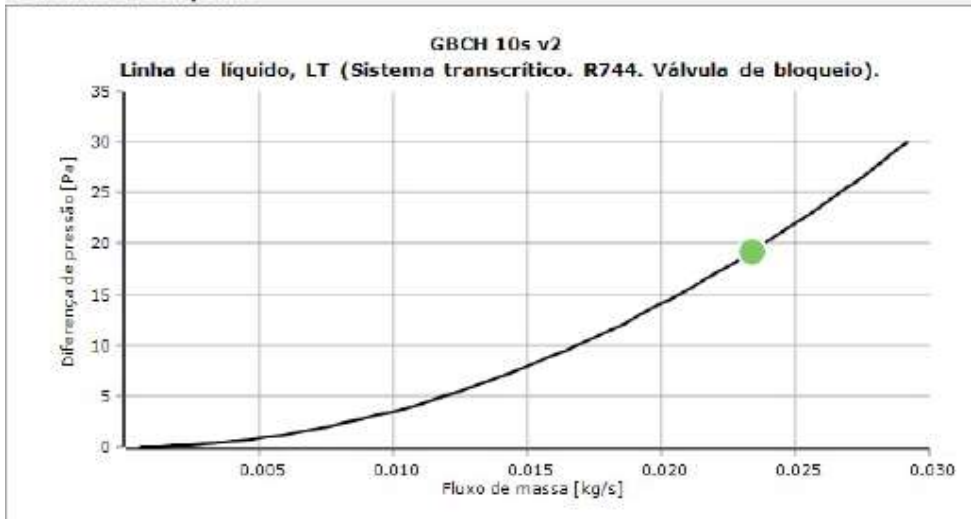


Seleção: GBCH 10s v2



Tipo	GBCH 6s v2	GBCH 10s v2	GBCH 12s v2	GBCH 16s v2
NS	6	10	12	16
Av [m³/s]	4.948E-05	0.0001754	0.0003578	0.0003272
DP [Pa]	241.4	19.21	4.618	5.521
DT_sat [°C]	0.0	0.0	0.0	0.0
Velocidade, entrada [m/s]	2.01	0.50	0.40	0.19
PS/MWP [Pa]	9000000	9000000	9000000	9000000
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Curva de desempenho



Anexo CC – Layout P&ID (Piping & Instrument Diagram) do sistema de refrigeração *booster* transcrito

Anexo DD – Características da Gateway de controlo remoto selecionada

A *gateway* escolhida para estabelecer a comunicação entre os controladores e o controlo remoto através do *software store view by danfoss* foi o modelo AKA 245. Esta *gateway*



AKA 245 é um componente fundamental do sistema a ser usado em conjunto com controladores na série de controles ADAP-KOOL® para sistemas de refrigeração.

Com esta *gateway* é possível construir sistemas de controle complexos com monitoramento de alarme e registo de dados numa planta de refrigeração descentralizada do espaço onde foi colocado o sistema de refrigeração. Todos os controladores estão ligados num sistema de comunicação de dados, à *Gateway*, que permite que os dados recolhidos por esses controladores sejam usados para monitorização local ou conectado a um PC, impressora, servidor TCP / IP ou modem.

A operação da *gateway* e dos controladores é realizada com o software do sistema tipo AKM instalado num PC. O AKA 21 não é mais que um comando. Este é utilizado para configurar funções individuais na *gateway* e pode também operar os controladores em DANBUSS. As câmaras frigoríficas e os aparelhos de refrigeração são regulados pela AK-CC 550A, cuja configuração se verá mais adiante.

O tipo de *gateway* AKA 245 é conectado ao PC remotamente através da atribuição de IP ao sistema AKM *store view by danfoss*. Aqui, todos os dados de registo podem ser lidos, de todos os controladores e sensores conectados. Estes dados são possíveis de visualizar no sistema AKM e possível de guardar todos os registos, de forma a ser possível comparar. Os dados lidos também podem ser armazenados como documentação para uma melhor interpretação dos valores registados.

Depois de instalado o programa e selecionada a loja (IP atribuído), aparecerá um painel tal como o da figura seguinte. Este painel mostrará os alarmes ativos, valores de temperatura relativamente a todos os controladores, bem como faz a leitura de temperatura e pressão de outros locais, como à saída de água do permutador de calor de AQS ou a pressão no *gas cooler* (Pgc). Por fim, realiza a contagem do consumo por hora, diário e mensal, normalmente usado para gerir consumos e melhorar o sistema de refrigeração através de alteração de parâmetros.

Alarms					Refrigeration						
Unit	Device Name	Address	Alarm Type	Occurred	Unit	Name	Address	Status	Value	Setpoint	Alarm
0	DET CAM DEVOLUCOES	96	Offline	20/12/16 19:01	0	Cooling TH	100	Warning	-8.7 °C	-8.0 °C	
0	CAM DEVOLUCOES	28	Offline	20/12/16 19:01	0	EXPLACT 1	1	(x/0) Normal	3.8 °C	2.0 °C	
0	CAM CONG 1	43	High Temp Alarm	20/12/16 06:46	0	EXPLACT 2	2	(x/0) Normal	3.3 °C	2.0 °C	
0	ARCA CONG 20	93	Max Defrost Time	20/12/16 03:18	0	EXPLACT 3	3	(x/0) Normal	3.3 °C	2.0 °C	
0	ARCA CONG 16	89	Max Defrost Time	20/12/16 03:07	0	EXPLACT 4	4	(x/0) Normal	2.8 °C	2.0 °C	
0	ARCA CONG 9	82	Max Defrost Time	20/12/16 03:07	0	EXPLACT 5	5	(x/0) Normal	2.8 °C	2.0 °C	
					0	EXPLACT 6	6	(x/0) Normal	2.8 °C	2.0 °C	
					0	EXPLACT 7	7	(x/0) Normal	2.4 °C	2.0 °C	
					0	EXPLACT 8	8	(x/0) Normal	2.6 °C	2.0 °C	
					0	EXPTALHO	9	(x/0) Normal	0.1 °C	0.0 °C	

MISC				Energy			
Unit	Name	Value	Alarm	Unit	Name	Value	Alarm
0	Temp. Água AWAC	52.4°C		0	Meter 1	17.1 kWh	
0	Temp. Salão GC (Rgc)	11.1°C					
0	Pressão Cond. (Pc)	50.5bar					
0	Pressão GC (Pgc)	50.5bar					
0	Pressão Hvac (Phvac)	38.4bar					
0	Alert. Vals.AP (Vap)	38.7%					
0	Alert.Vals.Arc (Vnac)	50.8%					
0	Estado Atividade	Off					
0	Estado Vln. AWAC	Off					

Caraterísticas Gerais da Gateway AKA 245

Tensão de Alimentação	230 V a.c. -15/+10% 50/60 Hz
Consumo de Energia	4 VA
Saídas - Relé	Carga máx. contacto - 1 A / 230 V ohm
Entradas Digitais	Tensão fora de ciclo: >12 V d.c. Corrente curto-circuito: >15 mA, <50 mA Nível de mudança OFF: < 2 V Nível de mudança ON: > 6 V
Temperatura ambiente	0 to +55°C, durante o funcionamento -40 to +70°C, durante o transporte
Humidade	10 a 90% HR
Densidade	IP 00
Proteção de dados em caso de falha de energia	RAM Backup por aproximadamente 1 ano
Unidades utilizadas	1 unidade



Anexo EE – Princípio de funcionamento do controlador da central MT e LT

Funções do controlador de uma central

Este controlador está preparado para executar as seguintes funções:

- Controlar até 10 compressores
- Monitorizar até 3 válvulas de descarga por compressor
- Gerenciamento de óleo comum ou individual de cada compressor para todas as válvulas de óleo do compressor. Controle de pressão do depósito intermédio
- Controle de velocidade de um ou dois compressores
- Capacidade de controlar até 6 entradas de segurança para cada compressor
- Opção de limitação de capacidade para minimizar os picos de consumo
- Quando o compressor não liga, os sinais podem ser transmitidos para outros controladores, de modo que as válvulas eletrônicas de expansão sejam fechadas
- Controle de injeção de líquido na linha de sucção
- Arranque / paragem da injeção de líquido no permutador de calor (cascata)
- MT / LT: coordenação entre controladores no controle em cascata
- Monitoramento de segurança de alta pressão / baixa pressão / temperatura de descarga
- Capacidade de controlar até 8 ventiladores
- Referência flutuante, dependendo da temperatura exterior
- Função de recuperação de calor
- Controle do depósito intermédio e controle do *gas cooler* de CO₂
- Compressão paralela no sistema de CO₂ transcrito
- Acoplamento dos compressores por etapas, regulação de velocidade ou combinação de ambos
- Monitoramento de segurança do ventilador
- O status das saídas e entradas é mostrado através dos LED's do painel frontal
- Sinais de alarme podem ser gerados a partir da comunicação de dados
- Capacidade em mostrar os alarmes por mensagens de texto, para que se possa saber qual é a causa do alarme.
- Algumas funções adicionais, completamente independentes da regulação, como funções de alarme, termostato, pressão e controle.

A grande vantagem desta série de controladores é que o sistema pode ser estendido aumentando o tamanho quanto maior for as necessidades de controle. Estes controladores foram criados para grandes instalações de sistemas de refrigeração, mas não para qualquer instalação. Estes controladores são próprios para sistemas de refrigeração a CO₂. As alterações dos parâmetros podem sempre ser feitas através do software de configuração e do modo selecionado por o usuário para estabelecer as conexões.

Vantagens

- O tamanho do controlador pode "crescer", de forma fácil, à medida que a instalação aumenta, através da colocação de módulo, dependendo das funções necessárias. Os módulos são usados nos vários sistemas de refrigeração, pois não dependem do tipo de controladores. Estes são selecionados para os requisitos de conexão atuais
- O software pode ser configurado para um ou mais sistemas regulamentares
- Diferentes sistemas de regulação com os mesmos componentes

Características do controlador AK-PC 781

Datos comunes de los módulos

Tensión de alimentación	24 V c.c./c.a. +/- 20%	
Consumo de alimentación	AK-... (controlador)	8 VA
	AK-XM 101, 102, 103, 107, AK-CM 102	2 VA
	AK-XM 204, 205, 208	5 VA
Entradas analógicas	PT 1000 ohmios /0°C	Resolución: 0,1°C Precisión: +/- 0,5°C +/- 0,5°C entre -50°C y +50°C +/- 1°C entre -100°C y -50°C +/- 1°C entre +50°C y +130°C
	Transmisor de presión tipo AKS 32R / AKS 2050 / MBS 8250/ AKS 32 (1-5 V)	Resolución 1 mV Precisión +/- 10 mV Conexión máxima de 5 transmisores de presión en un solo módulo
	Autre transmetteur de pression : Signal ratiométrique Une pression min. et max. doit être définie Señal de tensión de 0 a 10 V	
	Función de contacto ON/OFF	R < 20 ohm para On R > 20K ohm para Off (no son necesarios contactos con baño de oro)
Suministro ON/OFF entradas de alimentación	Baja tensión 0 / 80 V CA/CC	Off: U < 2 V On: U > 10 V
	Alta tensión 0 / 260 V CA	Off: U < 24 V On: U > 80 V
Salidas de relé SPDT	AC-1 (ohmicas)	4 A
	AC-15 (inductivas)	3 A
	U	Min. 24 V Máx. 230 V Las salidas de alta y baja tensión no deben estar conectadas al mismo grupo de salidas
Salidas de estado sólido	Pueden utilizarse para cargas que se conectan y desconectan con frecuencia, p.ej.: la válvula de aceite, ventiladores y válvula AKV	Máx. 240 V CA, Min. 48 V CA Máx. 0,5 A Fugas < 1 mA Máx. 1 AKV
Salidas paso a paso	Utilizadas en válvulas con entrada paso a paso	20-500 pasos/s Suministro Independiente para salidas paso a paso: 24 CA / CC / 13 VA
Temperatura ambiente	Durante el transporte	de -40 a 70°C
	En funcionamiento	de -20 a 55°C, de 0 a 95% HR (sin condensación) Sin exposición a golpes/vibraciones
Protección	Material	PC / ABS
	Densidad	IP10 , VBG 4
	Montaje	Para montaje sobre raíl DIN o en antirraño
Peso con terminales de boma	Módulos en series de controladores 100- / 200- /	Aprox. 200 g / 500 g / 600 g
Homologaciones	Cumple la directiva EU de baja tensión y los requisitos de compatibilidad electromagnética.	Cumple la Directiva de Baja Tensión según EN 60730 Compatibilidad electromagnética comprobada Inmunidad conforme a EN 61000-6-2 Emisiones conforme a EN 61000-6-3

Anexo FF - Princípio de funcionamento dos controladores das câmaras e expositores

Princípio de funcionamento

A temperatura da instalação é registada através de um ou de dois sensores de temperatura localizados no fluxo de ar antes do evaporador (S3) ou após o evaporador (S4), respetivamente.

O ajuste do termostato, o termostato de alarme e a leitura do display determinam a influência dos valores dos dois sensores em cada função individual. Outros dois sensores também determinantes são o S1 e o S2. Estes permitem medir a temperatura à entrada e à saída do evaporador, do fluido refrigerantes. A figura seguinte ajuda à compreensão do princípio de funcionamento do evaporador e o sentido dos escoamentos, quer do ar, quer do R-744.

Além disso, o sensor do produto S6, que pode ser instalado opcionalmente na instalação, pode ser usado para registar a temperatura próxima ao produto em questão, num ponto específico da instalação. A temperatura do evaporador é registada pelo sensor S5, que pode ser utilizado como um sensor de degelo. Além da saída da válvula de injeção eletrônica do tipo AKVA, o controlador possui 5 saídas de relé, cuja função é definida pelo utilizador.

Funções





Este controlador está preparado para executar as seguintes funções:

- Termóstato dia / noite com operação ON / OFF ou com modulação
- Sensor do produto S6 com limites de alarme separados
- Alternar entre as configurações do termostato por meio de uma entrada digital
- Controle de reaquecimento adaptativo
- Descongelamento adaptativo baseado no desempenho do evaporador
- Início de descongelação por meio de entrada digital, por rede de dados ou de forma programada
- Descongelamento natural, gás elétrico ou quente
- Descongelar parar em função do tempo, temperatura ou ambos
- Coordenação da descongelação entre vários controladores
- Pulsação dos ventiladores quando o termostato o autoriza
- Função de limpeza de móveis para documentar o procedimento HACCP
- Controle anti embaciamento por carga dia / noite ou ponto de orvalho

- Função de porta aberta
- Controlo máximo de dois compressores
- Função de cortinas noturnas
- Controlo de luzes
- Termostato térmico
- Calibração de fábrica que garantirá maior precisão de medição do que a indicada pela norma europeia, sem a necessidade de calibrações adicionais (sensor Pt 1000 ohm)
- Comunicação MODBUS integrada e opção para instalar um cartão de comunicações *LonWorks*.

Vantagens

- Otimização do consumo de energia de toda a instalação de refrigeração;
- Controlador único para várias aplicações de refrigeração;
- Tela integrada na frente do controlador;
- Inicialização rápida com configurações padrão;
- Recursos de comunicação integrados;
- Função de relógio integrado com bateria capacitiva.

Caraterísticas Gerais do Controlador AK-CC550A + Display EKA 164A	
Tensão de alimentação	230 V ca +10/-15 %. 5 VA, 50/60 Hz
Sensores de temperatura S2, S3, S4, S5 e S6	Pt 1000 tipo AKS 12
Transdutor de pressão	AKS 32R
Display externo escolhido	EKA 164A (com botões)
Entradas digitais DI1, DI2	Sinal das funções de contacto Comprimento máximo do cabo: 15 m. Uso de relés auxiliares quando o cabo é mais largo
Entrada digital DI3	230 Vca
Tipo de cabo de conexão eletrónica	Cabo de 1,5 mm ² máx. com núcleo múltiplo
Saída Digital - DO1 (para bobine AKVA)	Max. 240 Vca , Min. 28 Vca Max. 0,5 A Fuga < 1 mA Max. 1 pcs. AKV
Relés (DO2, DO3, DO4 DO5 e DO6)	4 (3) A
Condições ambientais	0 to +55°C, durante o funcionamento -40 to +70°C, durante o transporte 20 - 80% HR, sem condensação Sem influência de golpes / vibrações
Densidade	IP 20
Montagem	Calha ou parede
Peso	0,4 Kg
Comunicação de dados usado	MODBUS
Reserva de alimentação para o relógio	4 horas
 Controlador AK-CC 550A   	
Sensor de Pressão AKS 32R	Display com botões EKA 164A
Sensor de temperatura Pt1000	

Características gerais do Controlador AK-CC 550A

General:
 Los diez usos están todos adaptados para sistemas comerciales de refrigeración en la forma bien de equipos de refrigeración o bien de cámaras frigoríficas.

En general todas tienen salidas para:
 - Válvula AKV
 - Ventilador
 - Desescarche

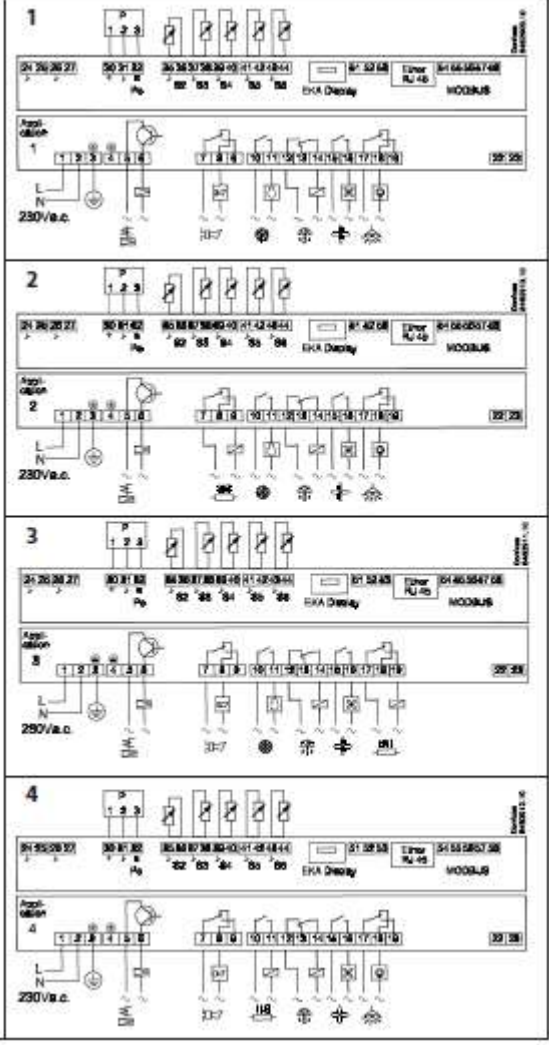
Además, tienen usos diferentes, al igual que sus entradas y salidas.

Aplicación 1-4

Aplicaciones estándares.

Esta aplicación es para usos estándar en los que la diferencia más importante estriba únicamente en las diferentes combinaciones de las siguientes funciones de entradas/salidas:

- Alarma
- Anti-vaho
- Compresor
- Luz



Los siguientes usos tienen algunas funciones especiales que son, brevemente:

Aplicación 5

Funcionamiento "Dos compresores". Los dos compresores deben ser del mismo tamaño. En el arranque (después del desescarche, parada operacional, etc.) ambos compresores se arrancan con un intervalo de tiempos. Un compresor arranca a la mitad del diferencial de manera que se produzca una óptima adaptación de la capacidad del compresor a la carga actual en la aplicación o cámara frigorífica. Hay un equilibrio automático de horas de funcionamiento entre los compresores. Consulte las secciones previas del manual para una descripción más detallada.

Aplicación 6

Desescarche por gas caliente. El desescarche por gas caliente está adaptado a aplicaciones o cámaras frigoríficas de sistemas comerciales. Un relé controla la válvula principal en la tubería de aspiración. Un relé de conmutación controla tanto el gas caliente como la válvula de drenaje. Esto significa que no hay retardo de tiempo entre el corte de gas caliente y el comienzo del drenaje.

Aplicación 7

Control de las cortinas de noche. Las cortinas de noche siguen el estado de la función de luz - cuando la luz se enciende, las cortinas de noche se abren, y cuando la luz se apaga las cortinas de noche se cierran de nuevo. Además, una entrada digital proporciona la opción de una apertura forzada de las cortinas, de manera que se pueda proceder a la carga de productos en la instalación.

Aplicación 8

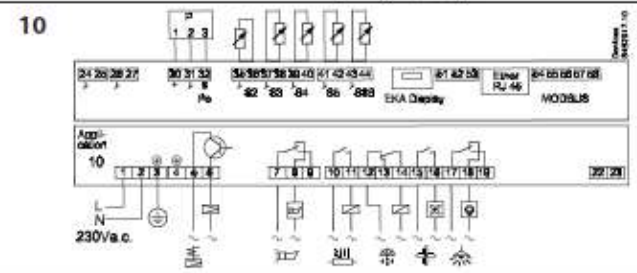
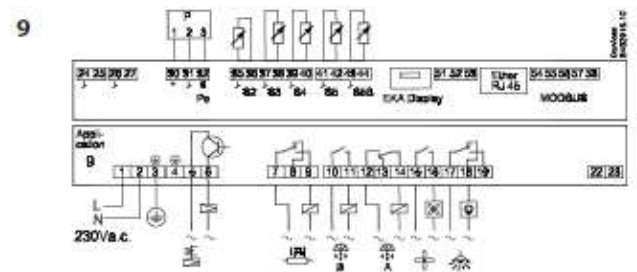
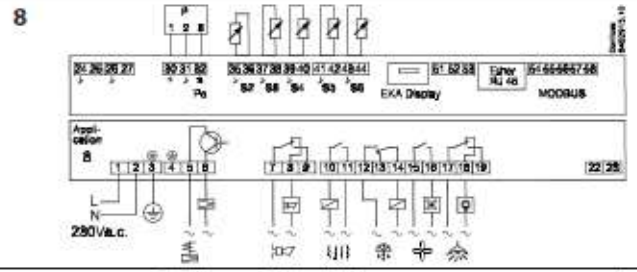
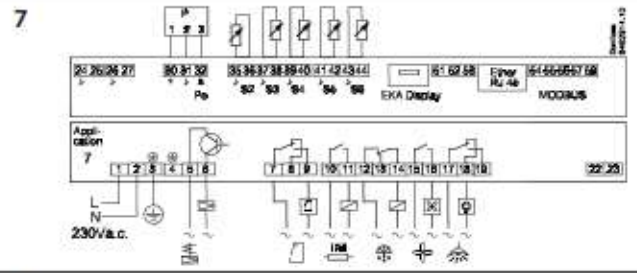
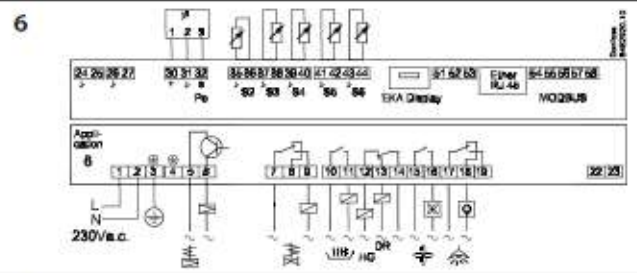
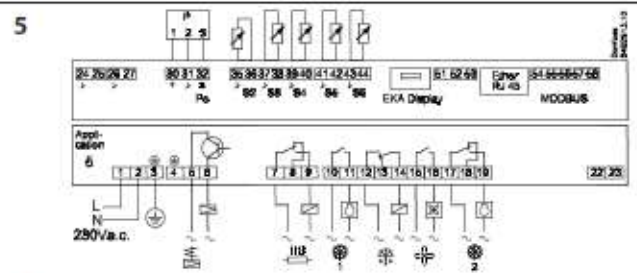
Termostato de calor. El termostato de calor se utiliza típicamente cuando la temperatura se controla en márgenes estrechos, por ejemplo en salas de despiece, etc. El termostato de calor puede ajustarse como una diferencia en relación con el límite de corte del termostato de refrigeración, de manera que se evite que la refrigeración y la calefacción se produzcan simultáneamente.

Aplicación 9

Dos etapas de refrigeración - dos salidas de desescarche. Esta aplicación es para equipos de refrigeración con una válvula, dos evaporadores y dos etapas de refrigeración. La temperatura está controlada y monitorizada siempre con alarmas de acuerdo con la temperatura S4. Para ello, el sensor de producto se usa como un sensor de parada de desescarche para el evaporador n° 2.

Aplicación 10


Dos etapas de refrigeración - alarma y lectura individual mediante S3. Esta aplicación es para equipos de refrigeración con una válvula, un evaporador y dos etapas de refrigeración. La temperatura se controla siempre de acuerdo con el sensor de temperatura S4. El sensor de producto se utiliza como un sensor S3 extra para la etapa n° 2. La monitorización de alarmas y las lecturas en el display se realizan individualmente mediante los sensores "S3" de cada etapa de refrigeración.



Datos

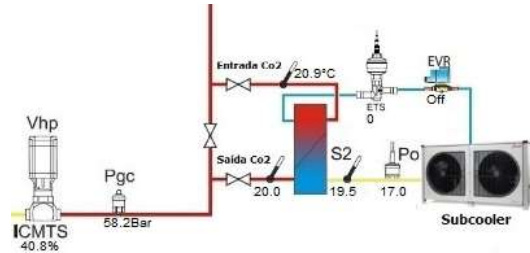
Tensión de alimentación	230 V ca +10/-15 %, 5 VA, 50/60 Hz	
Temperatura en sensor S2, S6	Pt 1000	
Sensores S3, S4, S5	Pt 1000 o PTC 1000 (Los 3 deben ser del mismo tipo)	
Precisión	Intervalo de medida	-60 a +120°C
	Controlador	±1 K por debajo de -35°C ±0,5 K entre -35 y +25°C ±1 K por encima +25°C
	Sensor Pt 1000	±0,3 K a 0°C ±0,005 K por grado
Medida de Po	Transductor de presión	AKS 32R
Display	LED, 3-dígitos	
Display externo	EKA 163B ó 164B. (cualquier EKA 163A ó 164A)	
Entradas digitales DI1, DI2	Señal desde las funciones de contacto Requisitos para los contactos: Contactos dorados Longitud de cable máx. 15 m. Uso de relés auxiliares cuando el cable es más largo	
Entrada digital DI3	230 Vca	
Cable de conexión eléctrica	Cable de 1,5 mm ² máx. núcleo múltiple	
Salida de estado sólido	DO1 (para bobina AKV)	Max. 240 Vca, Min. 28 Vca Max. 0,5 A Fuga < 1 mA Max. 1 pcs. AKV (2 úds. si se usan bobinas EEC)
Relés		CE (250 Vca)
	DO3, DO4	4 (3) A
	DO2, DO5, DO6	4 (3) A
Condiciones ambientales	0 to +55°C, durante el funcionamiento	
	-40 to +70°C, durante el transporte	
	20 - 80% HR, sin condensación	
	Sin influencia de golpes / vibraciones	
Densidad	IP 20	
Montaje	Rail DIN o pared	
Peso	0,4 Kg	
Comunicación de datos	Fija	MODBUS
	Opciones de extensión	LDN RS485
		TCP/IP
		MODBUS
		DANBUSS
El controlador no se puede conectar con una unidad de monitorización de tipo m2.		
Reserva de alimentación para el reloj	4 horas	
Aprobaciones	Directiva UE para baja tensión Directiva y requisitos EMC para marca CE que cumplen con LVD comprobado según EN 60730-1 y EN 60730-2-9, A1, A2	



Tipo		Função
AK-CC 550A		Controlador de evaporadores com comunicação de dados MODBUS. Conexão para sensores com terminais de bornes.
EKA 164A		Display externo com botões de operação e terminais com bornes.

Anexo GG - Princípio de funcionamento do controlador do *sub cooler*

O EKD 316 é um controlador de superaquecimento para a válvula do motor de passo que pode ser usado onde há requisitos para o controle preciso do superaquecimento em conexão com a refrigeração. O controlador e a válvula podem ser usados onde houver requisitos para o controle preciso do superaquecimento em conexão com a refrigeração.



Benefícios

- O superaquecimento é regulado para o menor valor possível.
- O evaporador é carregado de forma otimizada - mesmo quando há grandes variações de pressão de carga e sucção.
- Economia de energia - a regulação adaptativa da injeção de refrigerante garante a utilização ideal do evaporador e, portanto, uma alta pressão de sucção.



Principais características

- Regulação de superaquecimento
- Função Pressão Máxima de Operação (MOP): Para reduzir o esforço do compressor, uma pressão operacional máxima pode ser ajustada. Se a pressão estiver acima desse limite, o controlador controlará a válvula para fornecer uma pressão mais baixa em vez de um superaquecimento baixo. O limite para esta função é geralmente uma pressão fixa, mas é possível compensar o limite temporariamente
- Entrada ON / OFF para partida / parada de regulação

- Saída de relé para alarme
- Comunicação de barramento MODBUS
- Recursos de segurança e indicações de alarme

Características Gerais do controlador

Data

Compatible valves EKD 316 C	ETS / CCM / CCMT 0 - 42 / CTR / ETS 6 / ETS C / KVS C	
Compatible valves EKD 316	ETS / CCM / CCMT 0 - 42 / CTR / ETS 6	
Supply voltage	ETS / KVS / CCM / CCMT 2 - CCMT 8 24 V AC / DC $\pm 15\%$ 50/60 Hz, 10 VA / 5 Watt ETS 6 / CCMT 16 - CCMT 42: 24 V AC / DC $\pm 15\%$ 50/60 Hz, 15 VA / 8 Watt <i>(the supply voltage is not galvanically separated from the input and output signals)</i>	
Power consumption	Controller	5 VA
	ETS -step motor	1.3 VA
Input signal *)RI: mA: 400 ohm V: 50 kohm	Current signal *	4 - 20 mA or 0 - 20 mA
	Voltage signal *	0 - 10 V or 1 - 5 V
	Pressure transmitter	AKS 32R
	Digital input from external contact function	
Sensor input	2 pcs. Pt 1000 ohm	DI : < 800 ohm = ON DI : > 30 kohm = OFF
Alarm relay	1 pcs. SPDT,	Max 24V, 1A resistive - Class II
Step motor output	EKD 316 : Switching 30 - 300 mA RMS EKD 316C : Switching 30 - 600 mA RMS	
Data communication	RS 485 Modbus data communication	
Environments	0 to +55°C, during operations	
	-40 to +70°C, during transport	
	20 - 80% Rh, not condensed	
	No shock influence/vibrations	
Enclosure	IP 20	
Weight	300 g	
Montage	DIN rail	
Operation	External display type EKA 164A or AK-ST via data communication and system unit	
Approvals	EU Low Voltage Directive and EMC demands re. CE-marking complied with. LVD-tested acc. to EN 60730-1 and EN 60730-2-9 EMC-tested acc. to EN50081-1 and EN 50082-2	
Battery backup	if battery backup is used, the requirements for the battery are: 18 - 24 V DC See also page 12.	
Max. distance between controller and valve	30 m	

Anexo HH - Comparação das cargas térmicas totais e parciais das câmaras e salas

ID	Espaços a refrigerar	Cargas térmicas externas			Cargas térmicas Internas				
		Carga térmica devido ao ganho pela envolvente das superfícies (W)	Carga térmica devido à renovação do ar (W)	Carga térmica devido à abertura de portas (W)	Carga térmica devida à iluminação (W)	Carga térmica devido aos operadores (W)	Carga térmica devido às empilhadoras (W)	Carga térmica devido à temperatura de entrada do produto (W)	Carga térmica devido à respiração dos produtos armazenados (W)
SC03	Buffer	1508.64	839.41	1815.25	2160.00	2366.50	1500.00	2956.60	0.00
SC01	Corredor 1	1069.79	529.53	1083.59	1440.00	1577.66	0.00	840.43	0.00
SC02	Corredor 2	1858.49	764.82	1507.00	2880.00	1577.66	0.00	1753.24	0.00
SR05	Sala Refrigerada de Apoio ao Talho	2232.08	649.22	1256.59	2160.00	3155.33	0.00	548.22	0.00
SR04	Sala Refrigerada de Apoio à Peixaria	313.11	193.18	350.81	360.00	1183.25	0.00	190.59	0.00
SR03	Sala Refrigerada do Lixo	612.63	293.03	321.52	576.00	788.83	0.00	328.33	0.00
SR02	Sala Refrigerada de Apoio ao Take Away e Charcutaria	719.47	270.16	640.26	216.00	591.62	0.00	297.53	0.00
SR01	Sala Refrigerados de Apoio à Fruta e Legumes	488.51	279.19	494.02	216.00	591.62	0.00	546.72	89.18
CR09	Câmara Refrigerados Talho	907.78	608.81	788.50	576.00	2158.16	0.00	1088.25	0.00
CR08	Câmara Refrigerados Aves	480.16	356.88	586.31	216.00	1618.62	0.00	400.09	0.00
CR07	Câmara Refrigerados Bacalhau	415.49	325.39	513.75	216.00	1546.04	0.00	258.29	0.00
CR06	Câmara Refrigerados Lacticínios	703.59	473.28	1038.51	864.00	3092.09	0.00	487.89	0.00
CR05	Câmara Refrigerados Peixe e Gelo	455.14	511.62	853.08	432.00	1546.04	0.00	280.79	0.00
CR04	Câmara Refrigerados Legumes e Frutas	527.66	386.96	633.54	432.00	773.02	0.00	378.97	1237.25
CR03	Câmara Refrigerados Aves	283.36	233.00	402.37	144.00	1079.08	0.00	121.40	0.00
CR02	Câmara Refrigerados Take Away	280.58	243.06	389.27	144.00	1030.70	0.00	110.10	0.00
CR01	Câmara Refrigerados Padaria	419.41	474.07	573.69	432.00	1546.04	0.00	204.13	0.00
CC01	Câmara de Congelados Padaria	307.13	393.63	487.36	32.33	781.40	0.00	179.75	0.00
CC02	Câmara de Congelados	688.44	734.22	833.67	432.00	1172.10	0.00	861.29	0.00
CC03	Câmara de Congelados (Reserva)	323.66	601.75	762.34	144.00	781.40	0.00	248.37	0.00

	Percentagem de carga térmica referente a cada tipo de espaço: Sala, câmaras de refrigerados e câmaras de congelados							
	Carga térmica devido ao ganho pela envolvente das superfícies (W)	Carga térmica devido à renovação do ar (W)	Carga térmica devido à abertura de portas (W)	Carga térmica devida à iluminação (W)	Carga térmica devido aos operadores (W)	Carga térmica devido às empilhadoras (W)	Carga térmica devido à temperatura de entrada do produto (W)	Carga térmica devido à respiração dos produtos armazenados (W)
Salas	8802.72	3818.54	7469.03	10008.00	11832.48	1500.00	7461.65	89.18
Carga térmica total: Salas (W)	50981.61							
Percentagem de carga	17%	7%	15%	20%	23%	3%	15%	0%
Refrigerados	4473.17	3613.07	5779.02	3456.00	14389.80	0.00	3329.92	1237.25
Carga térmica total: Salas (W)	36278.23							
Percentagem de carga	12%	10%	16%	10%	40%	0%	9%	3%
Congelados	1319.23	1729.60	2083.36	608.33	2734.90	0.00	1289.41	0.00
Carga térmica total: Salas (W)	9764.83							

	Percentagem de carga térmica referente a cada tipo de espaço: Sala, câmaras de refrigerados e câmaras de congelados							
	Carga térmica devido ao ganho pela envolvente das superfícies (W)	Carga térmica devido à renovação do ar (W)	Carga térmica devido à abertura de portas (W)	Carga térmica devida à iluminação (W)	Carga térmica devido aos operadores (W)	Carga térmica devido às empilhadoras (W)	Carga térmica devido à temperatura de entrada do produto (W)	Carga térmica devido à respiração dos produtos armazenados (W)
Salas	8802.72	3818.54	7469.03	10008.00	11832.48	1500.00	7461.65	89.18

Carga térmica total: Salas (W)	50981.61							
Percentagem de carga	17%	7%	15%	20%	23%	3%	15%	0%
Refrigerados	4473.17	3613.07	5779.02	3456.00	14389.80	0.00	3329.92	1237.25
Carga térmica total: Salas (W)	36278.23							
Percentagem de carga	12%	10%	16%	10%	40%	0%	9%	3%
Congelados	1319.23	1729.60	2083.36	608.33	2734.90	0.00	1289.41	0.00
Carga térmica total: Salas (W)	9764.83							
Percentagem de carga	14%	18%	21%	6%	28%	0%	13%	0%

Cargas térmicas totais	
Carga térmica externa (W)	Carga térmica interna (W)
39087.74	57936.93