



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

ISEL



Projeto de uma Instalação Frigorífica

MARGARIDA MARQUES MORAIS
(Licenciada em Engenharia Química e Biológica)

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

Orientadores:

Professor Especialista Gonçalves dos Santos
Engenheiro Nuno Sandro

Júri:

Presidente: Professor Doutor Rui Pedro Chedas Sampaio, Professor
Coordenador do ISEL/IPL

Vogais:

Professor Especialista Eduardo Vicente Nunes, Professor
Adjunto do ISEL/IPL
Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos
Santos, Equiparado a Professor Adjunto do ISEL/IPL

Dezembro de 2014



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

ISEL



Projeto de uma Instalação Frigorífica

MARGARIDA MARQUES MORAIS
(Licenciada em Engenharia Química e Biológica)

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

Orientadores:

Professor Especialista Gonçalves dos Santos
Engenheiro Nuno Sandro

Júri:

Presidente: Professor Doutor Rui Pedro Chedas Sampaio, Professor
Coordenador do ISEL/IPL

Vogais:

Professor Especialista Eduardo Vicente Nunes, Professor
Adjunto do ISEL/IPL
Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos
Santos, Equiparado a Professor Adjunto do ISEL/IPL

Dezembro de 2014

Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades,
Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança,
Tomando sempre novas qualidades.

Luis de Camões

Agradecimentos

Ao longo da execução deste trabalho foram muitas as adversidades enfrentadas, não só a nível de trabalho como a nível de saúde.

Por todo o tempo e paciência despendido agradeço aos meus pais que me proporcionaram a oportunidade de realizar este Mestrado

Por sempre me terem apoiado em todo o meu percurso académico agradeço aos meus amigos e aos meus colegas e funcionários da Associação de Estudantes do ISEL.

Quero ainda agradecer o apoio e toda a disponibilidade tanto do Prof. Engº Gonçalves dos Santos como do Engº Luis Rosado e Engº Nuno Baptista da Johnson Controls.

Resumo

O propósito deste trabalho é o acompanhamento do projeto de fornecimento, montagem e arranque de uma Instalação Frigorífica centralizada

A Instalação Frigorífica fica situada em Loures, mais precisamente em São Julião doTojal, sendo a instalação pertencente à empresa Havi Logistics a qual requereu a elaboração do projeto à Johnson Controls.

A unidade frigorífica engloba uma câmara de congelados, uma câmara de refrigerados e um cais de carga/descarga que tem como objectivo armazenar carne previamente congelada e diversos produtos de comida processada também previamente congelados/refrigerados.

Toda a carne provém da indústria agropecuária e é devidamente certificada. Na unidade em causa é de extrema importância manter a qualidade do produto fazendo cumprir todas as normas higieno-sanitária que se encontram legisladas e que serão devidamente abordadas no presente trabalho.

O bom desempenho da instalação frigorífica depende do correto dimensionamento de todos os equipamentos e escolha de materiais constituintes da mesma. O dimensionamento deve ser o mais optimizado possível de forma a garantir não só que a instalação cumpra os objectivos para a qual foi construída como também esteja o mais optimizada possível em termos de gastos energéticos.

Palavras-chave: refrigeração; Instalação Frigorífica; conservação de alimentos; câmara de congelados; câmara de refrigerados.

Abstract

The main purpose of the work is the monitoring the project delivery, installation and commissioning of a centralized chilling plant.

The refrigeration plant is located in Loures, more precisely in Tojal belonging to the company Havi Logistics which required the preparation of the project to Johnson Controls.

The refrigeration unit includes a cold storage room for chilled products and cold storage room for frozen goods and a pier for loading / unloading which aims to store previously frozen meat products and various processed food also previously frozen/chilled.

All meat comes from the agricultural industry and is duly certified, the unit in question focused on maintain product quality by enforcing all hygiene-sanitary standards that are legislated and that will be properly addressed in this paper.

The good performance of the refrigeration installation depends on the correct sizing of all materials and equipment of the same constituents. The design should be optimized as much as possible to ensure not only that the installation meets the goals for which it is built as well as optimal as possible in terms of energy costs.

Keywords: refrigeration; refrigerated facilities; cold storage of perishable foods; freezer room; cold chamber

Índice

Agradecimentos	5
Resumo	6
Abstract	7
1. Introdução	13
1.1. Motivação	13
1.2. A Johnson Controls	14
1.2.1. Cronologia	15
1.3. A Havi Logistics.....	16
1.3.1. Cronologia	17
1.4. A Instalação Frigorífica.....	18
1.4.1. Câmara de Refrigerados - C1R.....	19
1.4.2. Câmara de Congelados - C2C.....	22
1.4.3. Cais Refrigerado - CRE	24
1.4.4. Casa de Máquinas	26
1.5. A proposta de Projeto	28
1.6. Fases do Projeto.....	29
1.6.1. Fase de Pré-Projeto	31
1.6.2. Fase de Projeto	32
1.6.3. Fase de Construção.....	33
1.6.4. Fase de Comissionamento	33
2. Indústria Frigorífica	35
2.1. A Cadeia de Frio	35
2.2. Requisitos específicos ao longo da Cadeia de Frio	38
2.2.1. No transporte.....	38
2.2.2. Na entrega/receção.....	38
2.2.3. Na armazenagem.....	38
3. Conservação de Alimentos	39
3.1. Factores que afectam a conservação de alimentos	40
3.1.1. Temperatura	40
3.1.2. Humidade Relativa	40
3.1.3. Circulação de Ar	41
3.1.4. Isolamento Térmico	41
3.1.5. Velocidade de congelação.....	42
3.2. Armazenagem de produtos refrigerados.....	43
3.3. Armazenagem de produtos congelados	44
4. Condições e exigências higieno-sanitárias a cumprir	45
4.1. Legislação	45
4.2. Certificação	49
5. Dimensionamento da Instalação Frigorífica	51
5.1. O Ciclo Frigorífico Simples	51
5.2. Fluido Frigorigéneo.....	52
5.3. Balanço Térmico.....	55
5.3.1. Câmara de Congelados.....	56
5.3.1.1. Carga térmica através das paredes, tetos e pavimentos.....	58
5.3.1.2. Carga Térmica através da Renovação de Ar	60
5.3.1.3. Carga térmica devido à abertura de portas.....	61
5.3.1.4. Carga térmica devido à iluminação.....	62
5.3.1.5. Carga térmica devido ao pessoal de estiva.....	62
5.3.1.6. Carga térmica devido aos motoventiladores.....	63
5.3.1.7. Carga térmica devido aos empilhadores	63
5.3.1.8. Carga térmica devido ao produto	63

5.3.1.9.	Potência Previsional e Potência Intermédia	66
5.3.2.	Câmara de Refrigerados	67
5.3.2.1.	Potência Previsional e Potência Intermédia	70
5.3.3.	Cais Refrigerado.....	71
5.3.3.1.	Potência Previsional e Potência Intermédia	73
5.4.	Componentes de Sistema Frigorífico.....	74
5.4.1.	Evaporador	74
5.4.2.	Compressor.....	76
5.4.2.1.	Compressor para a Câmara de Refrigerados e Cais Refrigerado	78
5.4.2.2.	Compressor para a Câmara de Congelados.....	79
5.4.2.3.	Compressor de reserva	81
5.4.3.	Condensador	83
5.4.4.	Depósito de líquido.....	86
5.4.5.	Separador de Óleo.....	87
5.4.6.	Separador de Líquido	88
5.4.7.	Tubagens.....	88
6.	Início de funcionamento da Instalação Frigorífica	91
6.1.	Arranque da Instalação Frigorífica.....	92
6.2.	Análise do funcionamento da Instalação	93
6.2.1.	Parâmetros de funcionamento dos compressores	95
6.2.2.	Análise de Temperaturas.....	95
6.3.	Sugestões de ações a realizar no futuro	97
7.	Conclusão	99
	Bibliografia.....	100
	Anexos.....	101
Anexo A.	Plantas da Instalação Frigorífica	101
Anexo B.	Nova proposta para fornecimento do Entreposto frigorífico	105
Anexo C.	Proposta para fornecimento do Entreposto frigorífico	108
Anexo D.	Diagrama Psicométrico da Carrier para as Câmara de Congelados e Refrigerados.....	111
Anexo E.	Diagrama Psicométrico para o Cais Refrigerado	112
Anexo F.	Ficha Técnica do Evaporador do Cais Refrigerado	113
Anexo G.	Ficha Técnica do Evaporador da Câmara de Congelados	115
Anexo H.	Ficha Técnica do Evaporador da Câmara de Refrigerados	118
Anexo I.	Especificações Técnicas do Condensador	121
Anexo J.	Ficha Técnica do Compressor do circuito -8°C para a Câmara de Refrigerados e Cais	123
Anexo K.	Ficha Técnica do Compressor do circuito -33°C para a Câmara de Congelados	126
Anexo L.	Ficha Técnica do Compressor de reserva para a Câmara de Refrigerados e Cais	130
Anexo M.	Ficha Técnica do Fluido Frigorigéneo R-507	135
Anexo N.	Ábacos de Seleção de Tubagens e Perdas de Cargas para as Câmaras de Congelados e Refrigerados	136
Anexo O.	Ábacos de Seleção de Tubagens e Perdas de Cargas para o Cais Refrigerado	138
Anexo P.	Gráficos de Temperaturas registados pelo Software Captem.....	140
Anexo Q.	Tabela de Pressão x Temperatura para o R-507	145

Índice de Figuras

Figura 1 - Logotipo da empresa Johnson Controls.....	14
Figura 2 - Logotipo da empresa Havi Logistics	17
Figura 3 - Pormenor da estrutura de armazenagem móvel da Câmara de Refrigerados	21
Figura 4 - Porta da Câmara de Congelados	22
Figura 6 - Porta pivotante de acesso ao exterior.....	24
Figura 7 -Pormenor das portas exteriores de acesso aos cais para cargas e descargas...	25
Figura 8 - Vista geral do QGBT	27
Figura 9 - Localização do Entrepasto Frigorífico no Parque Industrial do Arneiro, São Julião do Tojal.....	30
Figura 10 - Fluxograma das etapas da distribuição alimentar - cadeia de frio.[8]	35
Figura 11 - Diagrama geral das etapas principais da cadeia de frio	36
Figura 12 - Ciclo de Refrigeração simples [4]	51
Figura 13 - Pormenor do Evaporador instalado na Câmara de Congelados.....	75
Figura 15 - Capacidade de Refrigeração e Potência Consumida para um compressor genérico.....	78
Figura 16 - Características Técnicas do Compressor HSK5363-40	78
Figura 17 - Características Técnicas do Compressor HSN5353-25	80
Figura 19 - Características Técnicas do Compressor HSN6451-40	82
Figura 20 - Unidade multicompressora instalada na Casa de Máquinas	82
Figura 21 - Funcionamento de um condensador evaporativo [16].....	83
Figura 22 - Características Técnicas do Condensador.....	84
Figura 23 - Pormenor do Condensador.....	85
Figura 24 - Pormenor do Condensador e da sua estrutura de suporte.	85
Figura 25 - Pormenor do Depósito de Líquido na Casa de Máquinas.....	86
Figura 26 - Etapas do processo de picking	93
Figura 27 - Diagrama do fluxo de cargas	94

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Relação entre a temperatura e as reações enzimáticas[12].....	40
Tabela 2 - Temperaturas de distribuição, conservação e exposição de carnes e derivados presente em anexo no Decreto-Lei n.º 147/2006.	48
Tabela 3 - Propriedades do R-507[13]	52
Tabela 4 - Taxa ODP e GWP para diversos fluidos refrigerantes.....	53
Tabela 5 - Propriedades do R-502, R-507 e R-404A [14].....	54
Tabela 6 - Dimensões, Áreas e Volume da Câmara de Congelados	56
Tabela 7 - Dados referentes às condições da Câmara de Congelados.....	56
Tabela 8 - Cargas térmicas presentes na Câmara de Congelados.....	64
Tabela 9 - Dimensões, Áreas e Volume da Câmara de Refrigerados.....	67
Tabela 10 - Dados referentes às condições da Câmara de Refrigerados	67
Tabela 11 - Cargas térmicas presentes na Câmara de Refrigerados.....	68
Tabela 12 - Dados referentes às condições dos Cais Refrigerado.....	71
Tabela 13 - Cargas térmicas presentes no Cais Refrigerado	72
Tabela 14 - Velocidades de Escoamento	88
Tabela 15 - Perdas de Carga máximas admissíveis.....	89
Tabela 16 - Diâmetro da Tubagem selecionado através dos ábacos da DuPont™	89
Tabela 17 Perdas de Carga calculadas dos ábacos da DuPont™	90
Tabela 18 - Diâmetro de tubagem e Perda de Carga selecionadas.....	90
Tabela 19 - Tempo entre descongelações para os diversos Evaporadores	95

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Evolução da Condutividade Térmica com a Temperatura do poliuretano [7]	20
Gráfico 2 - Estimativa do tempo de exposição em função da temperatura	43
Gráfico 3 - Curva de congelação de um bem alimentar	44
Gráfico 4 - COP para os fluídos R-507 e R-404a comparativamente ao fluído %-502 para diferentes compressores em diferentes condições de funcionamento. [14]	54
Gráfico 5 - Representação das Cargas Térmicas da Câmara de Congelados	65
Gráfico 6 - Representação das Cargas Térmicas da Câmara de Refrigerados	69
Gráfico 7 - Representação das Cargas Térmicas do Cais Refrigerado	72

1. Introdução

A Refrigeração é desde os primórdios da civilização uma das formas de conservação de alimentos mais utilizada.

No ano 2000 a.C. já os habitantes da ilha de Creta haviam percebido o princípio de refrigerar alimentos como hoje o conhecemos. Na pré-história, as civilizações faziam uso das cavernas e grutas que se encontravam a temperaturas mais baixas que a temperatura ambiente e aí guardavam os seus alimentos com o objectivo de os conservar o máximo de tempo possível. [1]

A conservação de alimentos é uma problemática com a qual os povos antepassados se debateram quando perceberam que seria necessário armazenar alimentos durante as suas épocas de abundância para os poderem racionar durante os tempos de escassez. Desta necessidade fulcral à sobrevivência de uma população nasceram diversas técnicas de conservação de alimentos relativamente simples como a secagem, a defumação, a salga entre outras.

Hoje em dia ainda são utilizadas várias dessas técnicas ancestrais, tais como a salga do bacalhau ou a defumação de enchidos ou presunto, etc. [2]

Em termos teóricos sabe-se que o fluxo normal de calor é sempre do corpo mais quente para o corpo mais frio até que ambos igualem a sua temperatura, como é explicado pela 2ª Lei da Termodinâmica. [3]

A refrigeração Industrial, área de incidência do presente trabalho, é definida através da sua gama de temperaturas de operação, no limite inferior $-60^{\circ}\text{C}/-70^{\circ}\text{C}$ e no superior $+15^{\circ}\text{C}$. A Refrigeração Industrial está maioritariamente presente nas indústrias químicas, de alimentos e de processos. [4]

O presente trabalho tem como objectivo o desenvolvimento de toda a análise dos parâmetros relacionados com o funcionamento de uma Instalação Frigorífica, neste caso duas câmaras frigoríficas e um cais refrigerado. Assim como se foca no dimensionamento e escolha de todos os componentes e equipamentos necessários à sua laboração.

1.1.Motivação

As necessidades de consumo na atualidade são bastante exigentes e como tal são necessárias técnicas de refrigeração altamente eficazes para que haja uma oferta constante e diversificada de todos os géneros alimentares. Por exemplo, nos

supermercados é possível encontrar todos os tipos de fruta ao longo do ano, para que isso aconteça são precisos meios de conservação e transporte baseados na refrigeração.[3]

A Indústria do Frio é talvez das mais importantes tanto na área da alimentação como até na área da saúde, para conservação de determinados medicamentos. A alimentação é para o ser humano um bem indispensável e cada vez mais o consumidor final exige uma qualidade excepcional nos alimentos que adquire, o que é indispensável para a boa nutrição do corpo humano. A qualidade dos alimentos conservados está diretamente ligada ao bom funcionamento das unidades frigoríficas utilizadas para a sua conservação, que por sua vez dependem para o seu correto funcionamento de um dimensionamento adequado por parte do projetista da instalação, que deverá aplicar os conhecimentos termodinâmicos e de refrigeração que para que a escolha dos materiais e equipamentos seja o mais otimizada possível.

Avaliando toda a história da produção de frio é válido supor que é uma área em constante evolução e cada vez mais exigente, é também uma área de extrema importância para o ser humano devido à sua íntima ligação com a área alimentar, assim esta nunca vai entrar em desuso, vai sim reinventando-se ao longo dos anos e melhorando cada vez mais técnicas, materiais e equipamentos.

1.2.A Johnson Controls

A Empresa em questão, que prontamente se disponibilizou a autorizar o acompanhamento do projeto foi a Johnson Controls.

A empresa foi fundada por Warren Seymour Johnson, o Professor Johnson que detém desde 1883 a patente do teletermoscópio eléctrico, o primeiro termóstato que permitia o controlo da temperatura ambiente. Em 1885 foi inaugurada a Johnson Electric Service Company, mais tarde Johnson Controls.



Figura 1 - Logotipo da empresa Johnson Controls

A Empresa divide-se em três áreas principais:

- Building Efficiency, que tem como área de incidência o aprovisionamento de equipamentos, controles e serviços para sistemas de aquecimento, ventilação, ar-condicionado, refrigeração e segurança;
- Automotive Experience, este sector é líder mundial em construção de assentos para automóveis, sistemas de teto, consolas de chão, painéis das portas e painéis de instrumentos;
- Power Solutions, domina o mercado das baterias automáticas de chumbo-ácido e baterias avançadas para veículos híbridos e eléctricos.

Em Portugal existem duas dependências da Johnson Controls, uma da área Automotive Experience no concelho de Palmela, e outra no concelho de Oeiras, em Carnaxide, no edifício Tetra Pak que engloba os escritórios da empresa que é o local de desenvolvimento do presente trabalho. Em termos fiscais está listada com o código CAE (Classificação Portuguesa de Atividades Económicas) 82990 na área de Outras atividades de serviços de apoio prestados às empresas, n. e.

1.2.1. Cronologia

1885 - 1910:

Registo de diversas patentes importantes como as válvulas de vapor, aquecedores de água quente e medidores eléctricos;

Aperfeiçoamento do Sistema de Controle de Temperatura Pneumático, os primeiros sistemas de controle de temperatura em prédios;

1910 - 1935:

Produz componentes eléctricos para carros e iluminação de rua;

Fabrica controlos para condicionamento de ar em salas de cinema;

Compra a patente do Duo-Stat, dispositivo que controla a temperatura interna de uma sala com base nas condições exteriores;

1935 - 1960:

Desenvolve um centro de controlo pneumático que permite concentrar a monitorização de todos os dispositivos de controle de temperatura num só local;

O médico Jonas Salk começa a produção da vacina contra a Paralisia Infantil (Poliomielite) que viria a salvar muitas vidas, num laboratório totalmente equipado com controlos de temperatura Johnson Controls;

1960 -1985:

Fornece material de controlo para a missão espacial Apollo-Saturno no EUA;

Disponibiliza material de controlo ambiental para o prédio de montagem de veículos da NASA;

Adquire a Penn Controls e passa a fabricar controlos de refrigeração e aquecimento a gás;

Cria o JC/80, um minicomputador que tem como função controlar sistemas de prédios;

1985-2012:

Desenvolve o Sistema de Gerenciamento de Instalações Metasys que permite gerir com maior eficiência o controlo ambiental, gerenciamento de energia, controlo de iluminação, gerência de incêndios e segurança em edifícios;

Adquire a York International que fornece equipamentos e serviços de aquecimento, ventilação, condicionamento de ar e refrigeração;

Em Dezembro de 2005 a York International compra a Clima Roca York, a operar em Portugal, que depois se veio a unir à Johnson Controls. [5]

1.3.A Havi Logistics

A Havi Logistics é uma empresa multinacional pertencente ao grupo Havi Lp fundada em 1981, que atua no sector da logística de mercadorias realizando a logística, promoção e gestão de embalagem assim como soluções de marketing de bens alimentares.

Entre a Europa e a África conta com cerca de 60 Entrepósitos de distribuição perfazendo um total de 5764 funcionários e 761 veículos de distribuição efetuando a distribuição para cerca de 8784 localizações diferentes.

Em Portugal a empresa abriu atividade em 1998 no Carregado, concelho de Alenquer com a construção de um centro de distribuição com capacidade para comportar 3176 paletes. Posteriormente, em 2009, construiu outro centro de distribuição no norte do país em Vila Nova de Gaia com capacidade para 1736 paletes.



Figura 2 - Logotipo da empresa Havi Logistics

1.3.1. Cronologia

1981:

É fundada a empresa alemã WLS GmbH Warenhandel + Logistik + Serviço. A WLS torna-se fornecedora exclusiva e completa gama de McDonalds na Alemanha;

1983:

Surge a necessidade de criar a I.T.S. Internationale Transporte & Spedition sediada na Alemanha para apoiar HAVI Logistics e realizar todos os pré-transportes de fornecedores do McDonald Europeia para os Centros de Distribuição HAVI;

1992:

A WLS contabiliza já nove afiliadas na Europa, todas englobadas num só grupo de empresarial, o Grupo Alpha, pertencente à Alpha Management GmbH;

2002:

O Grupo HAVI adquire a WLS aos antigos acionistas Frigoscandia e OSI. Este grupo de empresas tem sede nos EUA e é responsável pela distribuição de produtos alimentares e de papel para McDonalds em continente Asiático, Americano e Europeu desde 1974;

1.4. A Instalação Frigorífica

Entende-se por Instalação Frigorífica ou Entrepasto Frigorífico o local de armazenagem e distribuição de bens alimentares perecíveis.

A Instalação Frigorífica fica localizada no concelho de Loures, nas freguesia de São Julião do Tojal.

As infraestruturas já se encontravam realizadas pois a Havi Logistics adquiriu o terreno a uma outra empresa que havia aberto falência, sendo que o projeto da Johnson Controls teve como desafio adaptar e realizar as alterações necessárias ao funcionamento de uma câmara de refrigerados, uma câmara de congelados e um cais refrigerado com capacidade para descarga de 3 veículos.

O objectivo da instalação é armazenar produtos refrigerados e congelados, maioritariamente carnes magras sendo que em alguns períodos, conforme necessidade da empresa Havi Logistics, poderá ser armazenado na câmara de refrigerados embalagens de alimentos pré-cozinhada e outros artigos diversos.

O horário de funcionamento da instalação será das 08h às 20h de Segunda-feira a Sexta-feira e Sábado das 08h às 14h.

As plantas detalhadas da Instalação Frigorífica encontram-se no Anexo A.

1.4.1. Câmara de Refrigerados - C1R

Esta câmara na instalação anterior desempenhava a função de câmara de congelados com dimensões principais de 20m de largura, 14m de comprimento e 10m de altura, perfazendo um volume total de 2800m³.

Nesta câmara serão armazenados produtos de carne magra refrigerados e produtos diversos. Considera-se para efeitos de cálculos uma rotação diária de 8000kg a 10°C. O objectivo principal da câmara é diminuir a temperatura do produto de 10°C para 0°C que é a temperatura a que a câmara de refrigerados irá operar. A estiva no seu interior realiza-se através de empilhadores eléctricos e monta-cargas operados pelos funcionários do Entrepasto.

No seu interior encontra-se um registador de temperatura que permite visualizar a temperatura atual e imprimir um registo das temperaturas e alarmes através de um software.

A câmara é mantida com uma humidade constante de 85%, o que é um factor muito importante a ter em consideração, a par com a temperatura é dos factores de conservação de alimentos mais importantes. A percentagem de humidade tem de ser elevada para garantir a qualidade do produto a armazenar. Valores de humidades baixos podem levar à desidratação dos bens alimentares mas valores demasiado altos provocam condições benéficas ao desenvolvimento de microrganismos contaminantes. O ideal é portanto uma humidade relativa alta mas uma temperatura baixa de forma a conter a contaminação microbiana. Assim segundo RAPIN (1948) a humidade ideal para uma câmara de conservação de carne congelada é de 85% a 90%.

O isolamento das paredes é realizado com poliuretano e o chão é isolado com cortiça. O poliuretano é um composto que resulta da reacção entre poli-isocianatos e poliésteres que em presença de um catalisador (agente dilatador) se transformam numa espuma de matéria plástica alveolar. [3] A escolha deste isolamento baseia-se nas suas propriedades, nomeadamente na condutividade térmica que no caso de qualquer material isolante se pretende ter um valor baixo, para mais dificilmente conduzir o calor e assim desempenhar a função de isolar. O Gráfico 1 ilustra a evolução da condutividade térmica do poliuretano com a temperatura, e como se pode verificar para temperaturas baixas a condutividade térmica é também baixa, o que torna este material um bom isolante a ser utilizado em câmaras frigoríficas. É também um material que apresenta um desempenho bastante estável ao longo do tempo, deteriorando-se pouco e

bastante resistente. Apresenta ainda a vantagem da sua aplicação ser extremamente facilitada dado que pode ser aplicado no local.

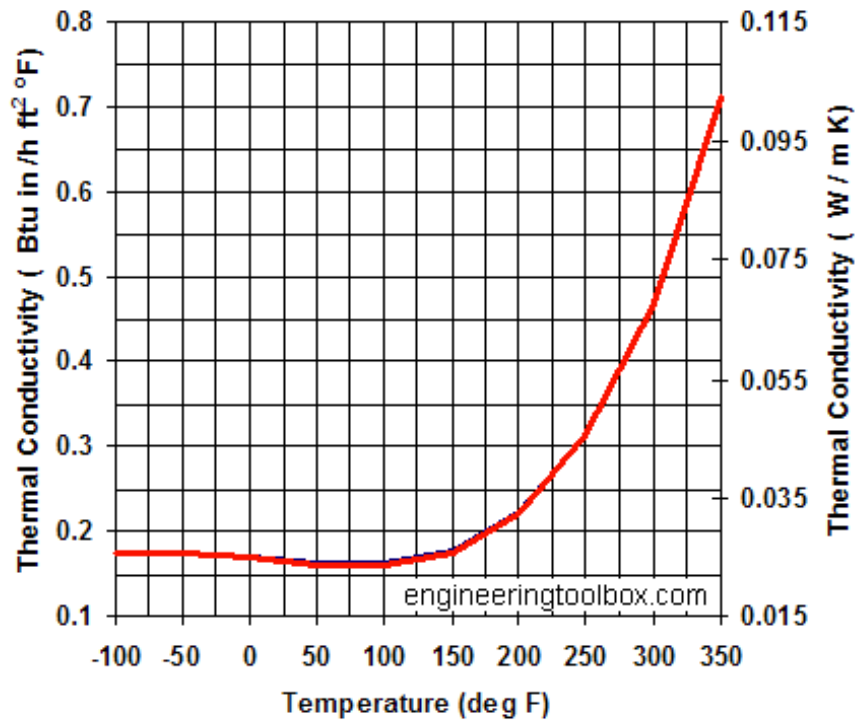


Gráfico 1 - Evolução da Condutividade Térmica com a Temperatura do poliuretano [7]

A Câmara apresenta uma porta rápida deslizante de 2,20m de largura e 3,70m de altura, automática que tem ainda instalada por trás uma porta rápida de lona de enrolar para garantir assim o bom isolamento da câmara.

Em termos de segurança para evitar o encarceramento de funcionários dentro da câmara irá ser instalado um alarme de encarceramento com um botão que permite ao utilizador da câmara pressionar e fazer soar um alarme sonoro e uma luz na central de alarmes. O aparelho apresenta uma autonomia de 10 horas de funcionamento.

Esta câmara apresenta a particularidade de ter estantes móveis motorizadas o que permite maximizar o espaço útil de arrumação dentro da câmara. As estruturas deslocam-se sobre rails e são movidas através de um comando controlado pelo operador.



Figura 3 - Pormenor da estrutura de armazenagem móvel da Câmara de Refrigerados

1.4.2. Câmara de Congelados - C2C

Esta câmara já desempenhava as funções de câmara de congelados, no entanto vai ser reformulada. A câmara apresenta dimensões de 20m de largura, 12m de comprimento e 10m de altura num total de 2400m³. Os produtos a armazenar são carnes magras que entrarão na câmara a -16°C num total de 6000kg por dia. A câmara de congelados tem uma temperatura interior de -25°C e um registador de temperatura que permite ver a que temperatura se encontra a câmara e ainda tem a função de registar um perfil de temperaturas ao longo de determinado período de tempo que pode posteriormente ser impresso. O nível de humidade é regulado através do funcionamento do evaporador. A sua função é armazenar os produtos congelados que são descarregados no Entrepasto. Apresenta uma humidade interior de 85% pelos mesmos motivos que já foram acima citados relativamente à câmara de refrigerados. O isolamento das paredes é poliuretano que foi escolhido por ser um dos isolantes mais eficazes do mercado como supracitado e o chão tem isolamento em cortiça. Em comparação com a cortiça que apresenta uma condutividade térmica de 0,044 W/m.K a 25°C, o poliuretano pode-se observar no Gráfico 1 que tem aproximadamente uma condutividade térmica de 0,022 W/m.K a 25°C.

O acesso à câmara é realizado através de uma porta rápida deslizante de 2,20 de largura e 3,70m de altura automática que tem ainda instalada por trás uma porta rápida de lona de enrolar tal como a Câmara de Refrigerados



Figura 4 - Porta da Câmara de Congelados

A nível de segurança e pelo facto de as portas da câmara serem automáticas logo fecham passados 10s a 15s de terem sido acionadas existe o perigo de avaria e de haver funcionários trancados no interior da câmara. Para solucionar este eventual problema irá ser instalado um alarme de encarceramento que é constituído por um pulsador com betoneira de emergência com iluminação, o sinal de alarme é dado visualmente através de uma luz e sonoramente através de um alarme. O aparelho tem uma capacidade de autonomia superior a 10 horas.



Figura 5 - Pormenor da estrutura de armazenagem fixa da Câmara de Congelados

1.4.3. Cais Refrigerado - CRE

O cais refrigerado é o local por onde se efetua a carga e descarga de todos os produtos e tem 17m de largura, 6m de comprimento e 4m de altura com um volume de 408m³. O cais é refrigerado a uma temperatura de 7°C e terá uma média de 6 funcionários a circular.

Dentro do cais encontra-se um registador de temperatura que permite controlar a temperatura do cais assim como registar um perfil de temperaturas ao longo de determinado período e imprimi-lo.

A função principal do cais de refrigerados, que tem três locais de descarga para veículos é a circulação de mercadorias para as câmaras. A necessidade de refrigeração do cais advém do facto de a mercadoria permanecer no local temporariamente enquanto os funcionários a deslocam a colocam nos respectivos locais dentro das câmaras. Este cais é portanto um local de circulação de pessoal e técnicos especializados. A ligação do cais refrigerado a ambientes não climatizados é feita através de portas pivotantes que garantem o bom isolamento do espaço climatizado.



Figura 6 - Porta pivotante de acesso ao exterior

O cais tem ligação direta ao pátio exterior através de uma porta de 0,80mx2,30m com 80mm de espessura e ligação à recepção através de outra de 1,40mx2,30m com 60mm de espessura. A descarga ocorre através dos três cais que se encontram de frente para as portas das câmaras frigoríficas de forma ao percurso de mercadorias ser o mais curto e rápido possível.



Figura 7 -Pormenor das portas exteriores de acesso aos cais para cargas e descargas.

1.4.4. Casa de Máquinas

A casa de máquinas é o local onde se concentram os equipamentos mais importantes ao funcionamento da Instalação Frigorífica sendo eles os compressores, o depósito de líquido e ainda o quadro eléctrico geral (QGBT).

Na casa de máquinas estão ainda presentes as tubagens provenientes do condensador que se encontra instalado num suporte metálico no exterior devido às suas dimensões assim como todas as outras tubagens do circuito frigorífico.

A casa de máquinas tem uma área de 22,05m² e por questões de segurança apenas tem acesso pelo exterior do Entrepasto, fica localizada nas traseiras do edifício, o mais perto possível foi instalado o condensador de forma a evitar grandes extensões de tubagens e consequentemente perdas decarga.

A tubagem fria tem isolamento térmico em espuma elastomérica em neopreno do tipo *Armaflex* sendo posteriormente aplicado ao isolamento um revestimento protetor *Armafinish*. Este tipo de isolamento apresenta um bom desempenho térmico (condutividade térmica baixa) e garante a redução do risco de infiltrações de humidade assim como a sua flexibilidade a baixa temperatura reduz o risco de danos no isolamento causado pela vibração do funcionamento dos equipamentos e também riscos relacionados com expansão e contração devido às variações de temperatura a que a tubagem está sujeita.

A tinta Armafinish é um produto da mesma gama do revestimento Armaflex. A sua composição é à base de água e polímero e é indicada para proteção contra raios violeta e variações de temperatura.

A casa de máquinas tem grelhas inferiores que permitem o escape do fluido frigorigéneo no caso de haver uma fuga e ainda irá ser instalado um detector de fugas com o objectivo de detecção de gases refrigerantes, neste caso destina-se à detecção de R-507. A detecção precoce de fugas é importante principalmente para segurança dos funcionários para evitar asfixia devido a concentrações de R-507 muito elevadas mas também para antecipar a eventual necessidade de reparação de uma fuga e fornecimento de fluido frigorigéneo.

O Quadro Eléctrico (QGBT) de construção estanque com armário em chapa de aço pintada a tinta de esmalte, destina-se à alimentação, proteção e comando de equipamentos electromotrizes e automatismos pertencentes à Instalação Frigorífica.

Contém os elementos eléctricos de protecção, comando e manobra da Instalação Frigorífica. Na parte frontal contém os indicadores necessários, que permitem visualizar em cada momento o funcionamento da instalação ou avaria.

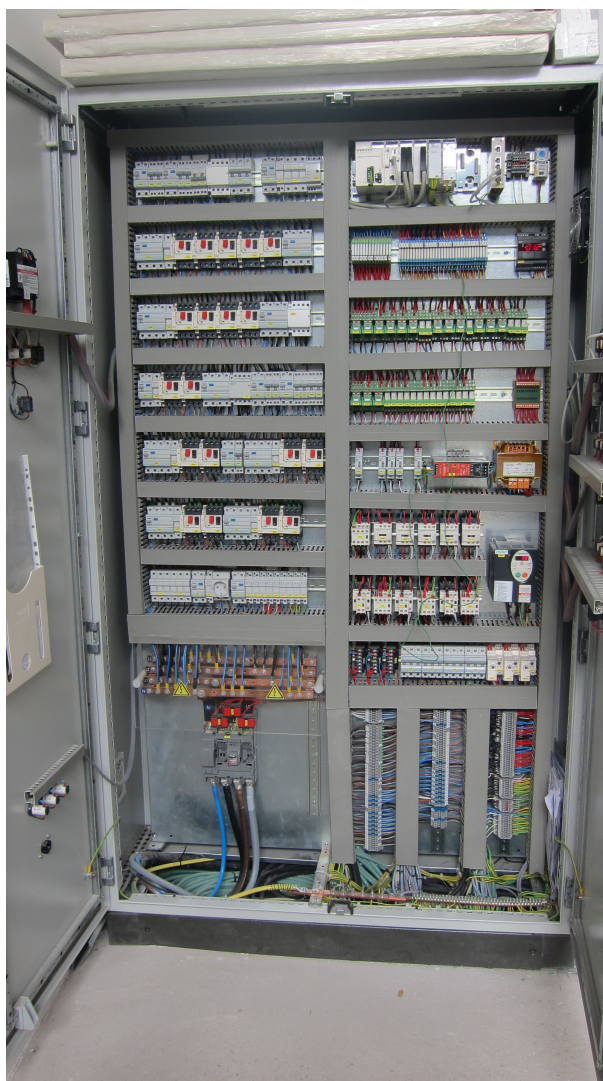


Figura 8 - Vista geral do QGBT

1.5.A proposta de Projeto

A Havi Logistics propôs à Johnson Controls o fornecimento, montagem e arranque de uma Instalação Frigorífica que engloba duas câmaras, uma de refrigerados e outra de congelados, bem como um cais refrigerado.

Após uma visita ao local e cuidada análise das instalações a proposta da Johnson Controls, que pode ser consultada no Anexo B, engloba:

- Uma Unidade Compressora do tipo parafuso para a câmara de congelados;
- Uma Unidade Compressora do tipo parafuso para a câmara de refrigerados e o cais refrigerado;
- Uma Unidade Compressora do tipo parafuso que ficará em estado de reserva aos dois regimes de funcionamento da instalação;
- Um Condensador Evaporativo;
- Um Depósito de Acumulação de Líquido;
- Um Separador acumulador de líquido para a linha de aspiração do compressor da câmara frigorífica de produtos congelados;
- Um Separador acumulador de líquido para a linha de aspiração do compressor da câmara frigorífica de produtos refrigerados e do cais;
- Dois Evaporadores de ar forçado para a câmara de congelados;
- Dois Evaporadores de ar forçado para a câmara de refrigerados;
- Um Evaporador de duplo fluxo de ar para o cais de refrigerados;
- Tubagens, isolamento térmico, válvulas e automatismos;
- Quadro eléctrico de potência, protecção, comando e controlo da instalação;
- Um Sistema de alarme de encarceramento em câmaras, sendo aplicados dois pulsadores de emergência por cada câmara;
- Um Detector de HFC a instalar na casa de máquinas.
- Um Sistema de registo de temperatura homologado pelo IPQ, conforme Portaria no1129/2009.

Após a apresentação desta proposta houve um novo contato por parte da Havi Logistics com a solicitação da adaptação da proposta anterior, visto que na câmara de refrigeradas passaram a ser conservados mais produtos, uma mistura entre produtos secos e produtos que já se encontram no estado refrigerado quando chegam às

instalações. Assim sendo em no Anexo C é apresentada a nova proposta da Johnson Controls.

1.6.Fases do Projeto

Em 1982 a ASHRAE formou um comité que tinha como objectivo discutir e documentar as boas práticas na execução e entrega de projetos de acordo com as direções do proprietário.

Em 1989 foi composto o ASHRAE 0-2005 Processo de Comissionamento que divide o processo em quatro fases e as define: Pré-projeto, Projeto, Construção e Comissionamento.[6]

O objetivo desta diretriz é descrever o processo de comissionamento capaz de verificar se a instalação e os seus sistemas atendem aos requisitos que o proprietário indicou.

Entende-se por comissionamento segundo o Guia da ASHRAE, o processo orientado por ferramentas e técnicas de qualidade que visa melhorar a entrega de um determinado projeto. O processo foca-se em verificar e documentar toda a instalação e os seus sistemas e montagens que são planeados, projetados, instalados, testados e operados de forma a cumprir os requisitos do proprietário para o projeto.

Os Requisitos de Projeto do Proprietário (OPR) descrevem o propósito do projeto, as intenções do proprietário e ainda especificam os requisitos mínimos do bom funcionamento do projeto segundo a perspectiva do proprietário.

Os procedimentos, métodos e requisitos de documentação nesta diretriz descrevem as várias fases do projeto e os Processos de Comissionamento associados do Pré-Projeto, através de ocupação e operação sem enumerar elementos específicos, montagens ou sistemas, e estabelece nos seguintes pontos:

- visão geral das atividades do processo de comissionamento;
- descrição dos processos de cada fase;
- requisitos para aceitação de cada fase;
- os requisitos para a documentação de cada fase, e requisitos para a formação de pessoal de operação e manutenção.

Neste projeto específico houve em primeiro lugar um contato por parte da Havi Logistics com a Johnson Controls com o intuito de dar a conhecer um projeto novo e o seu interesse em trabalhar com a Johnson Controls no mesmo.

Posteriormente houve uma reunião entre ambas as empresas com o objectivo de apresentação do projeto e descrição dos requisitos da Havi Logistics para o Entrepósito frigorífico tais como a localização, a utilização e tipo de cargas. Assim como a informação de que a infraestrutura já se encontrava construída dado a Havi Logistics ter adquirido o espaço a uma empresa que entrou em falência. A empresa anterior utilizava as duas câmaras como câmaras de congelados e a Havi Logistics pretende transformar uma das câmaras em câmara de refrigerados e manter a outra com a função de câmara de congelados.

Por fim e antes de ser iniciado o projeto foi realizada uma visita às instalações em São Julião do Tojal, mais especificamente ao Parque Industrial do Arneiro.



Figura 9 - Localização do Entrepósito Frigorífico no Parque Industrial do Arneiro, São Julião do Tojal

1.6.1. Fase de Pré-Projeto

A fase de pré-projeto consiste essencialmente no entendimento da visão do cliente para o projeto assim como na recolha das informações necessárias ao seu desenvolvimento.

O proprietário deverá indicar nesta fase vários parâmetros tais como:

- Cronograma do projeto e orçamento;
 - Dimensões exatas como área, altura e número de pisos do edifício;
 - O âmbito do processo de comissionamento e orçamento;
 - Restrições e limitações tais como regulamentos ou códigos locais de construção da zona em que está inserido o projeto;
 - Requisitos do usuário e descrição esclarecedora da função de cada área da instalação;
 - Os requisitos de ocupação e horários;
 - Requisitos e critérios de operação e manutenção para o projeto que reflitam as expectativas e capacidades do proprietário e as realidades do tipo de estabelecimento ou seja quais os objectivos funcionais desde a entrada em funcionamento até futuras utilizações;
 - Os objectivos ambientais e de sustentabilidade;
- as exigências comunitárias;
- Adaptabilidade para futuras mudanças de instalações e expansão;
 - Requisitos Acústicos entre muitos outros.

Muitas vezes é esta informação não fornecida ou é fornecida em termos gerais e não com as especificações que o Guia da ASHRAE sugere.

No caso do projeto em questão o cliente ainda não teria definido o horário de funcionamento ou o número de funcionários não havendo assim especificidade no parâmetro dos requisitos de ocupação e horários.

As indicações prestadas pelo cliente na fase de pré-projeto foram apenas as características da infraestrutura fornecendo a localização do Entreposto e a respectiva planta que lhe tinha origem na antiga empresa que faliu e por esse motivo apenas existe planta em formato papel e não em formato digital.

Em termos de requisitos acústicos e objectivos ambientais e de sustentabilidade houve a indicação apenas de ser necessário cumprir a legislação em vigor, tendo em conta que a Entreposto se localiza num Parque Industrial não havendo zona habitacional no raio de alguns quilómetros.

Em relação ao orçamento para a instalação, a Havi Logistics indicou que esta instalação será provavelmente de carácter temporário podendo ou não tornar-se definitiva dado que o espaço adquirido não tem possibilidades de expansão dentro do Parque Industrial do Arneiro e como tal esse fator deverá ter sido em atenção na escolha de equipamentos e soluções a adotar.

É da responsabilidade do projetista e da empresa nesta fase garantir os seguintes parâmetros:

- Facilitar o desenvolvimento e documentação de projeto de requisitos do proprietário;
- Desenvolver o âmbito e orçamento para o comissionamento das atividades e processo específicos do projeto;
- Verificar se atividades de comissionamento do processo são claras em todos os âmbitos de projetos;
- Construir e manter a coesão e cooperação entre a equipe do projeto;
- Reunir e organizar os documentos necessários a esta fase para o cumprimento dos requisitos do proprietário entre outros;

1.6.2. Fase de Projeto

Da fase de pré-projeto resultou a primeira proposta da Johnson Controls à Havi Logistics que pode ser encontrada no Anexo B.

Nesta fase o proprietário deverá aceitar formalmente a proposta enviada que resultou da fase de pré-projeto.

Neste caso e como a Havi Logistics é uma empresa com vários clientes e em constante mudança e evolução, houve a necessidade de modificar os parâmetros do Entrepasto frigorífico.

Na reunião e proposta inicial apenas foi indicado que o produto a armazenar tanto na Câmara de Congelados como na Câmara de Refrigerados seria maioritariamente carnes magras. Após o envio da proposta inicial a Havi Logistics indicou que a Câmara de Congelados continuaria a ser para armazenar carnes e a Câmara de Refrigerados seria para armazenar também produtos diversos, tendo-se considerado para efeito de cálculos de cargas térmicas que se armazenará 35% produtos refrigerados e 65% produtos secos havendo uma entrada diária de 2.800 kg produtos refrigerados e 5.200 kg produtos secos.

Foi necessário portanto voltar a elaborar uma proposta condizente com as novas especificações do cliente que se encontra no Anexo C.

A proposta elaborada inclui os cálculos termodinâmicos necessários para averiguar a carga térmica das câmaras, assim como a escolha dos respectivos equipamentos e da documentação referente aos mesmos como as suas fichas técnicas.

1.6.3. Fase de Construção

Ao longo desta fase foi realizado o processo de instalação e inspeção dos equipamentos para garantir que todo o processo está de acordo com os requisitos do proprietário.

Esta fase foi seguida por outro Engenheiro que trabalha exclusivamente fora das instalações da Johnson Controls em Carnaxide, mas seguindo sempre as indicações do projetista e de acordo com o Projeto já elaborado e aprovado anteriormente.

Esta fase também pode incluir atividades de negociação e contratação de funcionários por parte do proprietário.

A instalação de todos os equipamentos, válvulas, filtros e respetivas tubagens decorreu sem qualquer percalço.

Após o fim da instalação e quando a instalação foi carregada com o fluido frigorífero e colocada em funcionamento.

1.6.4. Fase de Comissionamento

Esta é a ultima fase do projeto e é onde a Johnson Controls entrega definitivamente o projeto à Havi Logistics.

Neste ponto do projeto é necessário carregar a instalação com o fluido R-507 e iniciar o funcionamento de todos os equipamentos para testar o bom desempenho da instalação na totalidade.

Inicia-se assim a fase de testes à instalação, sendo que as câmaras ainda se encontram vazias e a instalação ainda não tem todos os seus funcionários a laborar em regime normal de funcionamento.

Houve um cuidado ao realizar o abaixamento da temperatura na Câmara de Congelados sendo que esta diminuição de temperatura foi realizada lentamente para se evitarem danos nos painéis como contrações dos mesmos danificando toda a Câmara.

Procedeu-se à diminuição de temperatura desde os -3°C até atingir a temperatura de funcionamento pretendida, -25°C , ao longo de sensivelmente uma semana.

Na Câmara de Refrigerados e por esta ter um regime de temperatura na gama dos valores positivos puderam ser logo programados os equipamentos para que funcionasse no seu regime normal de 0°C dentro da mesma.

Após a verificação do bom funcionamento de toda a instalação iniciou-se o processo de carga de produtos dentro das câmaras.

Ao longo desta fase o Engenheiro responsável pelo acompanhamento da instalação dos equipamentos supervisiona o carregamento de produto no Entreposto Frigorífico e o comportamento de toda a instalação.

O Entreposto Frigorífico começou assim a laborar normalmente com todos os seus funcionários e com cargas e descargas diárias de produto.

2. Indústria Frigorífica

2.1.A Cadeia de Frio

Todos os géneros alimentícios sofrem desde a sua produção até ao seu consumo várias alterações e de forma a manter a qualidade e segurança dos produtos é necessário conservá-los da melhor forma possível e para isso recorre-se ao Frio nomeadamente à Indústria Frigorífica.

A cadeia de frio engloba todo o percurso que determinado bem alimentar efetua até chegar ao consumidor final, em termos simplistas a cadeia de frio vai desde a exploração agrícola até à mesa. Na figura apresentada é possível distinguir claramente as várias fases da cadeia de frio.

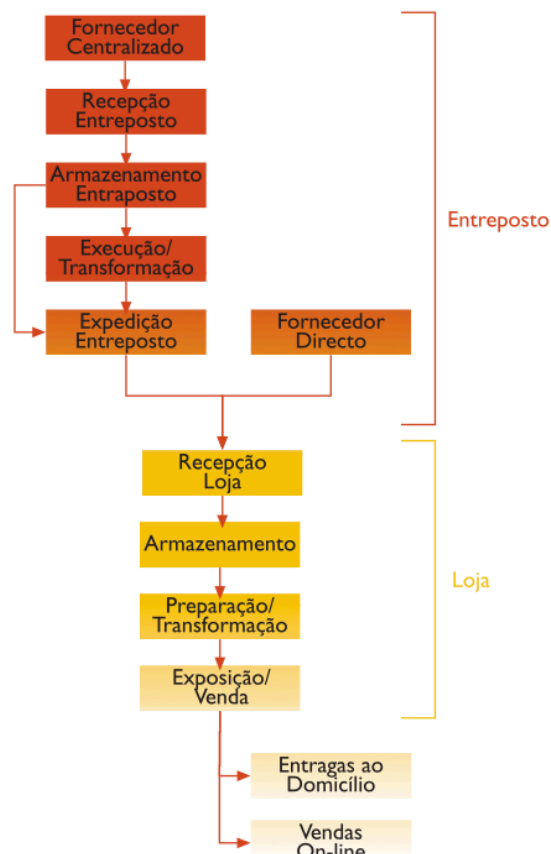


Figura 10 - Fluxograma das etapas da distribuição alimentar - cadeia de frio.[8]

As boas práticas de manuseamento dos alimentos ao longo da cadeia de frio devem ser postas em práticas por todas as entidades intervenientes no processo, até mesmo o consumidor final, na forma como cozinha e manuseia os alimentos.[9]

Segundo o Regulamento (CE) N.º 852/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho publicado no Jornal Oficial da União Europeia, relativo à higiene dos géneros

alimentícios, ao longo da cadeia de frio os operadores do sector alimentar são os principais responsáveis pela segurança dos produtos manuseados, assim como se verifica uma necessidade de garantir a segurança ao longo de toda a cadeia alimentar começando na produção primária. O mesmo documento enfatiza ainda a importância da cadeia de frio no caso dos alimentos congelados e refrigerados que deve ser regulada segundo os código de boas práticas mas também respeitando as regras de higiene explícitas no sistema Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). [10]

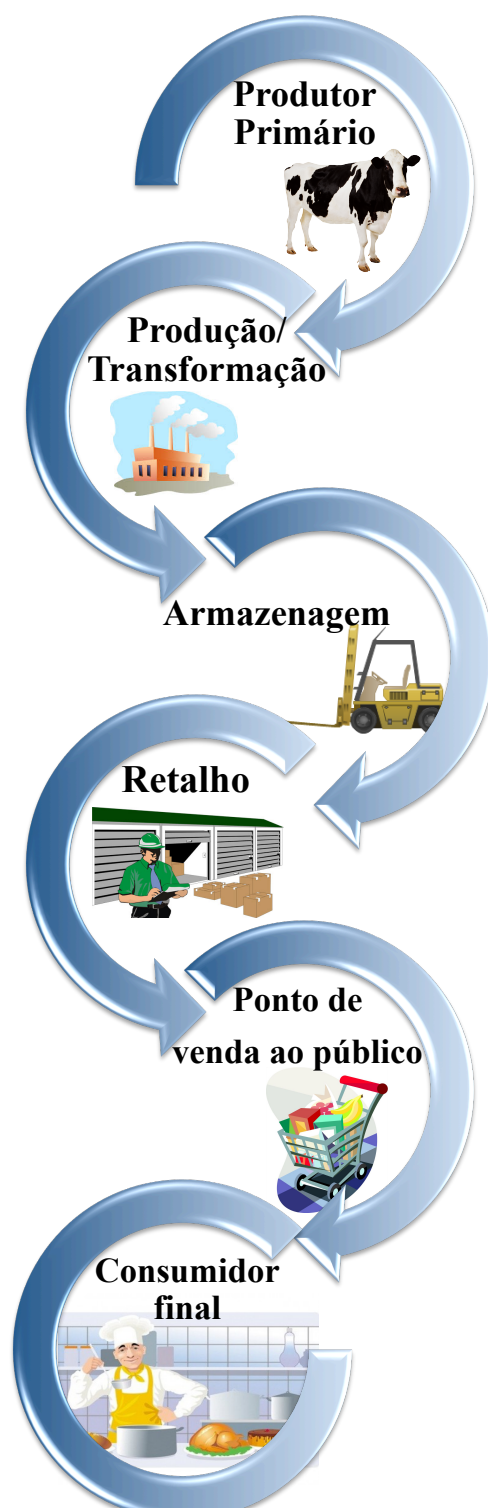


Figura 11 - Diagrama geral das etapas principais da cadeia de frio

No diagrama acima representado ilustram-se as principais etapas da cadeia de frio, sendo que todas as setas a azul representam um meio de transporte, ou seja o produto desde do produtor primário ao consumidor final é sujeito várias etapas de transporte. Percebe-se então pela Figura 11 a importância do transporte ao longo de toda a cadeia. É de extrema importância que não haja grandes oscilações de temperatura durante o transporte pois quanto mais constante for a variação da temperatura mais garantias há que a qualidade do produto se mantém.

O transporte do produto pode ser realizado por diversos meios, nomeadamente via terrestre, via marítima ou via aérea. A escolha do meio de transporte tem em consideração vários fatores relacionados com o bem alimentar que se pretende transportar, tais como (McKinnon, 1989):

- Fatores inerentes ao trânsito do produto, como a urgência, a fragilidade, a perecibilidade e a regularidade do envio;
- Fatores relativos à organização, assim como a dimensão da empresa, política de armazenamento e estrutura espacial da produção;
- Fatores intrínsecos ao serviço tais como tempo de respostas, ligação com o cliente e acessibilidades.

Ao longo do transporte deve ser garantido que produtos refrigerados sejam mantidos a 4°C ou menos e que produtos congelados sejam conservados a -18°C ou menos.

Ao longo do transporte é preciso ter em atenção a remoção de cargas térmicas provenientes:

- da temperatura ambiente elevada (devido a trocas de calor com o exterior);
- de massas de ar quente acumuladas dentro do contentor de transporte devido à radiação solar incidente e à radiação própria;
- do calor armazenado na estrutura do contentor devido à frequência da abertura das portas;
- da respiração dos produtos refrigerados, que apenas se verifica em frutas e vegetais quando estes ainda não se encontram totalmente mortos. [12]

Durante o período em que o produto está armazenado existem cargas térmicas geradas por diversos fatores que é necessário remover pelo equipamento adequado. As cargas provenientes da troca de calor do material (chão/expositor/paredes) com o ambiente, da frequência com que as portas do expositor ou da câmara estão abertas ou

ainda infiltrações que possam acontecer. No caso de frutas e vegetais é também necessária atenção à sua respiração nesta etapa.

2.2.Requisitos específicos ao longo da Cadeia de Frio

2.2.1. No transporte

A manutenção das temperaturas deve ser controlada de acordo com a legislação e mantida dentro dos intervalos estipulados;

Os contentores frigoríficos dos veículos de transporte devem apresentar um indicador da temperatura ambiente.

2.2.2. Na entrega/receção

A descarga dos produtos só pode acontecer quando houver pessoal disponível para o efeito e que coloque os produtos o mais rapidamente possível à temperatura adequada;

O pessoal especializado na descarga do produto deverá realizar uma inspeção visual à carga de forma a confirmar se encontra dentro dos critérios de aceitação e rejeição previamente determinados pela empresa;

Após a inspeção visual, as cargas que não cumprirem os critérios de aceitação deverão ser imediatamente rejeitadas;

A par com os critérios de aceitação/rejeição deverá estar estipulado e implementado um plano de controlo de temperaturas de entrega;

A descarga deve ser feita o mais rapidamente possível e os produtos devem ser armazenados num curto espaço de tempo e a temperaturas adequadas.

2.2.3. Na armazenagem

Nesta etapa deve ser garantida a circulação de ar entre os produtos assim como se deve separar fisicamente os alimentos cozinhados dos alimentos crus e matérias-primas para evitar contaminações;

Todas as instalações e equipamentos devem ter um indicador de temperatura o qual servirá para um controlo e registo diário. Periodicamente deve ser ainda registada a temperatura com um instrumento independente;

Fora dos ciclos de descongelação, as instalações e os seus equipamentos têm de ser mantidos a temperaturas apropriadas à conservação dos produtos que armazenam;

3. Conservação de Alimentos

Como já se referiu anteriormente no Capítulo 1, para haver uma redução da temperatura de determina local para um valor abaixo do valor de temperatura ambiente é necessário criar-se resistências térmicas elevadas de forma a contrariar o fluxo normal de calor.

O controlo dessas resistências térmicas elevadas que se formam prende-se com a construção de locais onde o ambiente seja controlado por meio de isolamentos e dimensionamento de equipamentos adequados a manter as temperaturas pretendidas.

Sabe-se que as temperaturas reduzidas não são tão eficazes para deter a atividade dos agentes de putrefação como as temperaturas mais elevadas, ainda assim o objectivo da conservação de alimentos por refrigeração é o uso de temperaturas reduzidas para suprimir ou retardar a atividade de enzimas e microrganismos que provoquem a deterioração dos produtos.

Segundo Dossat (2004) os bens alimentares podem ser agrupados em duas categorias para efeitos de conservação: os produtos que se mantêm vivos durante o seu armazenamento e distribuição e os que se encontram já mortos, sendo que esta ultima categoria, onde se engloba as carnes e os peixes, tem muito mais propensão à contaminação microbial e putrefação.

Nos produtos animais as enzimas que catalisam as reações de hidrólise e oxidação estão relacionadas com a decomposição das gorduras animais que provoca o ranço que é um dos principais factores que diminui o tempo de armazenagem do produto. O ranço, por ser causado por reações de oxidação das gorduras animais, varia conforme os tipos de animal e o seu teor em gorduras. Por exemplo, a carna de vaca tem maior duração de armazenagem que a carne de porco ou peixe porque os seus tecidos gordurosos são muito mais estáveis. [3]

3.1. Factores que afectam a conservação de alimentos

3.1.1. Temperatura

A temperatura é um factor de concepção importante pois é o factor que apresenta mais influência sobre o crescimento microbiano que pode deteriorar e levar à putrefação dos bens alimentos a conservar. Assim sendo existem limites de temperatura dentro dos quais as reações enzimáticas que levam ao desenvolvimento de microrganismos contaminantes são favorecidas.

Tabela 1 - Relação entre a temperatura e as reações enzimáticas[12]

Gama de Temperatura	Ação Enzimática
30°C a 40°C	condições óptimas para reações enzimáticas
50°C a 90°C	condições favoráveis à destruição de enzimas
12°C a -2°C	aumenta o tempo de vida útil do produto diminuindo a velocidade das reações enzimáticas sem as parar (é a temperatura de refrigerados)
>-18°C	aumenta ainda mais o tempo de vida útil, mas em períodos longos de conservação ainda se podem desenvolver microrganismos

Apesar de a temperaturas menores que -18°C a atividade enzimática já estar muito reduzida, determinados microrganismos são bastante resistentes à temperatura e conseguem sobreviver em regimes bastante adversos, tendo-se já verificado presença de atividade microbiana a -195°C-

É portanto importante manter um controlo rígido da temperatura dentro dos espaços que se destinam a conservação de bens alimentares. [3]

3.1.2. Humidade Relativa

A humidade relativa do ar é especialmente importante na conservação de alimentos não embalados pois estes estão mais vulneráveis aos efeitos do ar envolvente.

Uma das principais causas de degradação e perda de qualidade do produto é a desidratação, ou seja é a perda de humidade da superfície do produto por evaporação. No caso das carnes, produto a conservar neste Entrepasto, a desidratação causa

descoloração, encolhimento e perda de peso o que se traduz visualmente numa má apresentação do produto para além da perda de qualidade.

A humidade muito elevado é benéfica ao desenvolvimento de microrganismos e é necessário haver um controlo do valor da humidade, por outro lado humidades relativas baixas desidratam o produto. O ideal é que a humidade relativa seja alta, na ordem do 80% a 90% mas que haja uma temperatura reduzida, pois combinando os dois factores é mais eficaz a diminuição das reacções enzimáticas. [2]

3.1.3. Circulação de Ar

A circulação de ar é imprescindível para que a câmara se mantenha a uma temperatura uniforme e assim haver uma boa conservação de todos os produtos independentemente da sua localização dentro da câmara.

A movimentação do ar faz aumentar o coeficiente de transmissão de calor por convecção do ar que se encontra em repouso, em cerca de 10 vezes o que potencia uma melhor conservação.

Outro aspecto relevante é a circulação de ar promover a evaporação de água da superfície do produto contribuindo assim para um controlo microbiano, diminuindo as condições favoráveis ao desenvolvimento de bactérias.

Para que a circulação de ar se efetue corretamente também é necessário haver uma boa gestão da carga da câmara, respeitando os limites dos suportes das paletes de forma a que o ar consiga circular em toda a câmara.

3.1.4. Isolamento Térmico

O isolamento térmico de espaços refrigerados é necessário de forma reduzir as trocas de calor entre espaços refrigerados e não refrigerados, ou espaços refrigerados a temperaturas diferentes.

A escolha do tipo de isolamento a utilizar deve ter em conta o tipo de instalação assim como o tipo de material. Um material é bom isolante térmico quando apresenta baixa condutividade térmica, ou seja reduzida capacidade de conduzir calor. Normalmente estes materiais são também porosos o que beneficia a sua performance em termos de baixa condutividade, devido ao ar acumulado nos poros, como é o caso da espuma de poliuretano utilizada.

O poliuretano reúne muitas vantagens na sua utilização como isolante, tais como:

- A sua capacidade de resistência a ventos fortes e a atividade sísmica;
- O seu desempenho térmico eficiente;
- O seu bom isolamento acústico;
- A sua capacidade de resistir à transmissão de calor, ou seja tem elevada resistência térmica (R);
- Tem uma longa duração;
- Tem um baixo peso e é de fácil aplicação;
- A facilidade de aplicação faz com que o seu tempo de aplicação seja curto e exija pouca mão de obra;
- Apresenta boa flexibilidade e uma resistência a compressão elevada importante na aplicação de painéis em sandwich como é o caso desta instalação;

O poliuretano utilizado para construir o isolamentos das câmaras em painéis de sandwich apresenta ainda a vantagem de ser estanque e por isso evitar a ação da condensação da água nas paredes frias dado que o vapor de água naturalmente presente no ar atmosférico tem tendência a deslocar-se de zonas de pressão parcial mais alta para zonas de pressão parcial mais baixa fazendo então com que se desloque para o interior das câmaras e possa congelar.

Em relação às águas dos esgotos e para evitar o seu congelamento foi implementado o sistema de descongelação utilizando resistências eléctricas no prato do evaporador.

3.1.5. Velocidade de congelação

A velocidade de congelação é um factor importante na manutenção da integridade do produto e consequentemente da sua qualidade.

A velocidade de congelação tem de ser controlada para evitar o aparecimento de cristais de gelo. Os cristais de gelo são formados quando há uma congelação lenta do produto, dando tempo aos cristais para se desenvolverem nos tecidos e podendo causar a sua ruptura e danificar o produto. Sendo assim o ideal é optar por um método de congelação rápido para diminuir o tamanho dos cristais de gelo ou mesmo evitar o seu aparecimento. Numa congelação rápida, em menos espaço de tempo os cristais de gelo formados são de pequenas dimensões e quase sempre no interior da célula não provocando danos relevantes no bem alimentar. [2]

3.2. Armazenagem de produtos refrigerados

A armazenagem de bens alimentares pode ser efectuada de diferentes formas, existem até produtos que não necessitam de refrigeração para a sua conservação e que se forem conservados a temperaturas baixas podem ficar danificados e comprometer a sua qualidade, como é o caso da maçã, do tomate ou da alface.

No entanto o tempo de conservação da maioria dos alimentos pode ser aumentado através de utilização de temperaturas mais baixas do que a temperatura ambiente para a sua conservação.

A maioria dos alimentos que necessitam de refrigeração são armazenados à temperatura de congelamento da água, cerca de 0°C. No entanto há exceções e existem determinados produtos que são armazenados a temperaturas superiores a 0°C.

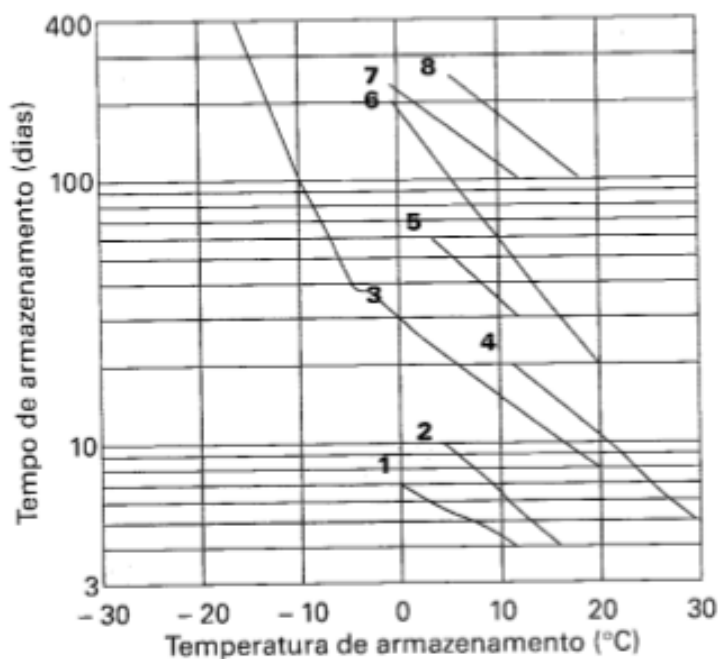


Gráfico 2 - Estimativa do tempo de exposição em função da temperatura

1- Frango; 2- Peixe; 3- Carne; 4- Banana; 5- Laranja; 6- Maça; 7- Ovos; 8- Maça armazenada em atmosfera controlada de bióxido de carbono.

Como se pode verificar pela análise da Gráfico 2, a diminuição da temperatura de conservação provoca o aumento do período de armazenamento

3.3. Armazenagem de produtos congelados

O congelamento é hoje em dia uma das formas mais comuns de conservação de alimentos. Os métodos de congelamento de alimentos remontam a 1915 e eram necessários com a tecnologia da época, vários dias para efetuar o congelamento de determinado produto.

O congelamento de bens alimentares envolve três fases distintas, o arrefecimento até à temperatura de congelação, ou seja a remoção do calor sensível, o congelamento do produto retirando-lhe o calor latente e por fim o arrefecimento até à temperatura desejada para a conservação. Este processo é ilustrado na Gráfico 3.

Atualmente com a evolução da tecnologia existem diversos métodos de congelação de alimentos, uns mais rápidos e mais eficientes que outros. Por exemplo um método bastante usado de congelação rápida que permite manter a qualidade do produto com a diminuição do aparecimento de microcristais de gelo é o túnel de congelação onde circula ar frio a alta velocidade ou o congelamento por criogénio.

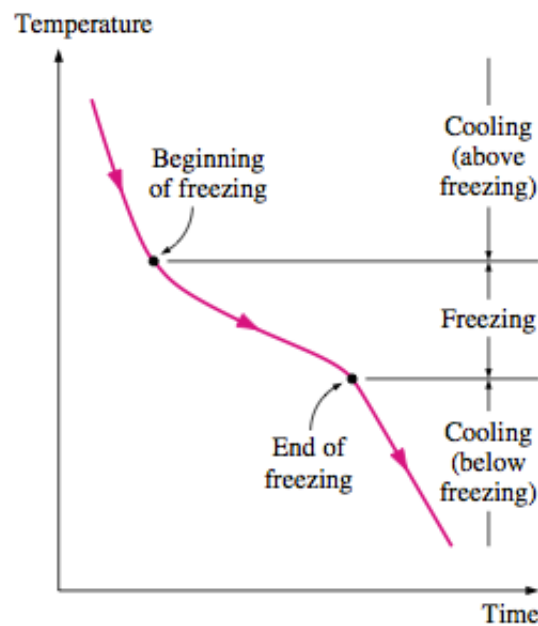


Gráfico 3 - Curva de congelação de um bem alimentar

4. Condições e exigências higieno-sanitárias a cumprir

4.1. Legislação

A legislação portuguesa prevê um conjunto de regras e normas de forma a uniformizar métodos de trabalho e manuseamento de produtos assim como a garantir a segurança alimentar ao longo de todos os processos.

As exigências higieno-sanitárias e regras técnico-funcionais mais relevantes para este projeto estão explícitas na seguinte legislação:

- Regulamento (CE) N.º 852/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 - Higiene dos géneros alimentícios;
- Regulamento (CE) N.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 - Estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal;
- Regulamento (CE) N.º 854/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 - Estabelece regras específicas de organização dos controlos oficiais de produtos de origem animal destinados ao consumo humano;
- Regulamento (CE) N.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de Janeiro de 2002 - Determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios;
- Norma Portuguesa NP-1524 de 25 de Março de 1987, relativo aos transportes terrestres de produtos perecíveis - Características e utilização;
- Despacho n.º 24693/2003 de 23 Dezembro reconhece o Instituto da Soldadura e Qualidade (ISQ) como entidade competente para certificar a conformidade dos equipamentos especializados para o transporte de produtos alimentares perecíveis;
- Decreto-Lei n.º 147/2006 de 31 de Julho que aprovou o Regulamento das Condições Higiénicas e Técnicas a Observar na Distribuição e Venda de Carnes e seus Produtos;
- Decreto-Lei n.º 207/2008 de 23 de Outubro que regulariza a distribuição e venda de carnes e seus produtos;

- Acordo relativo a transportes internacionais de produtos alimentares perecíveis e aos equipamentos especializados a utilizar nestes transportes (ATP), em vigor a 14 de Agosto de 1987 e revisto pela última vez a 13 de Novembro de 2014

Para além da legislação supracitada existem também existem códigos e manuais que apresentam regras práticas que podem ser seguida como padrões mínimos para a refrigeração industrial, tais como:

- *Codex Alimentarius* - Código Alimentar da Comissão conjunta da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e da Organização Mundial de Saúde (OMS), 2006;
- Código de Boas Práticas para o Transporte de Alimentos da Associação de Restauração e Similares de Portugal (ARESP);
- Código das Boas Práticas da Distribuição Alimentar elaborado pela Comissão de Produtos Alimentares e Segurança Alimentar da Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição (APED);
- Guia de Boas Práticas de Higiene e Segurança Alimentar compilado pela Câmara Municipal do Porto;
- Guia para Controlo da Segurança Alimentar em Restaurantes Europeus elaborado de Bolton, D.J. & Naubsell, B. (2006);
- Livro Branco sobre a Segurança dos Alimentos apresentado pela Comissão das Comunidades Europeas (CEE) em 2000.

De acordo com a legislação referida anteriormente descreve-se de seguida algumas das diretivas mais relevantes para Entrepósitos de armazenagem de produtos refrigerados e congelados:

- Qualquer género alimentício armazenado numa empresa do sector alimentar deve ter garantido o correto armazenamento para evitar deterioração e contaminações
- As instalações frigoríficas que armazenam bens alimentares devem proporcionar condições adequadas ao manuseamento e armazenagem a temperaturas adequadas que devem ser controladas e registadas;
- A carne deve ser mantida a uma temperatura de no máximo 7°C e em condições de ventilação adequadas para que seja evitada a condensação na superfície da carne;

- A carne embalada deve ser transportada e armazenada separadamente da carne exposta caso o transporte se dê em simultâneo, a não ser que sejam garantidas as condições de embalagem com materiais que evitem a contaminação cruzada;
- É dever dos operadores de empresas de géneros alimentícios retirar do mercado produtos por si comercializadas que possam estar contaminados, em não conformidade com os requisitos mínimos de segurança alimentar, e notificará de imediato as autoridades competentes;
- A distribuição de carne desde a origem até ao destino deve ser efetuada o mais rapidamente possível;
- Para garantir a segurança e qualidade da carne a ser distribuído, está regulamentada a temperatura a esta deve ser mantida para que seja mantida a sua conservação em perfeito estado;

Tabela 2 - Temperaturas de distribuição, conservação e exposição de carnes e derivados presente em anexo no Decreto-Lei n.º 147/2006.

Temperaturas de distribuição, conservação e exposição das carnes e seus produtos

(n.º 1 do artigo 2.º do Regulamento)

Carnes e seus produtos	
Estado e natureza	Temperatura máxima (em graus centígrados) (1)
Ultracongelados (1)	
1 — Carnes e seus produtos	(3) - 18
Congelados (1)	
2 — Carnes de reses	- 12
3 — Carnes de aves	- 12
4 — Carnes de coelho	- 12
5 — Carnes de caça	- 12
6 — Preparados de carne	- 12
7 — Carne picada	(4)
8 — Miudezas	- 12
9 — Gorduras animais fundidas	- 12
Refrigerados (2)	
10 — Carnes frescas	+ 7
11 — Carnes de aves	+ 4
12 — Carnes frescas de coelho	+ 4
13 — Carnes de caça de criação e de caça selvagem menor (8)	+ 4
14 — Carnes de caça selvagem maior	+ 7
15 — Carne picada	+ 2
16 — Preparados de carne com carne picada	(5) + 2
17 — Preparados de carne	+ 4
18 — Produtos à base de carne	(6) + 6
19 — Gorduras animais frescas	+ 7
20 — Miudezas e vísceras frescas	+ 3

(1) Estado congelado ou ultracongelado — a temperatura interna do produto é a temperatura máxima indicada, sem limite inferior.

(2) Estado refrigerado — a temperatura interna do produto deve estar compreendida entre a temperatura máxima indicada e a temperatura do início do ponto de congelação.

(3) Sem prejuízo do estipulado no artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 251/91, de 16 de Julho.

(4) Só para ultracongelados.

(5) Para os preparados de carne com carne fresca, + 7º C, com carne de aves, + 4º C, e para os que contenham miudezas, + 3º C.

(6) Com exclusão de produtos estabilizados por salga, fumagem, secagem ou esterilização.

(7) Tolerância máxima de 3º C para produtos congelados, quando da distribuição e em armários e expositores de venda.

(8) Inclui as peças inteiras de caça selvagem menor comercializadas com pele ou penas, previstas no n.º 3 do artigo 8.º

- As caixas frigoríficas dos veículos de transporte de carnes devem apresentar paredes, teto e pavimento com isolamento adequado de material inócuo, inalterável, impermeável e de fácil limpeza e desinfeção;
- O pessoal responsável por realizar a carga e descarga da carne deve utilizar vestuário específico à tarefa a desempenhar, que seja de cor clara, fácil lavagem e desinfeção e que se encontre em perfeito estado de limpeza;
- Devem existir instalações próprias para a armazenar os utensílios e produtos de limpeza e desinfeção, constituídas por materiais resistentes à corrosão e de fácil limpeza com pontos de água fria e quente.

4.2. Certificação

Em termos de certificação a norma NP EN ISO 22000:2005 *Sistemas de gestão da segurança alimentar - Requisitos para qualquer organização que opere na cadeia alimentar* prevê a segurança alimentar ao longo de toda a cadeia alimentar através do controlo dos variados perigos inerentes aos géneros alimentícios.

Esta norma foi elaborada pelo comité técnico da ISO, *ISO/TC 34 Agricultural Food Products* em colaboração com o comité de Normalização Europeia *CEN/SS C01 Food Products* daí que seja conjuntamente uma norma internacional (ISO) e uma norma europeia (EN) e é aplicável a qualquer empresa que esteja de alguma forma envolvida em alguma etapa da cadeia alimentar.

Em 2005 surgiu a necessidade do ISO/TC 34 publicar a *ISO/TS 22004:2005 Food Safety management systems - Guidance on the application of ISO 22000:2005* que tem como objectivo facilitar a implementação da ISO 22000:2005.

A NP EN ISO 22000:2005 regulamenta os requisitos para qualquer organização que opere na cadeia alimentar. A 15 de Fevereiro de 2007 foi criada a norma que prevê os requisitos para os organismos de certificação de sistemas de gestão de segurança alimentar, a *ISO/TS 22003 Food safety management systems - Requirements for bodies providing audit and certification of food safety management systems*.

As especificações da NP EN ISO 22000:2005 estabelecem como elementos fulcrais para garantir a segurança ao longo da cadeia alimentar:

- a comunicação interativa;
- a gestão do sistema;
- os programas pré-requisito;
- os princípios HACCP.

De acordo com o funcionamento do Entrepasto frigorífico uma equipa predefinida de segurança deverá identificar os perigos e decidir quais são aqueles que necessitam de controlo e quais as medidas a aplicar, identificando-se assim os pontos críticos de controlo (PCC).

Após a identificação do PCC é necessário para que haja uma boa implementação da política de segurança alimentar que estará previamente definida pela gestão de topo.

A garantia da segurança alimentar dentro das instalações do Entrepasto frigorífico só consegue ser garantida se houver uma comunicação transversal entre todos os funcionários, se forem seguidas as políticas de segurança alimentar e códigos de boas práticas e implementado o HACCP que identificará os PCCs e em caso de

acontecer alguma inconformidade essa será automaticamente corrigida através de medidas previamente definidas.

5. Dimensionamento da Instalação Frigorífica

5.1. O Ciclo Frigorífico Simples

Um sistema de refrigeração de uma instalação frigorífica tem como objectivo principal remover o calor de determinada fonte e transferi-lo para um dissipador de energia.

Em termos gerais, um ciclo frigorífico simples envolve quatro componentes importantes, o compressor, o condensador, o evaporador e a válvula de expansão.

O compressor comprime o fluido frigorigéneo desde a pressão de evaporação até à pressão de condensação, a potência absorvida pelo compressor é transmitida na sua totalidade para o fluido.

O fluido é levado através das tubagens até ao condensador onde entra como vapor sobreaquecido e se dá uma troca de calor com o ar exterior que é o meio de arrefecimento, o que faz com que o fluido arrefeça e condense.

De seguida o fluido como líquido saturado passa através da válvula de expansão onde a sua pressão e temperatura cai drasticamente devido ao estrangulamento ocorrendo uma expansão até à pressão a que está no evaporador. Este processo é considerado um processo a entalpia constante e o fluido sai da válvula como uma mistura de vapor e líquido.

O fluido após passar através da válvula de expansão fica com uma temperatura inferior aquela do meio a ser arrefecido e entra assim no evaporador como uma mistura saturada recebendo o calor que é retirado ao espaço a refrigerar, neste caso as câmaras frigoríficas e o cais refrigerado, provocando a evaporação do fluido que fica novamente em condições de prosseguir para o compressor. O vapor entra no compressor ligeiramente sobreaquecido para garantir que está totalmente vaporizado.

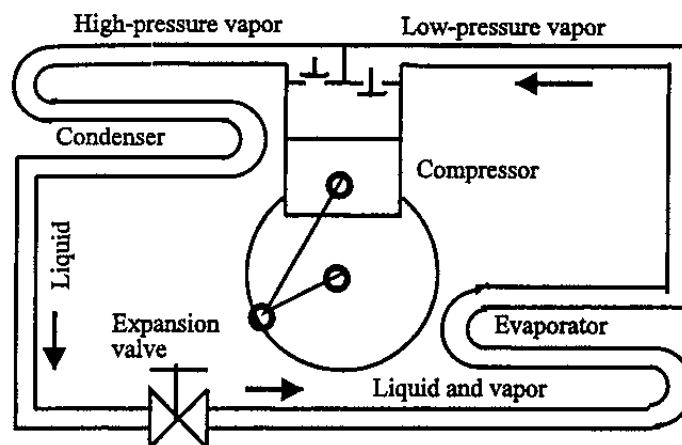


Figura 12 - Ciclo de Refrigeração simples [4]

5.2. Fluido Frigorígeno

Devido à política da Johnson Controls foram considerados dois fluidos refrigerantes para esta instalação, o R-507 e o R-404, tendo sido selecionado o R-507.

Misturas azeotrópicas são misturas de dois ou mais líquidos, em que a composição do vapor e do líquido é a mesma, em equilíbrio e que apresentam um comportamento de mono-componente a várias temperaturas e concentrações, ou seja o ponto de ebulição não se altera e a temperatura mantém-se constante durante a ebulição.

O R-507 é um exemplo de mistura azeotrópica composta por dois hidrofluorcarbonetos, o HFC-125 (53%) e HFC-143a (47%). As suas temperaturas de ebulição são muito semelhantes assim como as curvas de pressão de vapor.

Não é um fluido potencialmente perigoso para a destruição da camada do ozono, tem baixa toxicidade e não é inflamável.

Este fluido foi desenvolvido para a substituição do R-502 e é utilizado maioritariamente em equipamentos novos e que apresentam baixa temperatura de evaporação o que é o caso da instalação em questão onde todos os equipamentos são novos. O R-507 tem uma menor temperatura de descarga o que é benéfico para o compressor, prolongado assim a sua vida útil.

As propriedades gerais do R-507 são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Propriedades do R-507[13]

General Properties of DuPont R-507

Boiling Point (1 atm), °C (°F)	-46.7 (-52.1)
Critical Temperature, °C (°F)	70.9 (159.6)
Critical Pressure, kPa (psia)	3793.6 (550)
Latent Heat of Vaporization at Boiling Point, kJ/kg (Btu/lb)	200.5 (86.2)
Saturated Vapor Density at -15°C, kg/cu m (lb/cu ft)	19.6 (1.23)
Ozone Depletion Potential	0
Global Warming Potential	3900
DuPont AEL*, ppm (8 and 12-hour T.W.A.)	1000
Flammability	None

* AEL (Acceptable Exposure Limit) is an airborne exposure limit established by DuPont toxicologists to which nearly all workers can be repeatedly exposed during a 40-hour workweek, or 8-hour day, without adverse effects. This limit for R-507 is calculated based on the AEL for its individual components.

A taxa ODP (Ozone Potencial Depletion) é a taxa que traduz a quantidade relativa de degradação que determinado fluido frigorigéneo pode causar à camada do ozono.

A taxa GWP (Global Warming Potencial) é uma taxa que ilustra o quanto uma determinada massa de fluido frigorigéneo contribui para o aquecimento global.

Tabela 4 - Taxa ODP e GWP para diversos fluidos refrigerantes

Refrigerant	Ozone Depletion Potential (ODP)	Global Warming Potential (GWP)
R-11 Trichlorofluoromethane	1.0	4000
R-12 Dichlorodifluoromethane	1.0	2400
R-13 B1 Bromotrifluoromethane	10	
R-22 Chlorodifluoromethane	0.05	1700
R-32 Difluoromethane	0	650
R-113 Trichlorotrifluoroethane	0.8	4800
R-114 Dichlorotetrafluoroethane	1.0	3.9
R-123 Dichlorotrifluoroethane	0.02	0.02
R-124 Chlorotetrafluoroethane	0.02	620
R-125 Pentafluoroethane	0	3400
R-134a Tetrafluoroethane	0	1300
R-143a Trifluoroethane	0	4300
R-152a Difluoroethane	0	120
R-245a Pentafluoropropane	0	
R-401A (53% R-22, 34% R-124, 13% R-152a)	0.37	1100
R-401B (61% R-22, 28% R-124, 11% R-152a)	0.04	1200
R-402A (38% R-22, 60% R-125, 2% R-290)	0.02	2600
R-404A (44% R-125, 52% R-143a, R-134a)	0	3300
R-407A (20% R-32, 40% R-125, 40% R-134a)	0	2000
R-407C (23% R-32, 25% R-125, 52% R-134a)	0	1600
R-502 (48.8% R-22, 51.2% R-115)	0.283	4.1
R-507 (45% R-125, 55% R-143)	0	3300
R-717 Ammonia - NH ₃	0	0
R-718 Water - H ₂ O	0	
R-729 Air	0	
R-744 Carbon Dioxide - CO ₂		1*

Observando a Tabela 4 verifica-se que o R-507 é um dos menos poluentes, o que faz dele uma opção viável atualmente em usos industriais.

A composição do R-404a é muito semelhante à do R-507 sendo 52% de R-143a, 44% de R-125 e 4% de R-134a. O R-404a apesar de ser mistura não azeotrópica comporta-se praticamente como azeotrópica devido à pequena percentagem de R-134a.

No caso de uma fuga de R-404a num instalação haverá libertação dos diferentes gases em diferentes percentagens, mas ainda assim o impacto da mudança de composição no fluido frigorigéneo da instalação não é muito significativo.

Tabela 5 - Propriedades do R-502, R-507 e R-404A [14]

	R502	R507	R404A
blend components	HCFE-22/CFC-115 (48.8 %-wt. / 51.2 %-wt.)	HFC-125/HFC-143a (50 %-wt. / 50 %-wt.)	HFC-125/HFC-143a/HFC-134a (44 %-wt. / 52 %-wt. / 4 %-wt.)
azeotrope	yes	yes	no
boiling point at 1,013 bar [°C]	-45.3	-46.5	approx. -46.4 (start of boiling)
density (liquid) at 25°C [kg/dm ³]	1.216	1.057	1.045
vapour pressure at 50°C [bar]	20.83	23.55	23.04
enthalpy of evaporation at -30°C [kJ/kg]	163.29	186.07	196.57
critical temperature [°C]	82	70.8	72.1
critical pressure [bar]	40.8	37.2	37.3
ODP [-]	0.23	0	0
H-GWP (rel. to R11=1.0)	18.1	0.84	0.83
flammable	no	no	no

Existem vários estudos realizados para comparar o funcionamento de determinados modelos de compressores a funcionar com diferentes fluidos frigoríficos. De seguida apresenta-se um gráfico comparativo de vários modelos de compressores, com diferentes condições de funcionamento, em relação ao seu consumo de energia utilizando R-507 e R-404a, normalizado ao Coeficiente de Performance (COP) do R-502.

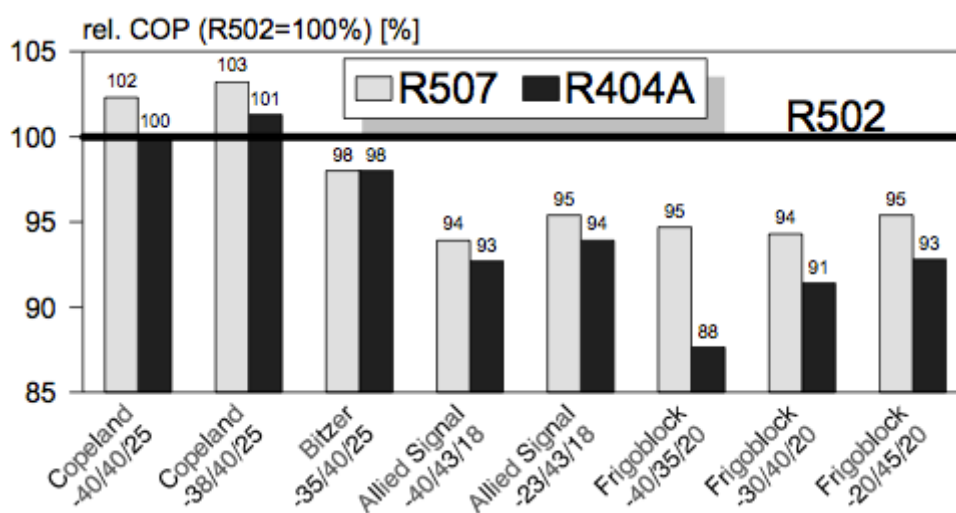


Gráfico 4 - COP para os fluidos R-507 e R-404a comparativamente ao fluido R-502 para diferentes compressores em diferentes condições de funcionamento. [14]

No Gráfico 4 estão identificados os nomes dos fabricantes seguidos da respectiva temperatura de evaporação, temperatura de condensação e do sobreaquecimento. Analisando o gráfico é perceptível o melhor desempenho do R-507 no geral, tendo melhor COP para todos os modelos e condições, excepto o Bitzer. [14]

5.3. Balanço Térmico

O balanço térmico de uma câmara frigorífica é o que permite determinar a potência frigorífica de determinado espaço e consequentemente escolher o tipo de equipamento a instalar para cumprir as exigências calculadas, no entanto devido aos vários fatores que afectam este cálculo e à possível complexidade e dificuldade em avaliá-los corretamente a tendência é sobredimensionar o sistema frigorífico de forma a ser possível haver uma resposta em condições mais críticas em comparação às que foram previstas.

É possível dividir o balanço térmico em termos de cargas térmicas a calcular em duas categorias diferentes: cargas térmicas devido a factores externos ao espaço refrigerado e cargas térmicas devido a fatores internos ao espaço refrigerado que podem ainda ser independentes ou dependentes do produto armazenado.

Temos então como cargas térmicas externas:

- A carga térmica devido a parede, tetos e pavimento;
- A carga térmica devido à renovação de ar;
- A carga térmica devido à abertura de portas.

As cargas térmicas internas são:

- As independentes do produto:
 - A carga térmica devido à iluminação;
 - A carga térmica devido ao pessoal de estiva;
 - A carga térmica devido aos empilhadores;
 - A carga térmica devido aos motoventiladores;
 - A carga térmica devido à criação de gelo no evaporadores.
- A dependente do produto é:
 - A carga térmica devida à temperatura do produto.

A metodologia de cálculo utilizada baseou-se no ASHRAE, Refrigeration (2006), RAPIN (1948) e no documento *Balanço Térmico de Instalações Frigoríficas* da autoria do Eng.º Matos Guerra.

5.3.1. Câmara de Congelados

Na Tabela seguinte apresentam-se as dimensões da Câmara de Congelados.

Tabela 6 - Dimensões, Áreas e Volume da Câmara de Congelados

Dimensões	m
Altura	10
Comprimento	20
Largura	12
Áreas	m²
S chão/tecto	240
S paredes laterais	120
S paredes frente/traseira	200
Volume	m³
C. Congelados	2400

Tabela 7 - Dados referentes às condições da Câmara de Congelados

DADOS		
Espessura isolamento (m):	Tecto/Paredes	0,15
	Pavimento	0,15
Condutividade Térmica PUR (W/m°C):	0,025	
Condutividade Térmica Cortiça (W/m°C):	0,035	
Temp. Câmara de Congelados	-25	
Temp. ext projecto (RCCTE):	32	
Temp. ambiente escritórios	25	
Temp. solo	23,5	
Temp. cais refrigerado	7	
Temp. câmara refrigerados	0	
v_{ext} (+7°C)	0,7737	
Humidade Relativa (+7°C)	80%	
Humidade Relativa (-25°C)	85%	
h_{ext}(+7°C) (kJ/Kg)	19,5	
h_{int}(-25°C) (kJ/Kg)	-17,5	
H porta	3,7	
L porta	2,2	
v_{int} (-25°C)	0,7029	
C (porta com cortina de ar)	1	
C₁ acima da temp congelação	3,268	
C₂ abaixo da temp congelação	1,748	
Temp. entrado produto	-16	

A condutividade térmica dos materiais como a espuma de poliuretano (PUR) e a cortiça foram valores retirados do RAPIN, Manual de Frio (1948).

Os valores do Calor Latente acima e abaixo da temperatura de congelação foram consultados no livro Refrigeration Systems and Applications (Dinçer, 2003) [17].

A Temperatura exterior de Projeto foi um valor obtido através da consulta do Quadro III.1 - Distribuição dos concelhos de Portugal continental segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência presente no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

O valor do volume específico do ar interior e exterior foi obtido através da aplicação da Equação dos Gases Perfeitos:

$$P.V = n.R.T \quad (1)$$

onde, P é a pressão atmosférica em Pa; V é o volume da câmara em m³, n é o número de moles considerado 1; R é a constante do gás para o ar 287 JK⁻¹kg⁻¹ e T é a temperatura da câmara em Kelvin. Assim,

$$101325 . V = 1.287 . (-25 + 273,15) \Leftrightarrow V = 0,7029 \text{ m}^3 / \text{Kg} = v_{int}$$

$$101325 . V = 1.287 . (0 + 273,15) \Leftrightarrow V = 0,7737 \text{ m}^3 / \text{Kg} = v_{ext}$$

A entalpia para o ar exterior foi obtida através do diagrama de psicométrico que se encontra no Anexo D, utilizando os valores de humidade relativa e as temperatura. A entalpia para o ar interior foi obtido por extrapolação através do último valor de temperatura que consta do diagrama de psicométrico -10°C.

5.3.1.1. Carga térmica através das paredes, tetos e pavimentos

Esta carga é caracterizada pela carga de transmissão, que é o calor transferido para a câmara de congelados através da sua superfície.

O calor sensível através das paredes, tetos e pavimentos pode ser calculado em estado estacionário pela seguinte equação:

$$q = U \cdot S \cdot \Delta T \quad (2)$$

onde,

q = Carga térmica através das paredes, tetos e pavimentos em W

S = área da secção a calcular em m^2

ΔT = diferença entre a temperatura do ar exterior e do ar interior

U = coeficiente global de transferência de calor em $W/(m^2/K)$

Define-se o cálculo do U como, $U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_e}}$ (3)

onde,

x = espessura da parede

k = condutividade térmica do material em $W/(m.K)$

$1/h_i$ = Resistência térmica de convecção na superfície interna em m^2C/W

$1/h_e$ = Resistência térmica de convecção na superfície externa m^2C/W

Para efeitos de cálculo utilizaram-se as seguintes simplificações [15]:

- $h_i = 15 W/m^2K$
- $h_e = 30 W/m^2K$

Tem-se então como cálculo do valor de U :

$$U_{paredes/teto} = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,15}{0,025} + \frac{1}{30}} = 0,1638 W/m^2K$$

$$U_{chão} = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,15}{0,044} + \frac{1}{30}} = 0,2850 W/m^2K$$

Obtendo os valores de U é possível calcular as respectivas cargas térmicas:

Parede em contacto com o cais de refrigerados:

$$q_1 = 0,1638.120. (7 - (-25)) \Leftrightarrow$$
$$q_1 = 629,51 W$$

Parede em contacto o exterior:

Para o cálculo da Temperatura Exterior estimou-se, $T_{\text{ext.projecto}}+4^\circ\text{C}=36^\circ\text{C}$

$$q_2 = 0,1638.120. (36 - (-25)) \Leftrightarrow$$
$$q_2 = 1200,00 W$$

Parede em contacto com o espaço não refrigerado:

$$q_3 = 0,1638.200. (25 - (-25)) \Leftrightarrow$$
$$q_3 = 1639,34 W$$

Parede em contacto com a Câmara de Refrigerados:

$$q_4 = 0,1638.200. (0 - (-25)) \Leftrightarrow$$
$$q_4 = 819,67 W$$

- Teto:

Foi considerado para o cálculo uma temperatura para o telhado $T_{\text{ext.projecto}}+9^\circ\text{C}=41^\circ\text{C}$, dado que não existem perfis térmicos do telhado para prever o seu comportamento térmico.

$$q_5 = 0,1638.200. (41 - (-25)) \Leftrightarrow$$
$$q_5 = 2596,72 W$$

- Pavimento:

Por também não se saber o comportamento térmico do solo foi considerada uma temperatura de $(T_{\text{ext.projecto}}+15)/2=23,5^\circ\text{C}$.

$$q_6 = 0,2850.240. (23,5 - (-25)) \Leftrightarrow$$
$$q_6 = 3317,10 W$$

Temos então como carga total a soma de todas as parcelas:

$$\sum_1^6 q = 10202,344 W = 10,20 kW$$

5.3.1.2. Carga Térmica através da Renovação de Ar

$$q = m \cdot \Delta h \quad (4)$$

onde,

m = caudal mássico de ar exterior que entra na câmara em Kg/s

Δh = diferença de entalpia do ar exterior e interior em J/Kg

O caudal mássico é calculado da seguinte forma:

$$m = \frac{V_{dia}}{v \cdot 24h \cdot 3600s} \quad (5)$$

onde,

V_{dia} = caudal volumétrico de ar exterior em m^3/dia

v = volume específico do ar exterior m^3/Kg

O caudal volumétrico de ar exterior é dado por:

$$V_{dia} = n \cdot V \quad (6)$$

onde,

V = volume da câmara frigorífica em m^3

n = taxa de renovação do ar exterior

Para obter a taxa de renovação do ar exterior:

Admite-se o valor 100 pois a câmara de congelados apresenta um serviço intenso, caso fosse um serviço menos intenso considerar-se-ia 70.

$$n = \frac{100}{\sqrt{V}} \quad (7)$$

Pode-se então calcular a carga térmica:

$$n = \frac{100}{\sqrt{2400}} = 2,041$$

$$V_{dia} = 2,041 \cdot 2400 = 4898,979 \text{ m}^3 / dia$$

$$m = \frac{4898,979}{0,7737 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,07329 \text{ Kg/s}$$

$$q = 0,07329 \cdot (19,5 - (24,5)) = 3319,843 \text{ W} = 3,32 \text{ kW}$$

5.3.1.3. Carga térmica devido à abertura de portas

Para a abertura de portas é considerada a seguinte expressão para o cálculo da sua carga térmica:

$$q = 8 + (0,067 \cdot \Delta T) \cdot \left(\frac{t_{ab}}{v_{int}}\right) \cdot L \cdot H \cdot A \cdot C \quad (8)$$

onde,

ΔT = Diferença entre as duas faces da porta
 t_{ab} = Tempo de abertura da porta em h
 v_{int} = Volume específico do ar interior m^3/Kg
 v_{ext} = Volume específico do ar exterior m^3/Kg
 h_{int} = Entalpia específica do ar interior J/Kg
 h_{ext} = Entalpia específica do ar exterior J/Kg
 L = Largura da porta em m
 H = Altura da porta em m
 C = Coeficiente minorante devido à presença de cortina de ar ou lamelas

O tempo de abertura de porta considerado foi:

$$t_{ab} = \frac{d_{ton}}{f_d/24} \quad (9)$$

onde,

d_{ton} = duração média da abertura das portas em minutos para permitir a passagem de uma tonelada de produto

f_d = Fluxo diário de produto expresso em toneladas

O coeficiente A é calculado da seguinte forma:

$$A = (h_{ext} - h_{int}) \cdot \left[H \cdot \left(1 - \frac{v_{int}}{v_{ext}}\right) \right]^{1/2} \quad (10)$$

O valor da carga térmica devido à abertura das portas é:

Foi considerado d_t em min por tonelada de 0,8.

$$t_{ab} = \frac{0,8}{6/24} = 0,2h$$

$$A = (19,5 - (-24,5)) \cdot (3,70 \cdot \left(1 - \frac{0,7029}{0,7737}\right)) = 26,359$$

$$q = 8 + (0,067 \cdot (7 - (-25))) \cdot \left(\frac{0,2}{0,7029}\right) \cdot 2,20 \cdot 3,70 \cdot 26,359 \cdot 1 = 126,4858 \text{ W}$$

$$= 0,126 \text{ kW}$$

5.3.1.4. Carga térmica devido à iluminação

Foi considerada uma potência para cada lâmpada de 6W

$$q = n \cdot p \cdot t$$

onde,

n = número de lâmpadas

p= potência das lâmpadas em W

t = tempo de funcionamento em h/dia

De forma a simplificar o cálculo considerou-se a área total do teto e a potência das lâmpadas:

$$q = 6.240 = 1440 \text{ W}/m^2 = 1,44 \text{ kW}$$

5.3.1.5. Carga térmica devido ao pessoal de estiva

Como já foi referido anteriormente circulam dentro dos espaços refrigerados um total de 6 funcionários e foi considerado que libertam 420W.

$$q = n \cdot q \cdot t \quad (11)$$

onde,

n = número de pessoas na câmara

q = calor libertado por cada pessoa W

t= tempo de permanência na câmara h/dia

$$q = 6 \cdot 420 \cdot \frac{5}{24} = 525 \text{ W} = 0,525 \text{ kW}$$

5.3.1.6. Carga térmica devido aos motoventiladores

Os motores dos motoventiladores provocam uma carga térmica com o seu funcionamento no interior da câmara que é necessário remover.

$$q = P_{mv} \times n \quad (12)$$

onde,

P_{mv} = potência do motoventilador em W

n = número de motoventiladores

$$q = 770.6 = 4620W = 4,62kW$$

5.3.1.7. Carga térmica devido aos empilhadores

Os empilhadores circulam dentro da câmara e como libertam calor dentro da câmara. Considerou-se um total de 2 empilhadores a circular dentro do espaço com 6kW. O cálculo da carga térmica devida ao funcionamento dos empilhadores é:

$$q = n \cdot P \cdot \frac{t}{24h} \quad (13)$$

onde,

n = número de empilhadores

P = Potência do empilhador em W

t = tempo de funcionamento do empilhador em h

$$q = 2.6000 \cdot \frac{5}{24} = 2500W = 2,5kW$$

5.3.1.8. Carga térmica devido ao produto

$$q = \frac{m \cdot C_2 \cdot (T_3 - T_2)}{24 \cdot 3600} \quad (14)$$

onde,

- m = massa do produto a introduzir na câmara por dia em Kg
- C_2 = Calor específico abaixo da temperatura de congelação em J/kg °C
- T_2 = Temperatura de congelação em °C
- T_3 = Temperatura final do produto a armazenar no estado congelado em J/kg °C

$$q = \frac{6000.3,268 \times 10^3 \cdot (-25 - (-16))}{24.3600} = 2043W = 2,043kW$$

De seguida apresenta-se uma tabela comparativa de todas as cargas térmicas calculadas anteriormente, assim como um gráfico circular para melhor percepção e comparação das diversas cargas térmicas presentes no dimensionamento da câmara de congelados.

Após o cálculo de todas as cargas térmicas específicas dos diversos factores, pode-se proceder ao cálculo da Carga Térmica Intermédia:

$$\sum q = q_{int} = 24,156 kW$$

Tabela 8 - Cargas térmicas presentes na Câmara de Congelados

Carga Térmica Através Das Paredes, Tectos E Pavimento	10,20 kW
Carga Térmica Devido À Renovação De Ar	3,320 kW
Carga Térmica Através Da Abertura De Portas	0,1266 kW
Carga Térmica Devido À Iluminação	1,440 kW
Carga Térmica Devido Ao Pessoal De Estiva	0,525 kW
Carga Térmica Devido Ao Produto	2,043 kW
Carga Térmica Devido Ao Funcionamento Dos Motoventiladores	4,620 kW
Carga Térmica Devido Aos Empilhadores	2,500 kW
Carga Térmica Intermédia	24,776 kW

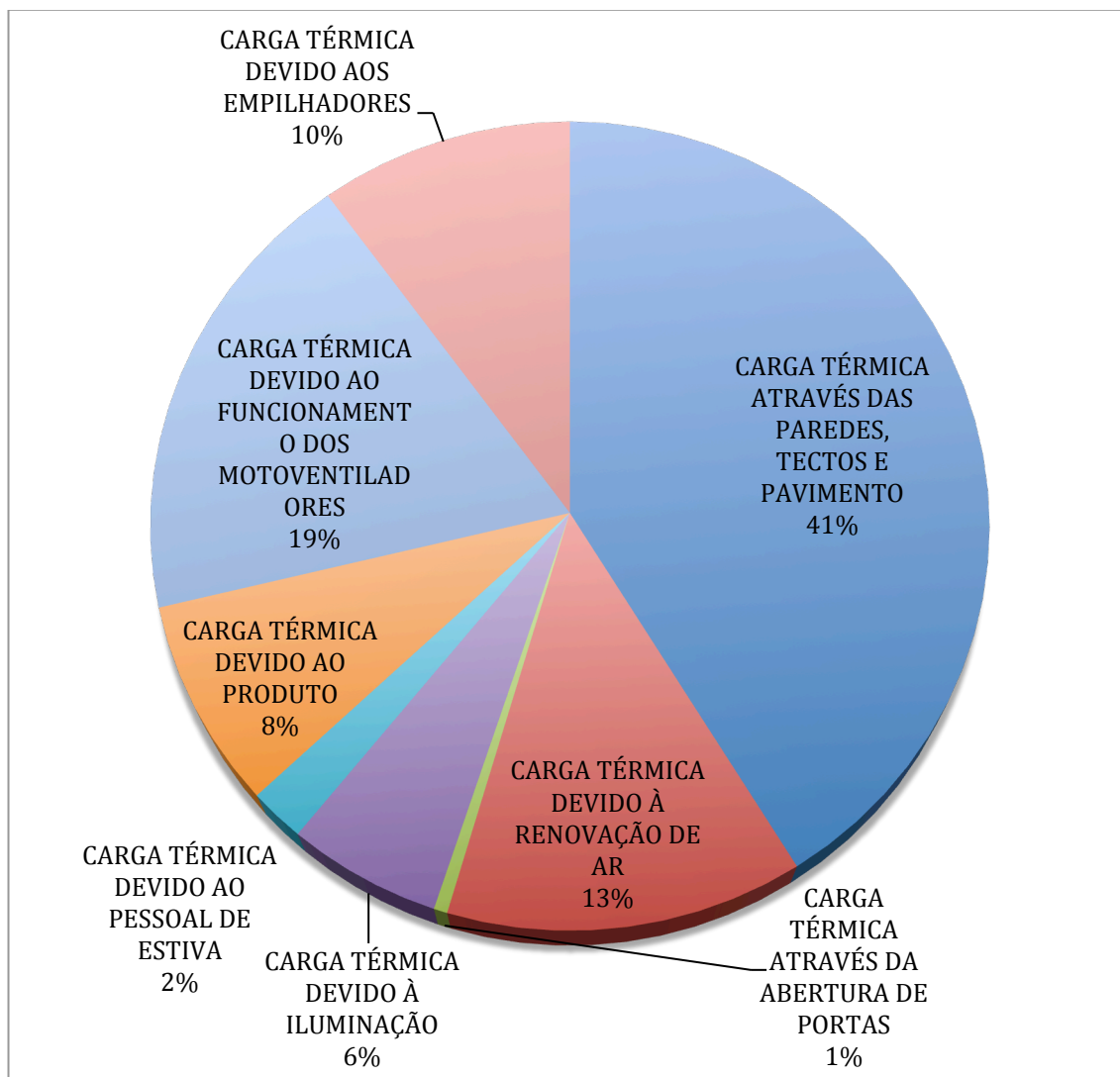


Gráfico 5 - Representação das Cargas Térmicas da Câmara de Congelados

Como se pode observar a carga térmica mais relevante é que é transmitida pela superfície da câmara, sendo que as dimensões da câmara são consideráveis era esperado esta carga térmica. Os empilhadores devido aos seus motores e ao serviço intenso das câmaras também provocam uma carga térmica elevada assim como os motores dos motoventiladores presentes nos evaporadores, sendo que este equipamento trabalha 24h.

5.3.1.9. Potência Previsional e Potência Intermédia

A Potência Previsional é aquela que tem de ser garantida pelos evaporadores, ou seja é a potência necessária para retirar a carga térmica previamente calculada.

Para calcular este valor tem-se em conta que os evaporadores não trabalham 24h, sendo necessária a sua paragem para efeitos de descongelamento, assim para calcular a Potência Intermédia considera-se que os evaporadores funcionam 18h por dia.

$$P_{int} = \frac{q_{int} \cdot t}{24} \quad (15)$$

$$P_{int} = \frac{24,776.18}{24} = 33,035 \text{ kW}$$

Para o cálculo da Potência Previsional considerou-se um factor de 10% para contabilizar o degelo dos evaporadores.

$$P_{prev} = 1,1 \cdot P_{int} \quad (16)$$

$$P_{prev} = 1,1 \times 33,035 = 36,340 \text{ kW}$$

5.3.2. Câmara de Refrigerados

A Câmara de Refrigerados como foi referido no Capítulo 1.6.2 sofreu um alteração devido aos produtos a armazenar no seu interior, que são diversos, sendo que a informação da Havi Logistics foi de que seriam 65% diversos e 35% refrigerados podendo eventualmente variar conforme alterações dos clientes da Havi Logistics. Optou-se portanto por calcular uma Carga Térmica Devido Ao Produto baseado na entrada apenas de carne magra.

Tabela 9 - Dimensões, Áreas e Volume da Câmara de Refrigerados

Dimensões	m
Altura	10
Comprimento	20
Largura	14
Áreas	m²
S chão/tecto	280
S paredes laterais	140
S paredes frente/traseira	200
Volume	m³
C.Congelados	2800

Tabela 10 - Dados referentes às condições da Câmara de Refrigerados

Espessura isolamento (m):		
	Teto/Paredes	0,18
	Pavimento	0,14
Condutividade Térmica PUR (W/m°C):		0,025
Condutividade Térmica Cortiça (W/m°C):		0,044
Temp. Câmara de Congelados		0
Temp. ext projecto (RCCTE):		32
Temp. ambiente escritórios		25
Temp. solo		23,5
Temp. cais refrigerado		7
Temp. câmara congelados		-25
v_{ext} (+7°C)		0,7737
h(ext) (kJ/Kg)		19,5
h(int) (kJ/Kg)		25,5
H porta		3,7
L porta		2,2
v_{int} (0°C)		0,774
C (porta com cortina de ar)		0,25
C₁ acima da temp. congelação		3,268
C₂ abaixo da temp. congelação		1,748
Temp. entrado produto		10

Para a Câmara de Refrigerados foram utilizados os mesmos critérios das cargas térmicas previamente calculadas para a Câmara de Congelados, assim sendo passa-se a apresentar uma tabela resumo com os valores das cargas térmicas calculadas para a Câmara de Refrigerados.

Tabela 11 - Cargas térmicas presentes na Câmara de Refrigerados

Carga Térmica Através Das Paredes, Tectos E Pavimento	9,132 kW
Carga Térmica Devido À Renovação De Ar	0,332 kW
Carga Térmica Através Da Abertura De Portas	0,008010 kW
Carga Térmica Devido À Iluminação	1,440 kW
Carga Térmica Devido Ao Pessoal De Estiva	1,260 kW
Carga Térmica Devido Ao Produto*	4,208 kW
Carga Térmica Devido Ao Funcionamento Dos Motoventiladores*²	6,160 kW
Carga Térmica Devido Aos Empilhadores	2,500 kW
Carga Térmica Intermédia	25,041 kW

*A carga térmica devido ao produto foi calculada através da equação 14, sendo que foi utilizado C_1 , o Calor específico acima da temperatura de congelação em J/kg °C. *² Foram considerados 8 motoventiladores com 770W cada.

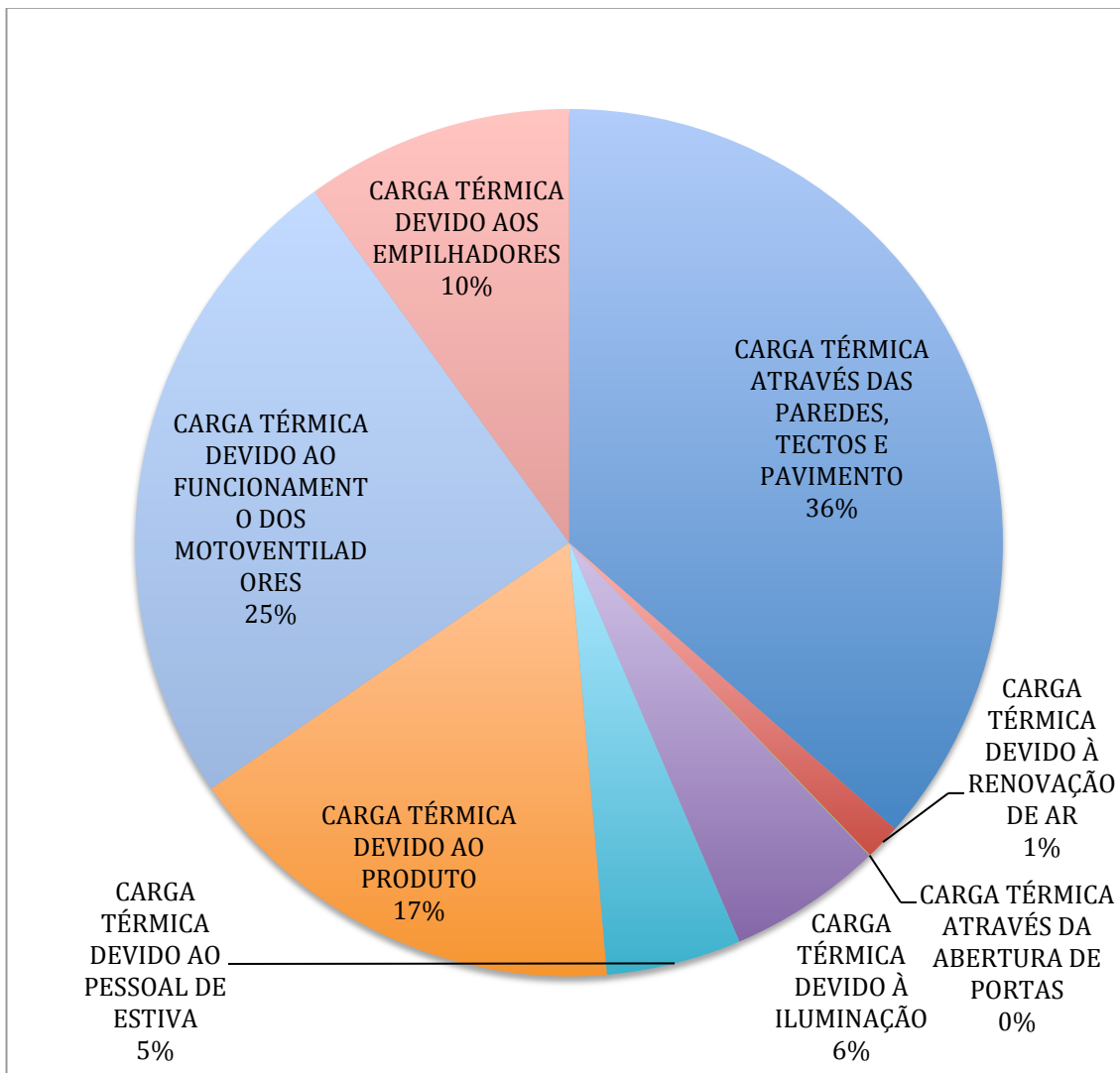


Gráfico 6 - Representação das Cargas Térmicas da Câmara de Refrigerados

Tal como a análise acima realizada para a Câmara de Congelados, também as cargas mais significativas são as do teto, paredes e pavimento, assim como as dos motores dos motoventiladores e empilhadores. Na Câmara de Refrigerados a carga térmica devido ao produto é bastante significativa, visto que há um diferencial de temperaturas considerável entre a temperatura de entrada do produto 10°C e a temperatura da câmara 0°C.

5.3.2.1. Potência Previsional e Potência Intermédia

Seguindo a mesma metodologia do Capítulo 5.3.1.9 calcula-se a Potência Previsional e seguidamente a Potência Intermédia.

Através da Equação 15:

$$P_{int} = 25.041 \cdot \frac{24}{18} = 33,388 \text{ kW}$$

E aplicando de seguida a Expressão 16:

$$P_{prev} = 33,388 \cdot 1,1 = 36,727 \text{ kW}$$

5.3.3. Cais Refrigerado

O cais refrigerado foi analisado em termos de cargas térmicas como se apresentasse uma área constante e um formato semelhante a uma câmara. Apesar de as dimensões dos cais serem conhecidas através da planta e ser claro que o formato do cais não é retangular como pode ser observado no Anexo A optou-se por esta simplificação de cálculos para ser mais prático realizar o dimensionamento do cais. Assim sendo, o cais refrigerado encontra-se sobredimensionado sendo que na realidade a Potência Previsional será mais reduzida.

Os cálculos para o cais refrigerado seguem a mesma metodologia já apresentada anteriormente com as seguintes diferenças:

- Foram considerados 2kW para a carga térmica devido à iluminação dado que no cais a iluminação é feita de forma diferente das câmaras e as lâmpadas permanecem mais tempo em funcionamentos.
- Foram consideramos adicionalmente aos cálculos 5kW para máquinas presentes no cais.

Tabela 12 - Dados referentes às condições dos Cais Refrigerado

Espessura isolamento (m):		
	Tecto/Paredes	0,08
	Pavimento	0,08
Condutividade Térmica PUR (W/m°C):		0,025
Condutividade Térmica Cortiça (W/m°C):		0,044
Temp. Câmara de Congelados		0
Temp. ext projecto (RCCTE):		32
Temp. ambiente escritórios		25
Temp. solo		23,5
Temp. Cais refrigerado		7
Temp. Câmara congelados		-25
$v_{ext} (+32^{\circ}C)$		0,8643
$h(ext) (kJ/Kg)$		70
$h(int) (kJ/Kg)$		19,5
H porta		3,7
L porta		2,2
$v_{int} (+7^{\circ}C)$		0,774
C (porta com cortina de ar)		0,25
C₁ acima da temp. congelação		3,268
C₂ abaixo da temp. congelação		1,748
Temp. entrada produto		10

Na Tabela 13 apresentam-se os valores dos cálculos para as diferentes cargas térmicas seguindo as metodologia anteriormente apresentada.

Tabela 13 - Cargas térmicas presentes no Cais Refrigerado

Carga Térmica Através Das Paredes, Tectos E Pavimento	4,746 kW
Carga Térmica Devido À Renovação De Ar	0,956 kW
Carga Térmica Através Da Abertura De Portas	0,0150 kW
Carga Térmica Devido À Iluminação	2 kW
Carga Térmica Devido Ao Pessoal De Estiva	0,525 kW
Carga Térmica Devido Ao Produto*	6,268 kW
Carga Térmica Devido Ao Funcionamento Dos Motoventiladores	0,8 kW
Carga Térmica Devido Aos Empilhadores	4 kW
Carga Térmica devido a Outras Máquinas	5 kW
Carga Térmica Intermédia	24,293 kW

* No cálculo desta parcela utilizou-se a expressão 14 mas efetuou-se o somatório entre o calor libertado por produtos refrigerados e por produtos congelados dado que o cais tanto recebe de uns como de outros e não é possível prever quais as suas percentagens.

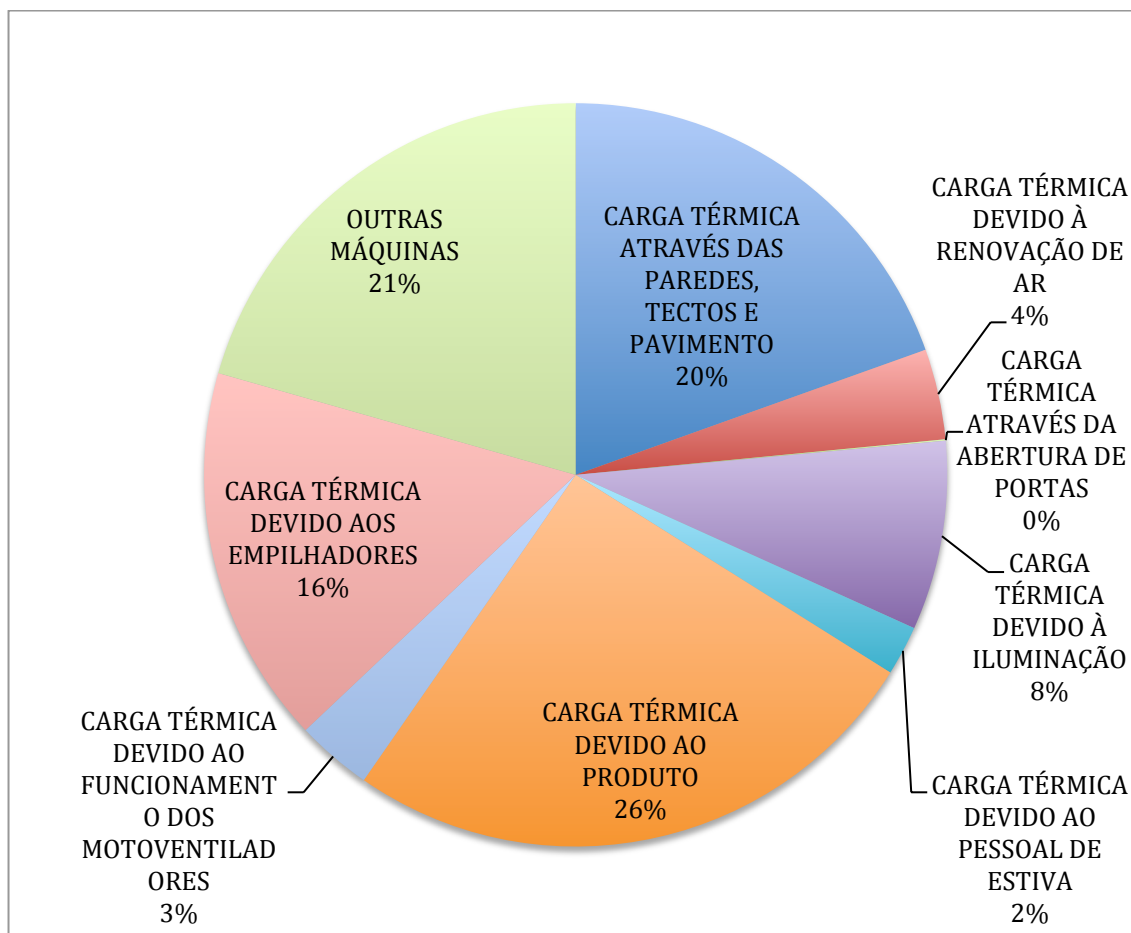


Gráfico 7 - Representação das Cargas Térmicas do Cais Refrigerado

Da análise da Gráfico 7 pode referir-se como já era esperado que a carga térmica maior é a devido ao produto dado que foi considerado para efeitos de cálculo a carga térmica devido ao produto congelado e devido ao produto refrigerado, sendo que o cais refrigerado é comum às duas câmaras. Tal como já se constatou nos dimensionamentos das câmaras, a carga térmica proveniente do teto, paredes e pavimentos e a carga térmica proveniente dos motores das máquinas e equipamentos são as mais significativas na carga térmica total.

5.3.3.1. Potência Previsional e Potência Intermédia

Seguindo a mesma metodologia do Capítulo 5.3.1.9 calcula-se a Potência Previsional e seguidamente a Potência Intermédia.

Através da Equação 15:

$$P_{int} = 24,293 \cdot \frac{24}{17} = 34,295 \text{ kW}$$

E aplicando de seguida a Expressão 16:

$$P_{prev} = 34,295 \cdot 1,1 = 37,725 \text{ kW}$$

5.4. Componentes de Sistema Frigorífico

5.4.1. Evaporador

Um evaporador é um permutador de calor onde se dá a vaporização do fluido refrigerante devido à absorção de calor do sistema, ou seja remove o calor do sistema. O princípio base no qual se baseia o seu funcionamento é o fenómeno da vaporização, processo no qual é necessário um fluido absorver calor para passar do estado líquido ao estado gasoso.

O evaporador é muitas vezes considerado o elemento principal de um sistema frigorífico visto que é o equipamento que efetivamente arrefece o fluido que se pretende arrefecer até à temperatura pretendida.

Os evaporadores utilizados neste projeto são evaporadores com ventilação forçada e apresentam serpentina em cobre e alhetas em alumínio. O sistema de alhetas é benéfico no caso do evaporadores pois aumenta área de troca de calor entre os fluidos.

Existe ainda um terceiro tipo de evaporador, para instalar no cais refrigerado, de duplo fluxo de ar.

O critério de seleção dos evaporadores é através da Potência Previsional calculada para cada espaço.

Para a câmara de congelados seleccionou-se 2 evaporadores cúbicos com ventilação forçada da marca ALFA LAVAL, modelo ILBEH503CS 230V CR GPE com serpentina construída em tubo de cobre e alhetas em alumínio, com distribuidor de líquido para sistema de alimentação por expansão directa. A envolvente metálica é em aço galvanizado pintado, as unidades de ventilação são do tipo axial monofásicas e tem tabuleiro de recolha de condensados isolado. Apresenta resistências eléctricas nas golas dos ventiladores e um sistema de descongelação por resistências eléctricas.

O modelo escolhido apresenta uma potência de 18,04kW, sendo instalados 2 evaporadores por câmara temos uma potência de 36,08kW o que é o indicado pois a Potência Previsional calculada foi de 35,42kW.



Figura 13 - Pormenor do Evaporador instalado na Câmara de Congelados

Para a câmara de refrigerados foram escolhidos 2 evaporadores cúbicos com ventilação forçada da marca ALFA LAVAL, modelo BFGEH405CS 230V CR APE, com serpentina construída em tubo de cobre e alhetas em alumínio e distribuidor de líquido para sistema de alimentação por expansão direta.

A envolvente metálica em aço galvanizado pintado, unidades de ventilação do tipo axial monofásicas e tabuleiro de recolha de condensados. Sistema de descongelação por resistências eléctricas.

A Potência Previsional calculada foi de 35,71kW e a potência dos evaporadores escolhidos é de 18,69kW num total de dois equipamentos que perfaz 37,38kW o que garante perfeitamente as necessidades térmicas da câmara de refrigerados.



Figura 14 - Pormenor do Evaporador da Câmara de Refrigerados

Para o cais de refrigerados a opção foi um evaporador de duplo fluxo de ar da marca ALFA LAVAL, modelo BFGEH405CS 230V CR APE com serpentina construída em tubo de cobre e alhetas em alumínio. Distribuidor de líquido para sistema de alimentação por expansão direta e envolvente metálica em alumínio pintado, unidades de ventilação do tipo axial monofásicas e tabuleiro de recolha de condensados.

Nos Anexos F, G e H encontram-se as especificações de cada um dos evaporadores.

5.4.2. Compressor

O compressor é muitas vezes denominado o coração de um sistema frigorífico pois é ele que provoca a circulação de fluido ao longo de todo o circuito.

O compressor desempenha duas funções principais num circuito de refrigeração, a primeira é no evaporador onde se reduz a temperatura do fluido de forma a este ter capacidade de absorver calor e no condensador aumenta-se a temperatura do fluido através de compressão fazendo com que se realize uma troca de calor com meio ambiente.

A escolha do compressor adequado prende-se essencialmente com o tipo de instalação, ou seja a sua capacidade e com o tipo de fluido frigorígeno a utilizar. Neste projeto os compressores utilizados são compressores de parafuso semi-herméticos.

Este tipo de compressores apresenta a vantagem de não terem válvulas o que aumenta a sua taxa de fiabilidade e duração. O seu principio de funcionamento é o mesmo de um parafuso a enroscar numa rosca, no entanto neste compressor existem dois parafusos, um macho e um fêmea. O parafuso macho é acionado pelo motor e faz com quem o parafuso fêmea se mova comprimindo assim o gás. Para o bom funcionamento do compressor é necessário este ser selado a óleo para que não existam perdas de refrigerante, o óleo sai posteriormente do compressor arrastado pelo gás e deve passar por um separador de óleo para evitar que este atinja algum componente do ciclo frigorífico e o danifique. O óleo sai do compressor a temperaturas muito elevadas e deverá passar por um permutador de calor para que haja uma diminuição da sua temperatura.

A seleção dos compressores é feita com base na capacidade do evaporadores já selecionados.

Para instalações de média capacidade frigorífica são utilizados geralmente compressores de parafuso sendo que com o aumento da capacidade frigorífica surgem os compressores centrífugos, para potências superiores a 500kW.

Os compressores frigoríficos de parafuso devido às suas dimensões são tidos em conta quando o espaço da casa de máquinas é limitado como no caso do Entrepasto Frigorífico em questão em que a casa de máquinas já era pré-existente.

Os compressores semi-herméticos, apresentam o motor e o compressor acoplados e ambos fechados por invólucro metálico selado o que facilita a sua manutenção devido ao facto de ser possível proceder à substituição e reparação de componentes necessários.

Existem duas grandezas que caracterizam os compressores frigoríficos e que são devidamente apresentados nos próximos capítulos para cada um dos compressores, a Capacidade de Refrigeração e a Potência Consumida.

A Capacidade de Refrigeração é indicada pelos fabricantes e reflete o produto do caudal do refrigerante pela diferença de entalpias entre a saída e a entrada do evaporador em determinadas condições de referência que estão de acordo com a EN12900 que considera a capacidade do compressor para uma temperatura de admissão de 20°C. A Potência consumida é a potência eléctrica absorvida pelo motor.

Na Figura 15 é possível observar as curvas características de funcionamento de um compressor genérico em função da sua Capacidade de Refrigeração e da sua Potência Consumida.

Ao aumentar a temperatura de evaporação consegue-se reduzir a razão de pressões e conseqüentemente aumentar o caudal de fluido, o que vai aumentar a potência frigorífica.

A diminuição da temperatura de condensação também faz reduzir a razão de pressões o que, tal como na situação anterior, também aumenta o caudal.

A potência aumenta gradualmente com a temperatura de condensação.

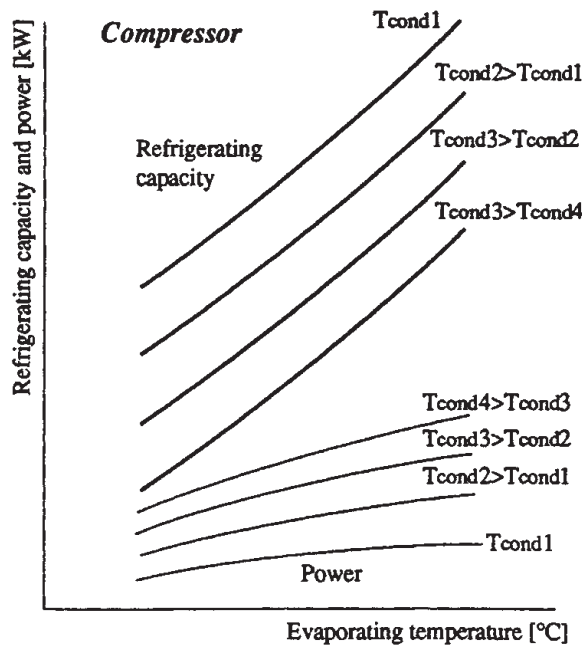


Figura 15 - Capacidade de Refrigeração e Potência Consumida para um compressor genérico.

5.4.2.1. Compressor para a Câmara de Refrigerados e Cais Refrigerado

Para a câmara de refrigerados e cais de refrigerados foi seleccionado apenas um compressor. Para calcular a Capacidade Frigorífica necessária considerou-se a soma das Capacidades Frigoríficas:

$$\text{Capacidade Frigorífica}_{\text{Compressor}} = P_{prev_{C.Refrigerados}} + P_{prev_{Cais}}$$

Foi seleccionada uma unidade compressora de parafuso semi-hermética, marca BITZER, modelo HSK5363-40 acionada através de motor eléctrico de 35 cv de potência nominal e preparada para trabalhar em simples estágio de compressão. Destina-se à câmara de refrigerados e ao cais refrigerado e apresenta as seguintes características:

Refrigerante:	R507
Temperatura de evaporação:	-8°C
Temperatura de condensação:	+35°C
Capacidade frigorífica:	77,9 kW
Potência eléctrica absorvida:	27,9 kW
COP eléctrico:	2,79
Velocidade de rotação:	2.900 r.p.m.
Deslocamento volumétrico:	118 m ³ /h
Escalonamento de capacidade:	100-75-50%

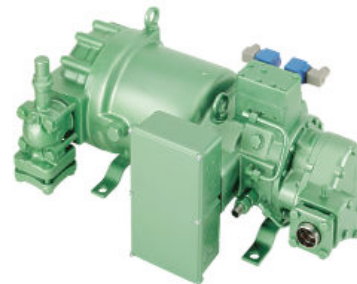


Abb. ähnlich / Fig. similar, © Bitzer

Figura 16 - Características Técnicas do Compressor HSK5363-40

Este equipamento inclui:

- Bloco compressor com válvulas de aspiração e de descarga;
- Rotores apoiados em ambos os extremos por rolamentos de esferas e rolo;
- Válvula de retenção integrada no bloco compressor;
- Válvula de segurança de pressão diferencial integrada no bloco compressor;
- Filtro de aspiração de fácil acesso;
- Arranque em vazio;
- Visor de passagem de óleo;
- Filtro de partículas para o circuito de óleo;
- Válvula eléctrica para o circuito de óleo;
- Interruptor de caudal de óleo (“*flow switch*”);
- Pressostato de alta e baixa pressão;
- Manómetros.

5.4.2.2. Compressor para a Câmara de Congelados

Para a câmara de congelados optou-se por um compressor de parafuso semi-hermético, marca BITZER, modelo HSN5353-25 accionado através de motor eléctrico de 19 kW de potência nominal e preparado para trabalhar em simples estágio de compressão com ligação da pressão intermédia a um economizador de placas.

O equipamento acima referido inclui:

- Bloco compressor com válvulas de aspiração e de descarga;
- Rotores apoiados em ambos os extremos por rolamentos de esferas e rolos;
- Válvula de retenção integrada no bloco compressor;
- Válvula de segurança de pressão diferencial integrada no bloco compressor;
- Filtro de aspiração de fácil acesso;
- Arranque em vazio;
- Visor de passagem de óleo;
- Filtro de partículas para o circuito de óleo;
- Válvula eléctrica para o circuito de óleo;

- Interruptor de caudal de óleo (“*flow switch*”);
- Pressostato de alta e baixa pressão;
- Manómetros;
- Ligação a permutador de calor de placas (no caso de funcionamento em regime de congelados) para sistema ECO e automatismos.

Características técnicas:

Refrigerante:	R507
Temperatura de evaporação:	-33°C
Temperatura de evaporação ECO:	-16°C
Temperatura de condensação:	+35°C
Capacidade frigorífica:	34,4 kW
Potência eléctrica absorvida:	24,9 kW
COP eléctrico:	1,38
Velocidade de rotação:	2.900 r.p.m.
Deslocamento volumétrico:	100 m ³ /h
Escalonamento de capacidade:	100-80-45%

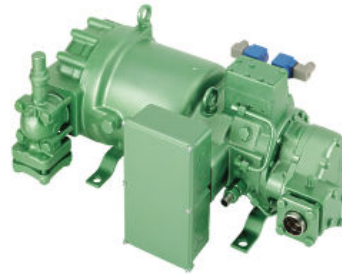


Abb. ähnlich / Fig. similar, © Bitzer

Figura 17 - Características Técnicas do Compressor HSN5353-25

O economizador desta instalação é um economizador do tipo fechado (injeção parcial) e que é constituído neste caso por um permutador de placas, é colocado entre o condensador e o evaporador funcionando a uma pressão intermédia entre os dois equipamentos.

O economizador encontra-se ligado, em termos de fluído com menor temperatura, entre o depósito de líquido e a pressão intermédia do compressor de parafuso. No "lado quente" é ligado entre o depósito de líquido e a linha de líquido, que alimenta os evaporadores da câmara de congelados.

Relativamente à parte referente ao circuito de congelados existe uma tiragem parcial de líquido da linha principal e que alimenta o economizador no "lado frio". Este líquido que passa no economizador vai expandir antes de entrar e evaporar à pressão intermédia do compressor de parafuso. No "lado quente" todo o restante líquido passa pelo economizador e vai ser subarrefecido desde a temperatura de condensação (ou do depósito de líquido) até a uma temperatura um pouco superior à temperatura de evaporação, correspondente à pressão intermédia. O líquido subarrefecido vai assim alimentar os evaporadores da câmara de congelados e como está já a uma temperatura mais baixa não haverá tanta produção de vapor criada pelo flash gas após a expansão, logo o compressor não precisa de ter um deslocamento volumétrico tão elevado.

Assim com o recurso ao economizador vai conseguir-se uma diminuição da energia gasta pelo. Com o economizador consegue-se assim uma capacidade superior no evaporador sem aumentar o tamanho do compressor.

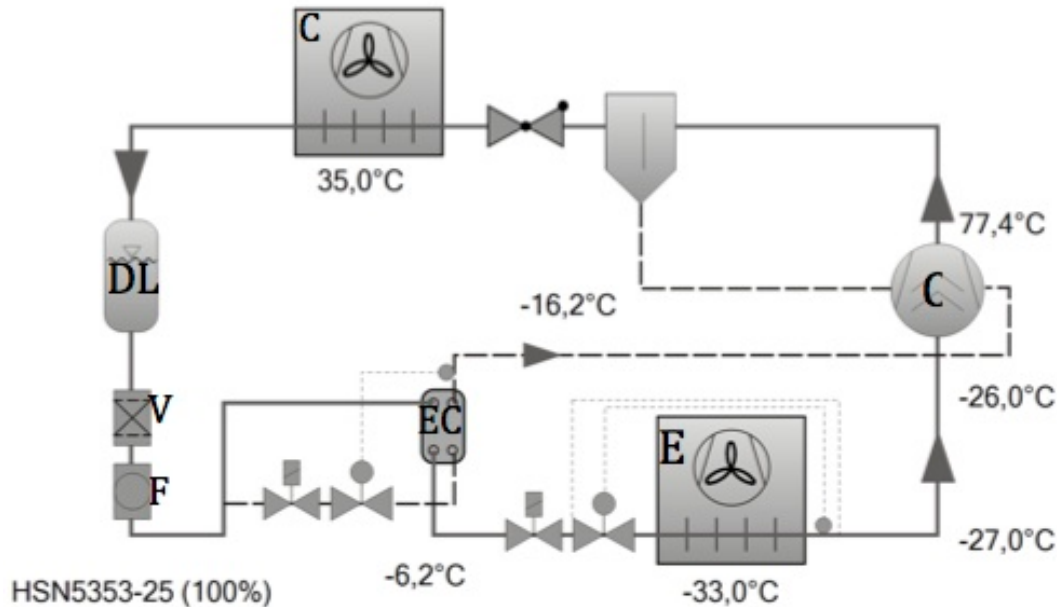


Figura 18 - Esquema frigorífico da instalação a R-507 (Bitzer)

5.4.2.3. Compressor de reserva

Para reserva das linhas de -33°C e -8°C foi selecionado outro compressor, este equipamento destina-se apenas a trabalhar em caso de uma falha ou dano num dos outros compressores ou em caso de manutenção de algum dos outros equipamentos. É uma unidade compressora de parafuso semi-hermética, marca Bitzer, modelo HSN6451-40 acionada através de motor eléctrico de 40 cv de potência nominal e preparada para trabalhar em simples estágio de compressão com ligação da pressão intermédia a um economizador de placas, no caso do funcionamento em regime de congelados.

Características técnicas:

Refrigerante:	R507
Temperatura de evaporação:	-33°C / -15°C
Temperatura de evaporação ECO:	-9°C / n.a.
Temperatura de condensação:	+35°C
Capacidade frigorífica:	47,3 kW / 71,7 kW
Potência eléctrica absorvida:	31,3 kW / 31,2 kW
COP eléctrico:	1,51 / 2,30
Velocidade de rotação:	2.900 r.p.m.
Deslocamento volumétrico:	118 m ³ /h
Escalação de capacidade:	100-75-50%



Abb. ähnlich / Fig. similar, © Bitzer

Figura 19 - Características Técnicas do Compressor HSN6451-40

A imagem seguinte ilustra os três compressores já instalados na casa de Máquinas num suporte metálico.



Figura 20 - Unidade multicompressora instalada na Casa de Máquinas

O compressor de reserva (emergência) tem de ser capaz cumprir a capacidade frigorífica maior no seu correspondente regime de funcionamento, que no caso desta instalação é o circuito da câmara de refrigerados e cais de refrigerados como se pode observar no Anexo J e K.

No entanto como este compressor não pode trabalhar acima dos -15°C de pressão de aspiração correspondente acaba por ser necessário ter um deslocamento volumétrico superior ao do compressor de refrigerados, que trabalha a uma pressão de aspiração mais alta, -8°C de temperatura de saturação correspondente. Assim o compressor de reserva torna-se maior do que o compressor de congelados por imposição das necessidades frigoríficas no circuito de refrigerados.

5.4.3. Condensador

O condensador é também um permutador de calor, à semelhança do evaporador, é nele que se dissipa o calor em excesso acumulado pelo fluido frigorífero.

O gás entra no condensador sobreaquecido e dá-se a remoção do calor em excesso até a condensação acontecer, sendo depois subarrefecido. O processo de funcionamento do condensador é ilustrado na Figura 21.

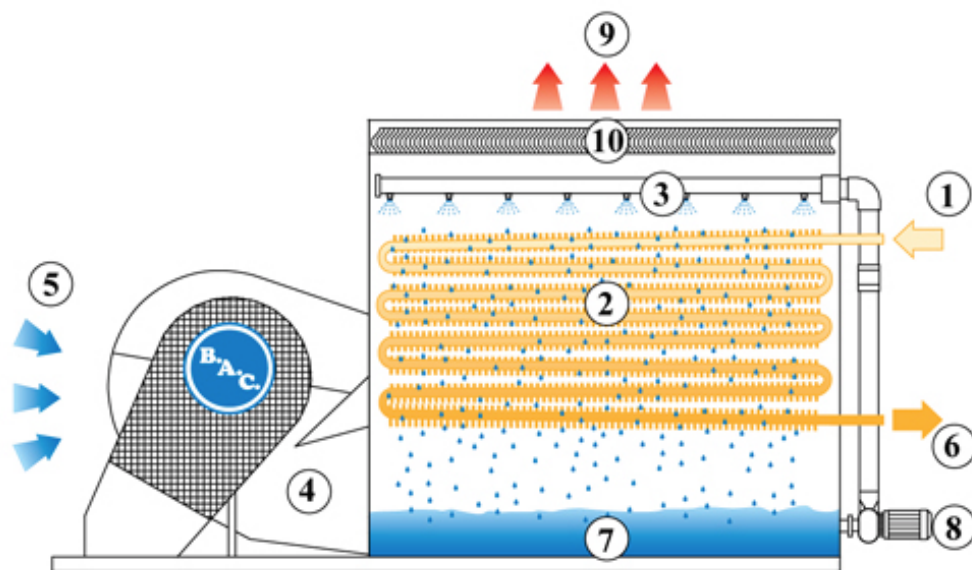


Figura 21 - Funcionamento de um condensador evaporativo [16]

Legenda:

1-Entrada de vapor; 2-Serpentina de condensação evaporativa; 3-Sistema de spray; 4-Ventilador Centrífugo; 5-Ar Ambiente 6-Saída de vapor condensado; 7-Reservatório de água; 8-Bomba de água; 9-Ar quente saturado; 10-Separador de gotas.

O vapor entra no condensador através de uma serpentina (2) e é vaporizado pela água proveniente do sistema de spray (vaporizadores) no topo do condensador (3). Simultaneamente o ventilador centrífugo (4) injeta ar no condensador, assim o calor do vapor refrigerante é trocado com a água que por sua vez troca calor com o ar que está a ser injetado.

O vapor condensado (fluido frigorífero no estado líquido) sai do condensador (6).

A água líquida é recolhida num reservatório na base do condensador (7). A bomba de água (8) faz a recirculação até aos vaporizadores no topo do condensador. O ar quente saturado (9) abandona a unidade pelo topo passando por um separador de gotas (10).

A opção de escolha deste modelo recai sobre as suas especificações e vantagens que oferece em relação a outros equipamentos semelhantes presente no mercado, como por exemplo:

- o seu peso reduzido facilitando a sua instalação na estrutura;
- são fabricados como um bloco para facilitar a sua instalação;

O modelo selecionado com base na potência frigorífica e absorvida dos compressores foi da marca Baltimore, modelo VCL 058- G com envolvente de chapa em aço galvanizado pintada e bateria de permuta em tubo de aço, montada sobre estrutura metálica sendo o conjunto galvanizado por imersão a quente. É um condensador de baixo perfil com ventilador centrífugo com grelhas de protecção nas tomadas de ar. Pulverizadores que asseguram uma distribuição óptima da água sobre a superfície de permuta e separador de gotas.

Características técnicas:

Refrigerante:	R507
Capacidade de rejeição de calor:	171 kW
N.º motores accion. e potência:	1x2,2 kW (1.500 rpm)
N.º de ventiladores:	1
Caudal de ar:	23.040 m ³ /h



N.º e potência bombas de água:	1 x 0,55 kW
Caudal de aspersão de água:	21,2 m ³ /h
Temperatura de bolbo húmido considerada:	+24°C
Temperatura de condensação considerada:	+35°C
Dimensões:	3.350 x 1.250 x 2.015 (h) mm
Peso em operação:	1.990 kg

Figura 22 - Características Técnicas do Condensador



Figura 23 - Pormenor do Condensador



Figura 24 - Pormenor do Condensador e da sua estrutura de suporte.

Nas imagens acima é possível observar o condensador Baltimore já instalado e a sua estrutura de suporte que permite assegurar a sua integridade e bom funcionamento.

5.4.4. Depósito de líquido

É um recipiente cilíndrico que tem como objectivo armazenar o fluido frigorífero condensado pelo condensador. A capacidade do reservatório deve ter em conta o volume total de refrigerante da instalação caso seja necessário realizar uma reparação na instalação este deve comportar todo o fluido refrigerante.

A válvula de segurança, que é instalada na alta pressão, tem a função de proteger contra sobrepensões e a válvula de seccionamento permite o isolamento de uma parte da conduta em caso de manutenções ou avarias. O filtro secador instalado tem a função de eliminar a humidade e algumas partículas prejudiciais ao funcionamento da instalação. O visor de nível de coluna de líquido possibilita verificar a carga da instalação.

A seleção do Depósito de líquido é realizada com base no tipo de fluido refrigerante, no tipo de regime e na capacidade do condensador. Tendo em conta os três fatores escolheu-se o equipamento da marca TECNAC modelo RH -406-180 com uma capacidade 180L com uma pressão máxima de serviço de 32 bar e uma gama de temperaturas de operação de -20°C/100°C



Figura 25 - Pormenor do Depósito de Líquido na Casa de Máquinas

5.4.5. Separador de Óleo

O objectivo do separador de óleo é evitar que o óleo proveniente do compressor, misturado com refrigerante, entre no evaporador. Os separadores de óleo são portanto instalados entre o compressor e o evaporador.

A lubrificação dos compressores é feita com óleo em abundância que é necessário ao seu correto funcionamento, por esse motivo é necessário haver o retorno do óleo o mais rapidamente possível ao cárter dos compressores, o que acontece devido à pressão do próprio sistema que faz o óleo circular numa tubagem auxiliar de retorno.

Foi selecionado um separador de óleo vertical comum com aquecimento e controlador de nível de óleo. O grupo de compressão será apoiado numa base metálica onde ficarão montados os três compressores, separador de óleo, economizador, instrumentação, válvulas, automatismos e ainda o depósito de líquido.

A central multicompressora possui ainda as seguintes características construtivas, a destacar:

- Acessórios destinados à ligação da instrumentação construídos em aço inoxidável e *teflón*;
- Uniões flexíveis da tubagem individual da descarga dos compressores em aço inoxidável;
- Coletores de tubagem em aço inoxidável;
- Abraçadeiras em polipropileno, para evitar a transmissão de vibrações;
- Painel de controlo da instrumentação em aço inoxidável;
- Coletor de aspiração em aço inoxidável e isolado com espuma de Armaflex tipo AF;
- Filtro de aspiração com elemento filtrante em feltro, necessário aquando do arranque da instalação;
- Pressostato de alta e baixa pressão por compressor;
- Pressostato de alta pressão geral;
- Manómetros de alta e baixa pressão de Ø100 mm com glicerina;
- Sondas de pressão alta e baixa (4 a 20 mA);
- Dimensões aproximadas: 3.250 x 1.200 x 2.250 (h) mm Peso aproximado em serviço: 1.500 kg.

5.4.6. Separador de Líquido

É um componente do circuito frigorífico utilizado para separar misturas de líquido-vapor.

Neste caso têm como objectivo proteger o compressor evitando o retorno do fluido refrigerante no estado líquido. Funciona por ação da gravidade acumulando o líquido na base e fazendo-se a saída de vapor pelo topo.

O separador irá ser aplicado na tubagem geral de aspiração, proveniente dos evaporadores da câmara de refrigerados e do cais. Recipiente cilíndrico construído em aço destinado a proteger os compressores contra eventuais golpes de líquido. Este separador internamente tem uma serpentina trocadora de calor, onde circula o líquido que alimenta os evaporadores, e que se destina a criar algum subarrefecimento de líquido para boa operação das válvulas expansoras. O separador será aplicado em altura na parede da casa de máquinas.

5.4.7. Tubagens

O método utilizado pela Johnson Controls para o dimensionamento das tubagens é baseado nos ábacos da DuPontTM. Visto a DuPontTM não apresentar os ábacos com as propriedades do R-507 para velocidades do fluido e perdas de carga e devido à similaridade entre o R-507 e o R-404a, todos os dimensionamentos foram realizados nos ábacos correspondentes aos fluido frigorígeno R-404a.

Seguindo as recomendações da DuPontTM consideraram-se as seguintes velocidades de escoamento para as várias linhas.

Tabela 14 - Velocidades de Escoamento

Local da linha	Linha	Velocidade (m/s)
Antes do compressor	Aspiração	10
Depois do compressor	Descarga	6
Depois do depósito de líquido	Líquido	0,5
Entre o condensador e o depósito de líquido	Dreno	0,5

Os parâmetros de seleção do diâmetro da tubagem utilizados nos ábacos são:

- a Potência do evaporador;
- a Temperatura Evaporação;
- a Temperatura de Condensação;
- a Velocidade de escoamento.

Após a escolha do diâmetro da tubagem é necessário verificar se não são ultrapassados os valores máximos de perda de carga nas diversas linhas. Sempre que a tubagem selecionada ultrapassar os limites de perda de carga admissível seleciona-se o diâmetro imediatamente a seguir e verifica-se se já se cumprem os limites do valor da perda de carga.

Tabela 15 - Perdas de Carga máximas admissíveis

Linha	ΔP (kPa/m)
Aspiração	0,15
Descarga	0,2
Líquido/Dreno	0,25

Os ábacos de seleção de tubagens e verificação de perdas de carga das câmaras de congelados e refrigerados foram agrupados num só ábaco como apresentado no Anexo N dado que para ambas se utilizou o valor de 20kW de Potência de Refrigeração.

Ao introduzir os dados no ábaco para verificar a perda de carga, a linha de descarga que é comum às duas câmaras e a linha de Aspiração da câmara de Refrigerados ultrapassaram o valor limite presente na Tabela 15 e como tal foi selecionado a tubagem de maior diâmetro como pode ser consultado no Anexo N.

A seleção de tubagens referente ao cais refrigerado com uma Potência de Refrigeração de 40kW pode ser encontrada no Anexo O.

Tabela 16 - Diâmetro da Tubagem selecionado através dos ábacos da DuPont™

Linha	Câmara de Congelados	Câmara de Refrigerados	Cais Refrigerado
Aspiração	2 – 1/8"	1 – 3/8"	3 – 1/8"
Descarga	1 – 1/8"	1 – 1/8"	1 – 5/8"
Líquido/Dreno	7/8"	7/8"	1 – 3/8"

Tabela 17 Perdas de Carga calculadas dos ábacos da DuPont™

Linha	Câmara de Congelados	Câmara de Refrigerados	Cais Refrigerado	ΔP (kPa/m)
Aspiração	0,11	0,3	0,07	0,15
Descarga	0,38	0,38	0,2	0,2
Líquido/Dreno	0,11	0,11	0,04	0,25

Na Tabela 17 é possível verificar por comparação com a coluna da perda de carga máxima os valores que ultrapassam este limite. Como tal para estas linhas foi necessário seleccionar dimensões de tubagem maiores de forma a reduzir a perda de carga.

Tabela 18 - Diâmetro de tubagem e Perda de Carga seleccionadas

Linha	Câmara de Congelados		Câmara de Refrigerados		Cais Refrigerado	
	Tubagem	ΔP (kPa/m)	Tubagem	ΔP (kPa/m)	Tubagem	ΔP (kPa/m)
Aspiração	2 – 1/8"	0,11	1 – 5/8"	0,1	3 – 1/8"	0,07
Descarga	1 – 3/8"	0,12	1 – 3/8"	0,12	1 – 5/8"	0,2
Líquido/Dreno	7/8"	0,11	7/8"	0,11	1 – 3/8"	0,04

Na Tabela 18 encontram-se os diâmetros de tubagem escolhidos respeitando os limites de perda de carga indicados anteriormente.

6. Início de funcionamento da Instalação Frigorífica

Após toda a instalação dos diversos componentes do sistema procede-se ao arranque da instalação.

A ligação para funcionamento da instalação ocorre posteriormente a todo o sistema estar em vácuo, só depois deste processo se carrega a instalação com fluido frigorigéneo R-507.

No interior das duas câmaras existe uma sonda de temperatura conectada a um software devidamente certificado para o efeito, o Captemp. O sistema Captemp cumpre os requisitos da Portaria n.º 1129/2009 que aprova o Regulamento do Controlo Metrológico dos Instrumentos de Medição e Registo da Temperatura a Utilizar nos Meios de Transporte e nas Instalações de Depósito e Armazenagem dos Alimentos a Temperatura Controlada. Este sistema regista a temperatura em períodos de 30 min continuamente, emite ainda alertas quando a temperatura ultrapassa os -16°C para a câmara de congelados e 7°C para a câmara de refrigerados.

A Instalação Frigorífica foi colocada em funcionamento no dia 12 de Agosto apenas para verificar o funcionamento dos diversos equipamentos do sistema frigorífico. Do dia 12 ao dia 15 a temperatura da câmara de congelados foi sendo regulada para evitar as contrações e posteriormente algum dano nos painéis da câmara. A partir do dia 15 de Agosto até ao dia 30 houve uma estabilização das temperaturas de ambas as câmaras que ainda se encontravam vazias, apenas com a estrutura de armazenagem.

Ao dia 31 de Agosto foi necessário desligar todos os equipamentos da instalação pois ocorreu uma falha técnica ao nível da instalação eléctrica que foi resolvida prontamente e a instalação retomou o seu funcionamento regular a 4 de Setembro.

Nos painéis de ambas as câmaras frigoríficas foram detectadas algumas irregularidades e fissuras que foram preenchidas com material adequado de forma a recuperar o bom desempenho dos painéis. Houve ainda a troca dos filtros secadores neste período e a instalação de cortinas de lamelas nas duas câmaras para não haver tantas perdas dado que o espaço entre as portas para cargas/descargas dos veículos e as portas das câmaras é reduzido havendo assim oscilações de temperatura frequentes. As cortinas de lamelas são uma solução económica e eficaz para estas situações, notando que todos os produtos armazenados vêm devidamente embalados.

A partir de 26 de Outubro a Instalação Frigorífica iniciou o seu funcionamento, havendo já um fluxo de operadores regular no cais e em ambas as câmaras e tendo sido efectuadas cargas e descargas.

Do dia 08 de Outubro ao dia 14 de Outubro a instalação encontrou-se parada porque devido a um problema informático que foi prontamente resolvido pela assistência técnica e a 13 de Outubro foi retomado o funcionamento normal do software Captemp.

Esta Instalação Frigorífica trabalha exclusivamente para a cadeia de restauração Portugália armazenando todos os bens alimentares utilizados nos seus restaurantes. Por questões legais não foi possível documentar, fotografar ou descrever os produtos em questão sendo que a maioria dos produtos são refrigerados. Assim sendo a câmara de refrigerados tem mais carga que a Câmara de Congelados.

6.1. Arranque da Instalação Frigorífica

O primeiro procedimento para colocar o sistema frigorífico em funcionamento é a realização de vácuo na instalação.

A necessidade de criar vácuo no Sistema Frigorífico surge para preservar a Instalação e os seus componentes de danos irreversíveis. A diminuição de pressão impede a acumulação de moléculas indesejadas nos equipamentos, tubagens e acessórios, como vapor de água. A humidade pode danificar as válvulas de expansão e capilares de um sistema frigorífico e o vapor de água ao reagir com determinados fluidos frigorigéneos pode causar corrosão.

O vácuo consegue ser obtido por dois métodos distintos, o método de diluição e o método de alto vácuo. Neste caso foi empregado o segundo método que consiste em utilizar uma bomba de vácuo e vacuómetro para controlar a pressão. Deve ligar-se a bomba de vácuo e aguardar que a pressão seja $200\mu\text{Hg}$ ou menor, comprovando assim que toda o sistema está em vácuo.

Garantindo-se então o vácuo na Instalação pode proceder-se ao carregamento com o fluido refrigerante R-507 que é realizado através de mangueiras conectadas a um cilindro de refrigerante

6.2. Análise do funcionamento da Instalação

O horário de funcionamento da instalação é das 08h às 20h como já anteriormente referido.

Neste Entrepasto são recebidas cargas e descargas com alguma frequência e nas primeiras semanas de funcionamento eram efectuados estes processos de carga e descarga durante todo o horário de funcionamento da instalação. Depressa foi possível constatar que era incomportável realizar as ações de carga e descarga simultaneamente com a arrumação e gestão de cargas dentro das câmaras dado que o cais não dispõe de muito espaço útil para mobilizar e armazenar temporariamente as descargas.

Um dos pontos críticos da gestão de uma instalação deste tipo é a atividade de picking que consiste na preparação correta de uma determinada encomenda para um cliente.

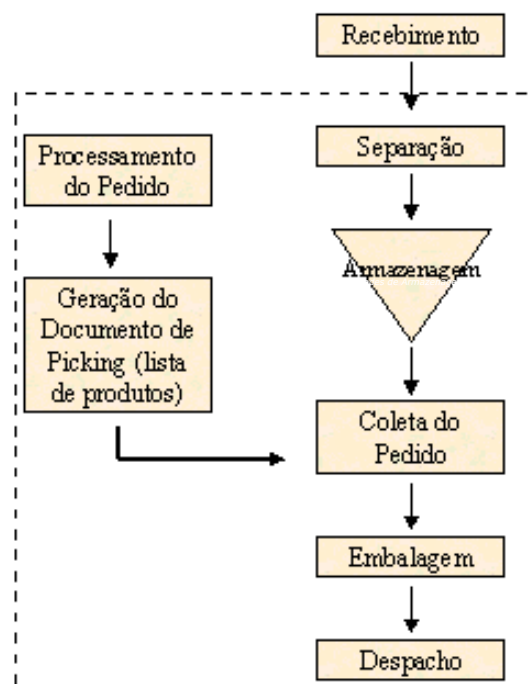


Figura 26 - Etapas do processo de picking

Devido aos limites no cais, o processo de picking tornou-se um problema de gestão de espaço e de mão-de-obra. Ao longo do dia efetuam-se cargas e descargas através do cais e é também nesse local que se realiza o picking, como tal surgiu um problema de falta de espaço e de organização de funcionários.

Assim foi necessário encontrar uma solução para o bom funcionamento do Entrepasto.

A solução encontrada passou por reorganizar o horário de funcionamento da instalação, tendo-se passado a trabalhar com as descargas de produtos apenas até às 16h e a partir dessa hora apenas se realizam no Entrepósito Frigorífico cargas para determinados clientes. Com esta solução é possível gerir o espaço no cais refrigerado de forma a haver área necessária para retirar as cargas de produto das respectivas câmaras e organizá-las no cais até serem por fim carregadas para o veículo que realizará o transporte.

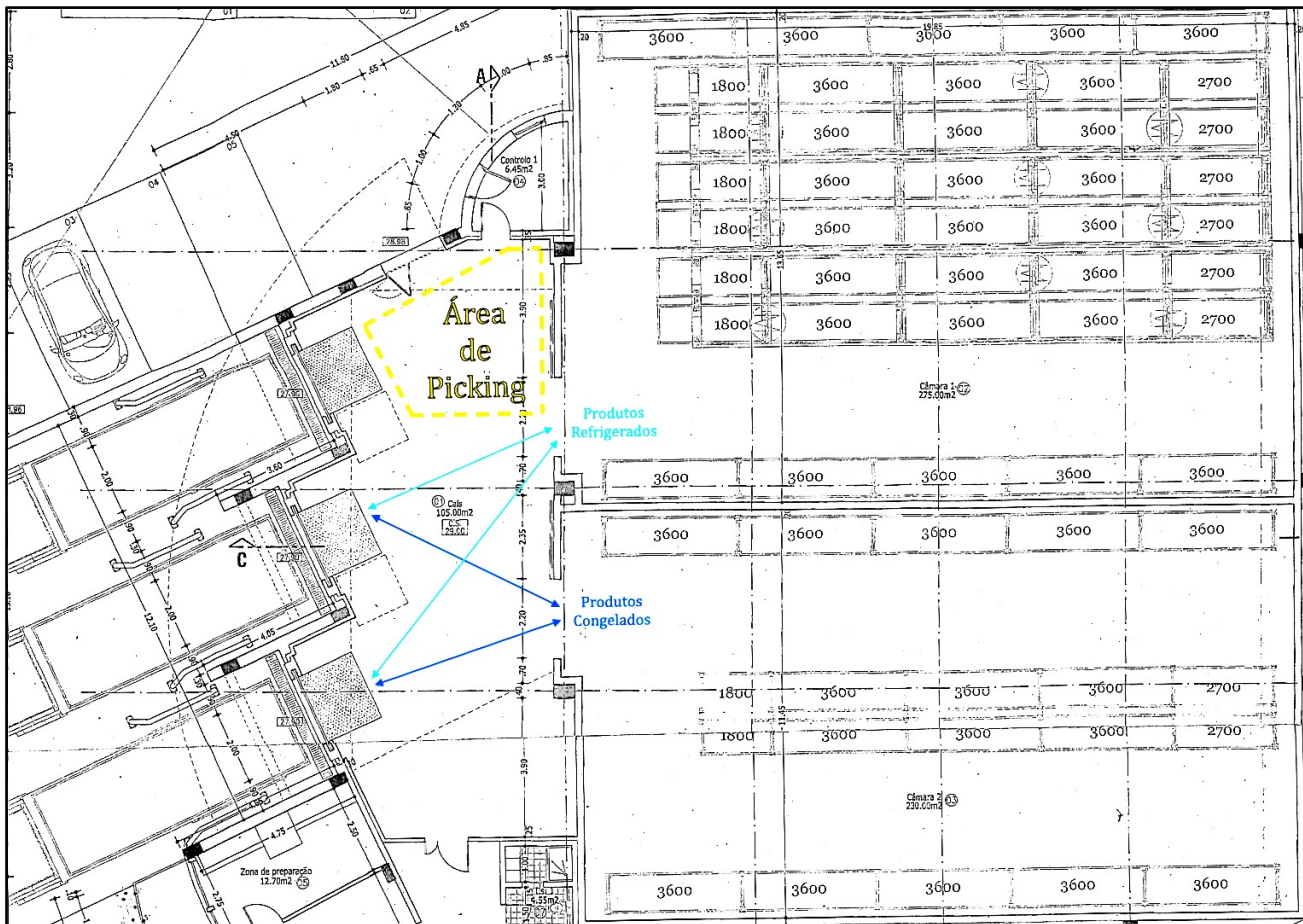


Figura 27 - Diagrama do fluxo de cargas

Foi feita também a opção de utilizar preferencialmente as duas primeiras plataformas de carga/descarga para o picking ser realizado na área indicada na Figura 27. Geralmente a tarefa de picking é realizado por 4 funcionários utilizando 1 ou 2 empilhadores e 2 porta paletes eléctricos

6.2.1. Parâmetros de funcionamento dos compressores

É necessário programar os compressores de acordo com as condições de funcionamento da instalação nomeadamente as cargas das câmaras, abertura de portas, entrada de operadores entre outras.

Neste caso todos os evaporadores demoram 20 minutos no processo de descongelação e o tempo entre descongelações é apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 - Tempo entre descongelações para os diversos Evaporadores

Evaporadores	Tempo entre descongelações (min)
Câmara de Congelados	480
Câmara de Refrigerados	360
Cais Refrigerado	90

O evaporador dos cais refrigerado tem um tempo entre descongelações mais reduzido devido à acumulação de gelo no mesmo ser mais rápida e mais frequente, dado ser o evaporador que garante a refrigeração do cais de cargas e descargas que é local onde há aberturas de portas diretamente para o exterior e onde essas portas podem necessitar estar longos períodos de tempo abertas. Todos estes factores são propícios à acumulação de gelo no evaporador, daí o seu tempo entre descongelações ser notoriamente mais reduzido do que o das câmaras.

O descongelamento dos evaporadores é realizado com o auxílio de resistências eléctricas em contacto com as alhetas do permutador e no tabuleiro.

6.2.2. Análise de Temperaturas

A presente análise de temperaturas apenas incide nas câmaras frigoríficas sendo que no cais de refrigerados não existe software associado para o seu registo, apesar de a temperatura do cais segundo o Eng.º Responsável pela Instalação não ter sofrido alterações e ter-se-á mantido relativamente constante desde o início do funcionamento da instalação.

Considera-se também de maior importância o estudo e registo de temperaturas das câmaras pois é o local de armazenamento de curto e médio prazo dos produtos congelados e refrigerados, enquanto o cais permite apenas a passagem para as câmaras e

cumpra a função de armazenamento temporário durante o processo de cargas/descargas e picking.

Os registos de temperatura foram gentilmente fornecidos pelo Eng.º Responsável do Entreposto Frigorífico e apresentam-se em forma de gráfico traduzindo num gráfico mais global todas as temperaturas desde o início do funcionamento da sonda de temperatura associada ao software, em intervalos de 3 em 3 dias tendo-se selecionado no programa informático a hora 00:00h.

Seguidamente escolheu-se no software dois dias do mês de Outubro que são apresentados individualmente com intervalos de tempo de 30 minutos. O mês de Outubro foi o último mês de testes do Entreposto Frigorífico e tal como pode ser confirmado pelo gráfico de dia 13 de Outubro ainda havia algumas variações na temperatura da câmara de congelados que também se deve ao elevado tempo de abertura de portas nesta altura do mês em que se estavam a ultimar os testes e a preparar as câmaras para a carga de produto que iriam receber. Enquanto a câmara de refrigerados já se encontrava perfeitamente estável.

No outros dois gráficos fornecidos do dia 18 de Novembro e 09 de Dezembro a instalação já se encontrava em perfeito funcionamento e as temperaturas correspondem todas ao intervalos esperado para o correto funcionamento das câmaras. Todos os gráficos das temperaturas podem ser consultados no Anexo P.

6.3. Sugestões de ações a realizar no futuro

Após a passagem de responsabilidade da Johnson Controls para a Havi Logistics pressupõem-se que existirá uma boa gestão da instalação e dos seus componentes assim como a sua manutenção sempre que necessário.

Independentemente da gestão que seja feita da instalação existem sempre dois pontos críticos que necessitam de acompanhamento e verificação para o correto funcionamento de todo o sistema frigorífico, são eles o fenómeno do sobreaquecimento e subarrefecimento.

O sobreaquecimento deve ser medido em dois pontos do sistema, na sucção (sobreaquecimento total) e no evaporador (sobreaquecimento útil).

Na sucção deverá medir-se da seguinte forma:

1. Medir a pressão de sucção na válvula de serviço do compressor e através de uma tabela Pressão x Temperatura como a que da DuPontTM que se encontra no Anexo Q determinar a Temperatura de Saturação
2. Utilizando um termómetro adequado realizar a medição da temperatura sensivelmente 10 a 30cm da entrada do compressor;
3. Para obter o valor do sobreaquecimento na sucção é necessário subtrair a temperatura medida no ponto 2 pela temperatura medida no ponto 1,
 $T_{\text{sucção}} - T_{\text{evaporação}}$

No evaporador o método é o seguinte:

1. De novo com o auxílio da Tabela Pressão x Temperatura converte-se a pressão medida na saída do evaporador em temperatura;
2. Com o auxílio de um termómetro adequado medir a temperatura de sucção próximo do bolbo sensor da válvula de expansão;
3. Calcular o sobreaquecimento útil da seguinte forma:

$$T_{\text{sucção}} - T_{\text{evaporação}}$$

A Bitzer recomenda um sobreaquecimento útil não superior a 10K preferencialmente entre 3K e 10K enquanto o sobreaquecimento total deverá ser entre 8K a 20K.

Após a medição dos valores e quando estes não estão dentro do limite recomendado é necessário regular a válvula de expansão de forma a diminuir a pressão de evaporação e com isso diminuir o sobreaquecimento ou o contrário.

A diminuição do sobreaquecimento pode vir a ser muito prejudicial para o sistema dado que haverá o risco de retorno de líquido ao compressor o que causa a diluição do óleo no refrigerante e o conseqüente estrago dos vários componentes do compressor. Se por outro lado houver um aumento do sobreaquecimento as temperaturas de descarga serão muito elevadas o que levará à carbonização do óleo e conseqüentemente o desgaste de todas as partes móveis do compressor. Ocorrerá ainda a diminuição da capacidade frigorífica e o aumento da potência consumida pelo compressor.

O subarrefecimento pode ser medido da seguinte forma:

1. Novamente é necessário fazer corresponder a pressão medida na válvula de serviço de alta pressão do compressor (Pressão de Condensação) à temperatura de condensação através da Tabela do Anexo Q;
2. Recorrendo a um termómetro apropriado medir a temperatura da linha de líquido imediatamente antes do filtro secador;
3. Determinar o subarrefecimento diminuindo a $T_{\text{condensação}} - T_{\text{linha de líquido}}$.

O valor de subarrefecimento recomendado pela Bitzer é entre 3K a 5K.

O subarrefecimento é importante ser controlado dado que aumenta a eficiência do sistema sendo que a quantidade de calor removida por kg de refrigerante a circular no sistema é maior ou seja não é necessário estar tanta quantidade de refrigerante a circular no sistema para obter a temperatura desejada o que conseqüentemente reduz o tempo de funcionamento do compressor. Por outro lado o subarrefecimento é benéfico para controlar o fluido frigorígeno e evitar que o fluido frigorígeno líquido se transforme em gás antes de chegar ao evaporador ou seja pode ocorrer o fenómeno de *flash gas* que não é mais que a evaporação repentina do líquido.

Este fenómeno de *flash gas* faz com que o fluido absorva calor antes de chegar ao evaporador o que impede a válvula de expansão de medir corretamente o líquido refrigerante

7. Conclusão

O decorrer deste estágio ofereceu-me a oportunidade de contatar de perto com a área profissional do meu interesse e ainda com profissionais de excelência como foram todos os Engenheiros que me apoiaram dentro da Johnson Controls.

O acompanhamento deste projeto na empresa Johnson Controls proporcionou-me uma percepção do modo de funcionamento da Indústria do Frio nomeadamente da concepção de Instalações Frigoríficas, preparando-me para as situações reais que ocorrem ao longo de um projeto e necessitam de solução assim como me ensinou a realizar decisões conforme os pedidos e requisições do cliente.

A nível académico o decorrer deste estágio aprofundou os conhecimentos adquiridos ao longo das Unidades Curriculares do Mestrado em Engenharia Mecânica assim como me familiarizou com conceitos e legislação que decorreram de pesquisa pessoal para a realização da presente Dissertação.

Em perspectiva e concluída a minha passagem pela Johnson Controls julgo que globalmente foi muito proveitosa tendo sido aplicados conceitos teóricos previamente adquiridos ao longo do Mestrado no que é a prática da Indústria do Frio, tendo sido proporcionado uma boa preparação para iniciar a minha atividade profissional no futuro.

Bibliografia

- [1] - Koelet, P.C., Industrial Refrigeration: principles, design and applications, New York, Marcel Dekker, 1992.
- [2] - Dossat, Roy J., Princípios de Refrigeração: teoria, prática, exemplos, problemas, soluções São Paulo, Hemus Editor, 1980.
- [3] - Costa, Ênnio Cruz da, Refrigeração - 3ª ed. - São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1982.
- [4] - Stoecker, W.F, Jabardo, J.M., Refrigeração Industrial, 2ª Edição- São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 2002.
- [5] - www.johnsoncontrols.pt/, consultado a 19 de Junho de 2014 pelas 18h;
- [6] - ASHRAE 0-2005 Processo de Comissionamento
- [7] - www.engineeringtoolbox.com, 20 de Junho de 2014 pelas 12h;
- [8] - Comissão de Produtos Alimentares e Segurança Alimentar da Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição, Código das Boas Práticas da Distribuição Alimentar, 1ª Edição, Irisgráfica;
- [9] - Comissão das Comunidades Europeias, Livro Branco sobre a Segurança dos Alimentos, Bruxelas, 2000;
- [10] - Regulamento N.º 852/2004 de 29 de Abril, Parlamento Europeu e do Conselho, 2004.
- [11] - Baptista, Paulo, Sistemas de Segurança Alimentar na Cadeia de Transporte e Distribuição de Produtos Alimentar, Guimarães, Ideal, artes gráficas.
- [12] - Santos, Gonçalves, Sebenta da Unidade Curricular de Instalações Frigoríficas
- [13] - www.dupont.com, consultado a 4 de Julho de 2014 pelas 11h;
- [14] - Solvay Fluor and Derivate GmbH, Technical Service - Refrigerant, Product Bulletin no P/04.02/06/E, R507 in comparison to R404A and Practical Experiences, Solvay.
- [15] - Guerra, Matos, Balanço Térmico de Instalações Frigoríficas, ISEL.
- [16] - www.baltimoreaircoil.eu, consultado a 4 de Julho de 2014 pelas 15h;
- [17] Dinçer, Ibrahim, Refrigeration Systems and Applications, WILEY, 2003.

Anexos

Anexo A. **Plantas da Instalação Frigorífica**

Anexo B. Nova proposta para fornecimento do Entrepoto frigorífico



PROPOSTA C4449/13/C00
ENTREPOSTO FRIGORÍFICO – ARNEIRO, TOJAL

Exmos. Senhores,

No seguimento da Vossa consulta que desde já muito agradecemos, temos o prazer de apresentar a nossa proposta para o fornecimento, montagem e arranque de uma instalação frigorífica centralizada destinada a servir uma câmara frigorífica de refrigerados, uma câmara frigorífica de congelados e um cais refrigerado.

A nossa proposta considera uma instalação do tipo centralizada com fluído refrigerante R507, que alimentará os evaporadores das câmaras e do cais.

A nossa proposta base inclui o fornecimento e montagem dos seguintes equipamentos:

- 1 (uma) Unidade compressora do tipo parafuso para a câmara de congelados;
- 1 (uma) Unidade compressora do tipo parafuso para a câmara de refrigerados e o cais refrigerado;
- 1 (uma) Unidade compressora do tipo parafuso que ficará em estado de reserva aos dois regimes de funcionamento da instalação;
- 1 (um) Condensador evaporativo;
- 1 (um) Depósito de acumulação de líquido;
- 1 (um) Separador acumulador de líquido para a linha de aspiração do compressor da câmara frigorífica de produtos congelados;
- 1 (um) Separador acumulador de líquido para a linha de aspiração do compressor da câmara frigorífica de produtos refrigerados e do cais;



- 2 (dois) Evaporadores de ar forçado para a câmara de congelados;
- 2 (dois) Evaporadores de ar forçado para a câmara de refrigerados;
- 1 (um) Evaporador de duplo fluxo de ar para o cais de refrigerados;
- Tubagens, isolamento térmico, válvulas e automatismos;
- Quadro eléctrico de potência, protecção, comando e controlo da instalação;
- 1 (um) Sistema de alarme de encarceramento em câmaras, sendo aplicados dois pulsadores de emergência por cada câmara;
- 1 (um) Detector de HFC a instalar na casa de máquinas.
- 1 (um) Sistema de registo de temperatura homologado pelo IPQ, conforme Portaria nº1129/2009.

A nossa proposta inclui ainda o fornecimento e montagem dos seguintes elementos ao nível da isoterminia:

- 2 (duas) Portas de serviço isotérmicas para dar acesso lateral do cais às zonas não climatizadas;
- 2 (duas) Portas de enrolar rápidas e seu automatismo para as portas das câmaras.

Esperando que a nossa proposta possa vir a merecer a Vossa melhor atenção, ficamos ao inteiro dispor de V/Exas., para quaisquer esclarecimentos adicionais que possam vir a tornar-se necessários.

Melhores Cumprimentos

Luis Rosado
Johnson Controls Portugal BE, Lda.

Anexo C. Proposta para fornecimento do Entrepasto frigorífico



23/04/2014
LRO/NBA
Ref. 071/2014

HAVI Logistics, Unipessoal Lda.
Quinta dos Cónegos -Torre
2580-465 CARREGADO

Atn. **Exmo. Sr. Eng. Carlos Mendonça**



PROPOSTA ADICIONAL C4449/13/C00_V1 ENTREPOSTO FRIGORÍFICO - ARNEIRO, TOJAL

Exmos. Senhores

No seguimento das últimas conversações havidas, apresentamos a nossa proposta adicional à obra adjudicada, considerando a ampliação da capacidade frigorífica no circuito de -8°C, que serve a câmara de refrigerados e o cais refrigerado.

A ampliação da capacidade resulta do ajuste das condições de funcionamento dos serviços acima referidos como consequência da necessidade que nos foi transmitida para considerarmos uma temperatura do cais refrigerados mais baixa e um aumento da temperatura média do produto que entra na câmara de refrigerados (devido ao “mix” de entrada de produtos secos Vs refrigerados).

Também está considerada nesta proposta adicional o aumento do compressor de reserva para as novas condições de funcionamento do cais e da câmara de refrigerados, tendo estes sofrido um aumento nas necessidades frigoríficas.

O aumento da capacidade frigorífica necessária incide directa e indirectamente nos seguintes equipamentos, que serão agora de maior capacidade/potência:

- 1 (uma) Unidade compressora do tipo parafuso para a câmara de refrigerados e o cais refrigerado;
- 1 (uma) Unidade compressora do tipo parafuso de reserva à câmara de congelados e à câmara de refrigerados e cais, tendo agora sofrido estes últimos um aumento nas necessidades frigoríficas;
- 1 (um) Condensador evaporativo;
- 1 (um) Depósito de acumulação de líquido;

Johnson Controls Portugal BE, Lda.- Av. do Forte, 12, 2790-072 Carnaxide (Lisboa) Tel. +351 21 953 38 10 - Fax +351 21 959 80 84

Filial Avenida Marginal 188 – Edifício Pedro França – 3830-552 Gafanha da Nazaré - Tel. +351 234 38 46 64 - Fax +351 234 37 17 19

Conservatória do Registo Comercial de Cascais sob o nº505 206 790 - NIF 505 206 790



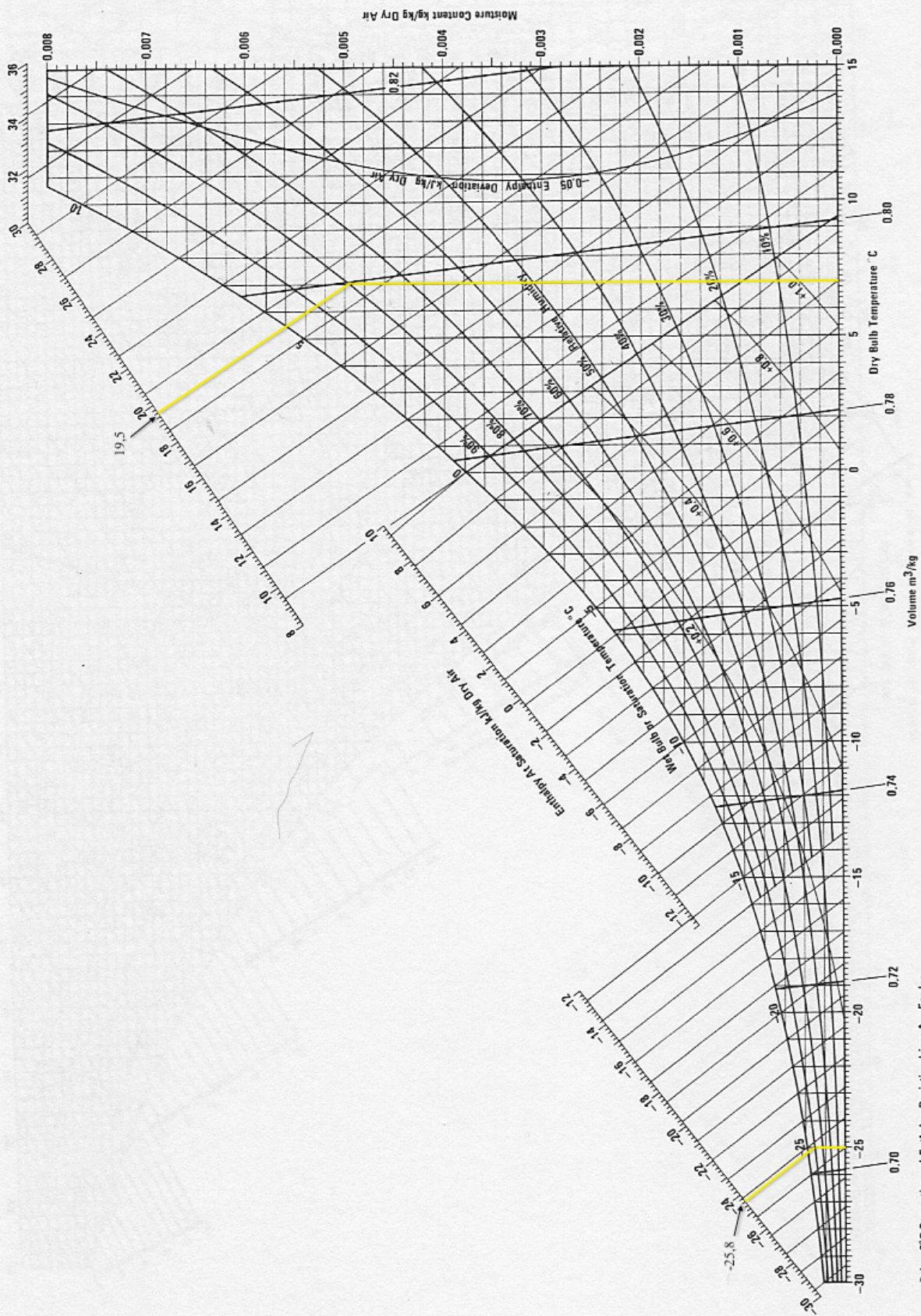
- 2 (dois) Evaporadores de ar forçado para a câmara de refrigerados;
- Tubagens, isolamento térmico, válvulas e automatismos;
- Resistências eléctricas de descongelação para permitir o bom funcionamento do evaporador do cais com temperatura do ar e de evaporação mais baixas;
- Quadro eléctrico de potência, protecção, comando e controlo da instalação;
- Cablagens eléctricas de ligação dos motores (compressor e motoventiladores) ao quadro eléctrico.

Esperando que a nossa proposta possa vir a merecer a Vossa melhor atenção, ficamos ao inteiro dispor de V/Exas., para quaisquer esclarecimentos adicionais que possam vir a tornar-se necessários.

Melhores Cumprimentos

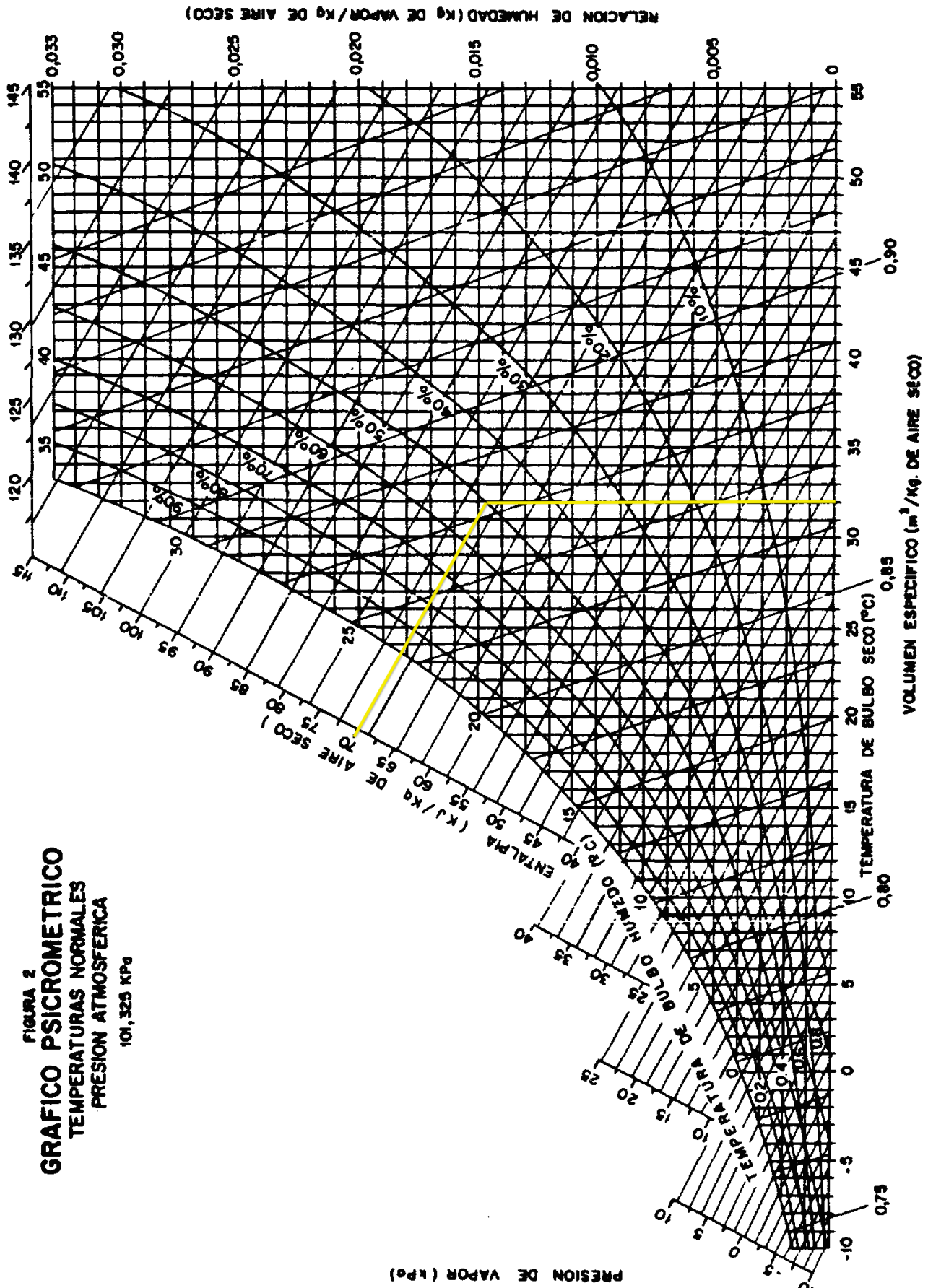
Luis Rosado
Johnson Controls Portugal BE, Lda.

Anexo D. Diagrama Psicométrico da Carrier para as Câmara de Congelados e Refrigerados



Anexo E. Diagrama Psicométrico para o Cais Refrigerado

FIGURA 2
GRAFICO PSICROMETRICO
 TEMPERATURAS NORMALES
 PRESION ATMOSFERICA
 101,325 KPa



Anexo F. Ficha Técnica do Evaporador do Cais Refrigerado



UNIT COOLER- 50 Hz

Date 23-07-2014
Customer
Reference

Operating Mode **Unit type** **Model**
Direct Expansion **Ceiling-BF** **BFGEH405CS 230V CR APE**

Type of calculation Rating
Required Capacity kW Margin %
Calculated capacity 37.70 kW
No

Dimensions***

Length 4350 mm Dry weight (approx. +/-5%) 243 kg
Height 350 mm
Depth 1150 mm
Packing Crate Shipping Volume 3.87 m³

Thermal Data

Refrigerant R507
Air Temperature 5.0 °C / -0.7 °C
Pressure Drop 21.19 kPa
Relative humidity 80.0 %
Evaporating Temp. -7.0 °C
DT1 (Air Inlet Temp.Difference) 12.0 K
DTM (Room Temp. Difference) 9.15 K

Fan data

ErP 2015 Yes
Air flow: 13040m³/h Number of Fans/Fan Motors 5
17.1 m Fan diameter 400.0mm
Rotation speed 1430 rpm Voltage 230V
Total Nominal Power 800 W Phase 1ph
Total Nominal current⁽²⁾ 3.7 A Connection -
FLC 4.4A
Sound Pressure Level(3.0 m) ⁽¹⁾ 58dB(A) Sound Power Level 79dB(A)

Coil data

Tube material Copper Fin material Aluminium
Fin Spacing 5.0 mm Number of Circuits 14
Surface 204.5 m² Internal Volume 26.5 litres
Connections (In-Out) 35 - 54mm ConnectionSide Same

Frame and casework

Case material Aluminium Prepainted
Coil frame material Aluzinc

NOTES

(1) By using EN 13487 at 3m in free field conditions



(2) Nom. current at Tair=20°C. Variations occur due to different voltage or Tair
 (5) Single electrical heater 230V

(***) Dimension and weight are not valid for all possible options. Drawings are only preliminary and indicative.

Options

Defrost system	Electrical	
	Heaters on Coil ⁽⁵⁾	Heaters on drip tray ⁽⁵⁾
No of Heaters	6	2
Total El.Consumption	16200W	4440W
Insulated drip tray	No	
Re-Heating coil	No	

Electrical

Switch on/off	No	Connection box	No
---------------	----	----------------	----

Summary

Type	Item ID	Price(€)
Configured Unit	3289033729	-
Total price		-
Description1	BFGEH405CS 230V CR APE	
Description2	AL 5.0 CU	
Program version	5.51	Data update
		2014-04-02

ALFA LOMVIG S.p.A. - Via S. Felice 10 - 37060 Sommacampagna (Verona) - Italia
 Tel. +39 045 8751111 - Fax +39 045 8751112 - Email: info@alfalomvig.it
 ALFA LOMVIG S.p.A. è un'azienda a partecipazione paritetica ALFA LOMVIG - UNILAVAS

BFG-BF3	BFGC/BFCE 405	C	20m	50m
BFG-BF3	BFGC/BFCE 405	B	20m	50m
BFG-BF3	BFGC/BFCE 404	B	20m	50m
BFG-BF3	BFGC/BFCE 404	C	20m	40m
BFG-BF3	BFGC/BFCE 404	B	20m	40m
BFG-BF3	BFGC/BFCE 403	C	20m	40m
BFG-BF3	BFGC/BFCE 403	B	20m	40m
BFG-BF3	BFGC/BFCE 402	B/C	20m	20m
	MODEL	COL. SIZE	#H COL.	#HT COL.

DESCRIZIONE: []	INTERFACCIA: []	REVISIONE: []	DATA: []	ESATTORE: []
MODELLO: []	PRODOTTORE: []	DESCRIZIONE: []	REVISIONE: []	DATA: []
SERIE: BFG BFG DX		BFB_BFG_DX		

Anexo G. Ficha Técnica do Evaporador da Câmara de Congelados



UNIT COOLER- 50 Hz

Date 23-07-2014
Customer
Reference

Operating Mode Unit type Model
Direct Expansion **Airmax II** **ILBEH503CS 230V CR GPE**

Type of calculation	Rating	Margin	%
Required Capacity	kW		
Calculated capacity	18.04 kW		
	No		

Dimensions***

Length	3130 mm	Dry weight (approx. +/-5%)	314 kg
Height	946 mm		
Depth	801 mm		
Packing	Crate	Shipping Volume	4.00 m ³

Thermal Data

Refrigerant	R507
Air Temperature	-25.0 °C / -27.0 °C
Pressure Drop	7.981 kPa
Relative humidity	85.0 %
Evaporating Temp.	-32.0 °C
DT1 (Air Inlet Temp.Difference)	7.0 K
DTM (Room Temp. Difference)	6.02 K

Fan data

ErP 2015	Yes	Number of Fans/Fan Motors	3
Air flow:	23250m ³ /h	Fan diameter	500.0mm
	39.5 m	Voltage	230V
Rotation speed	1210 rpm	Phase	1ph
Total Nominal Power	2310 W	Connection	-
Total Nominal current(2)	10.2 A	Sound Power Level	79dB(A)
FLC	12.2A		
Sound Pressure Level(3.0 m) (1)	58dB(A)		

Coil data

Tube material	Copper	Fin material	Aluminium
Fin Spacing	10.0 mm	Number of Circuits	15
Surface	104.9 m ²	Internal Volume	26.0 litres
Connections (In-Out)	28-54mm	ConnectionSide	Left - Standard

Frame and casework

Case material	Galvanized steel painted
Coil frame material	Aluzinc

NOTES



(2) Nom. current at Tair=20°C. Variations occur due to different voltage or Tair
 (5) Single electrical heater 230V

(***) Dimension and weight are not valid for all possible options. Drawings are only preliminary and indicative.

Options

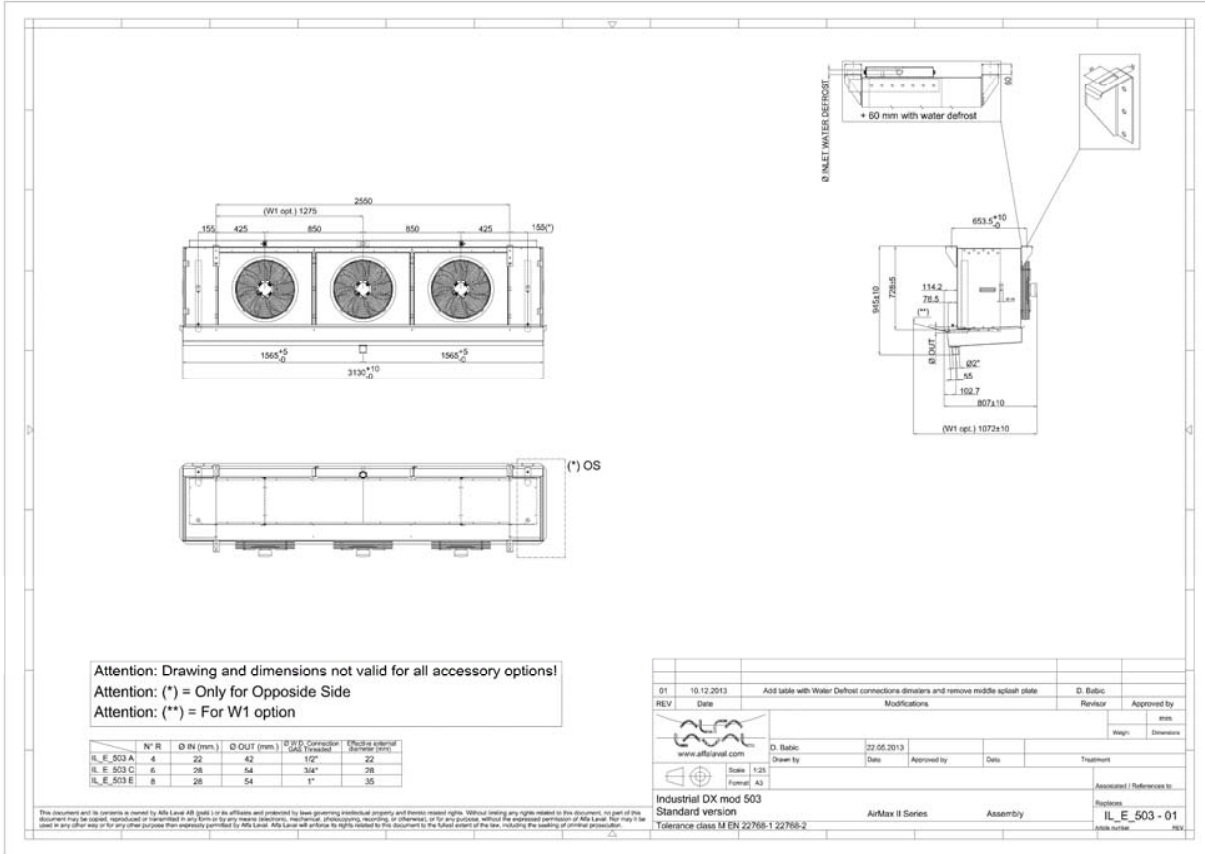
Defrost system	Electrical	
No of Heaters	Heaters on Coil ⁽⁵⁾	Heaters on drip tray ⁽⁵⁾
Total El.Consumption	7	2
Fan ring heater	14700W	4200W
No of Heaters	Yes ⁽⁵⁾	
Total El.Consumption	3	
Insulated drip tray	1350W	
Feet	Yes	
Sock	No	
Alfa Streamer	No	
Re-Heating coil	No	

Electrical

Switch on/off	No	Connection box	No
---------------	----	----------------	----

Summary

Type	Item ID	Price(€)
Configured Unit		-
Total price		-
Description1	ILBEH503CS 230V CR GPE	
Description2	AL 10.0 CU FH IS L	
Program version	5.51	Data update
		2014-04-02



Anexo H. **Ficha Técnica do Evaporador da
Câmara de Refrigerados**



UNIT COOLER- 50 Hz

Date 23-07-2014
Customer
Reference

Operating Mode **Unit type** **Model**
Direct Expansion **Airmax II** **ILREH502ES 230V CR GPE**

Type of calculation	Rating	Margin	%
Required Capacity	kW		
Calculated capacity	18.69 kW		
	No		

Dimensions***

Length	2280 mm	Dry weight (approx. +/-5%)	224 kg
Height	946 mm		
Depth	801 mm		
Packing	Crate	Shipping Volume	3.00 m ³

Thermal Data

Refrigerant	R507
Air Temperature	0.0 °C / -2.7 °C
Pressure Drop	6.590 kPa
Relative humidity	89.0 %
Evaporating Temp.	-7.0 °C
DT1 (Air Inlet Temp.Difference)	7.0 K
DTM (Room Temp. Difference)	5.66 K

Fan data

ErP 2015	Yes	Number of Fans/Fan Motors	2
Air flow:	14310m ³ /h	Fan diameter	500.0mm
Air throw with Alfa Streamer	54 m	Voltage	230V
Rotation speed	1210 rpm	Phase	1ph
Total Nominal Power	1540 W	Connection	-
Total Nominal current ⁽²⁾	6.8 A	Sound Power Level	77dB(A)
FLC	8.2A		
Sound Pressure Level(3.0 m) ⁽¹⁾	56dB(A)		

Coil data

Tube material	Copper	Fin material	Aluminium
Fin Spacing	7.0 mm	Number of Circuits	12
Surface	130.4 m ²	Internal Volume	23.2 litres
Connections (In-Out)	22-54mm	ConnectionSide	Left - Standard

Frame and casework


Case material	Galvanized steel painted
Coil frame material	Aluzinc

Anexo I. Especificações Técnicas do Condensador

Model	Weights (kg)			Dimensions (mm)				Air Flow (m /s)	Fan Motor (kW)	Water Flow (l/s)	Fluid Outlet ND (mm)	R717 charge (kg)
	Oper. Weight (kg)	Ship. Weight(kg)	Heaviest Section (kg)	L1	L2	W	H					
VCL 042-H	1610	1100	1100	3350	1820	1250	1585	7.9	(1x) 4.0	5.9	(1x) 0.55	20.0
VCL 048-G	1800	1270	1270	3350	1820	1250	1855	6.7	(1x) 2.2	5.9	(1x) 0.55	28.0
VCL 054-H	1810	1280	1280	3350	1820	1250	1855	7.6	(1x) 4.0	5.9	(1x) 0.55	28.0
VCL 058-G	1990	1440	1440	3350	1820	1250	2015	6.4	(1x) 2.2	5.9	(1x) 0.55	38.0
VCL 065-H	2005	1460	1460	3350	1820	1250	2015	7.4	(1x) 4.0	5.9	(1x) 0.55	38.0
VCL 071-J	2025	1490	1490	3350	1820	1250	2015	8.1	(1x) 5.5	5.9	(1x) 0.55	38.0
VCL 073-H	2190	1640	1640	3350	1820	1250	2230	7.2	(1x) 4.0	5.9	(1x) 0.55	46.0
VCL 079-J	2220	1670	1670	3350	1820	1250	2230	7.9	(1x) 5.5	5.9	(1x) 0.55	46.0
VCL 084-K	2530	1750	1750	4560	2730	1250	1855	11.4	(1x) 7.5	9.0	(1x) 0.75	42.0
VCL 096-J	2810	2010	2010	4560	2730	1250	2090	10.2	(1x) 5.5	9.0	(1x) 0.75	55.0
VCL 102-K	2820	2020	2020	4560	2730	1250	2090	11.2	(1x) 7.5	9.0	(1x) 0.75	55.0
VCL 111-L	2840	2080	2080	4560	2730	1250	2090	12.3	(1x) 11.0	9.0	(1x) 0.75	55.0
VCL 119-M	2845	2090	2090	4560	2730	1250	2090	12.4	(1x) 15.0	9.0	(1x) 0.75	55.0
VCL 115-K	3090	2280	2280	4560	2730	1250	2350	10.8	(1x) 7.5	9.0	(1x) 0.75	72.0
VCL 133-M	3120	2350	2350	4560	2730	1250	2350	13.0	(1x) 15.0	9.0	(1x) 0.75	72.0

		VCL 058-G	VXC 59	VCL 065-H	VXC 65	VCL 071-J	VCL 073-H
		x	x	x	x	x	x
ProductGroup		VCL	VXC	VCL	VXC	VCL	VCL
ProductLine		VCL	VXC	VCL	VXC	VCL	VCL
Nr of units		1	1	1	1	1	1
CTI/ECC Certified							
Wet Coil Type		Bare / HDG	Bare / HDG	Bare / HDG	Bare / HDG	Bare / HDG	Bare / HDG
Wet		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Condenser safety	%	0.59	0.59	12.94	13.53	22.94	27.06
Total Condenser Capacity	kW	171.0	171.0	192.0	193.0	209.0	216.0
Total Refrigerant Charge	kg	73.0	56.0	73.0	69.0	73.0	89.0
Physical data							
Length	mm	3350	2179	3350	2179	3350	3350
Width	mm	1250	1207	1250	1207	1250	1250
Height	mm	2015	2467	2015	2683	2015	2230
Fan KW per unit	KW	1 x 2.2	1 x 5.5	1 x 4.0	1 x 5.5	1 x 5.5	1 x 4.0
Total fan KW	KW	2.2	5.5	4.0	5.5	5.5	4.0
Spray pump KW per unit	KW	1 x 0.55	1 x 0.37	1 x 0.55	1 x 0.37	1 x 0.55	1 x 0.55
Total spray pump KW	KW	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.6
Operating weight	kg	1990	1330	2005	1500	2025	2190
Shipping weight	kg	1440	1180	1460	1330	1490	1640
Heaviest section	kg	1440	700	1460	860	1490	1640
Standard material		Baltpius	Baltpius	Baltpius	Baltpius	Baltpius	Baltpius
Sound (unitary)		No attenuation	No attenuation	No attenuation	No attenuation	No attenuation	No attenuation
Side description type		1	1	1	1	1	1
Distance	m	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
SPL side 1	dB(A)	60	60	62	59	63	62
SPL side 2	dB(A)	54	55	55	53	56	55
SPL side 3	dB(A)	61	57	62	54	63	62
SPL side 4	dB(A)	61	57	62	54	63	62
SPL side 5	dB(A)	64	59	64	57	65	64

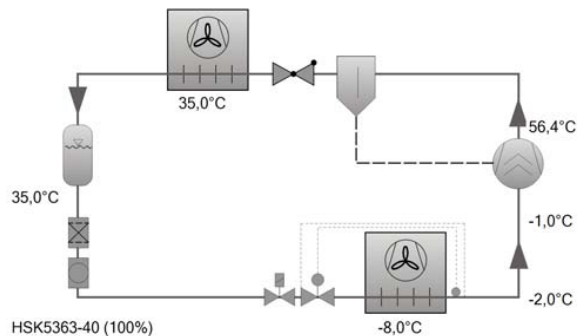
Anexo J. Ficha Técnica do Compressor do circuito -8°C para a Câmara de Refrigerados e Caís

	COMPRESSOR DO CIRCUITO -8°C CÂMARA DE REFRIGERADOS E CAIS
BITZER Software v6.4.1 rev1210	23-07-2014 / All data subject to change.
	2 / 4

Compressor Selection: Semi-hermetic Screw Compressors HS

Input Values

Compressor model	HSK5363-40
Refrigerant	R507A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-8,00 °C
Condensing SDT	35,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Suct. gas superheat	7,00 K
Operating mode	Standard
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	6,00 K
Additional cooling	Automatic
Max. discharge gas temp.	80,0 °C

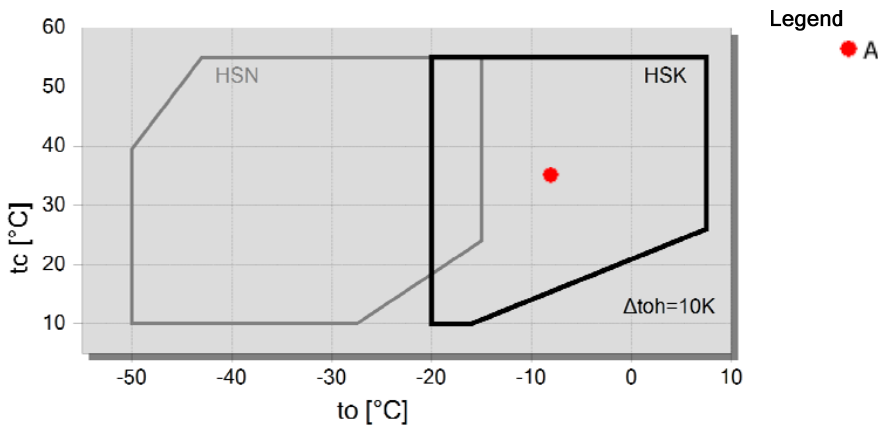


Result

Compressor	HSK5363-40-40P
Capacity steps	100%
Cooling capacity	77,9 kW
Cooling capacity *	78,6 kW
Evaporator capacity	77,2 kW
Power input	27,9 kW
Current (400V)	44,0 A
Voltage range	380-415V
Condenser Capacity	104,1 kW
COP/EER	2,77
COP/EER *	2,82
Mass flow LP	2498 kg/h
Mass flow HP	2498 kg/h
Operating mode	Standard
Liquid temp.	35,0 °C
Oil volume flow	0,86 m³/h
Cooling method	--
Discharge gas temp. w/o cooling	56,4 °C

*According to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)

Application Limits Standard





**COMPRESSOR DO CIRCUITO -8°C
CÂMARA DE REFRIGERADOS E CAIS**

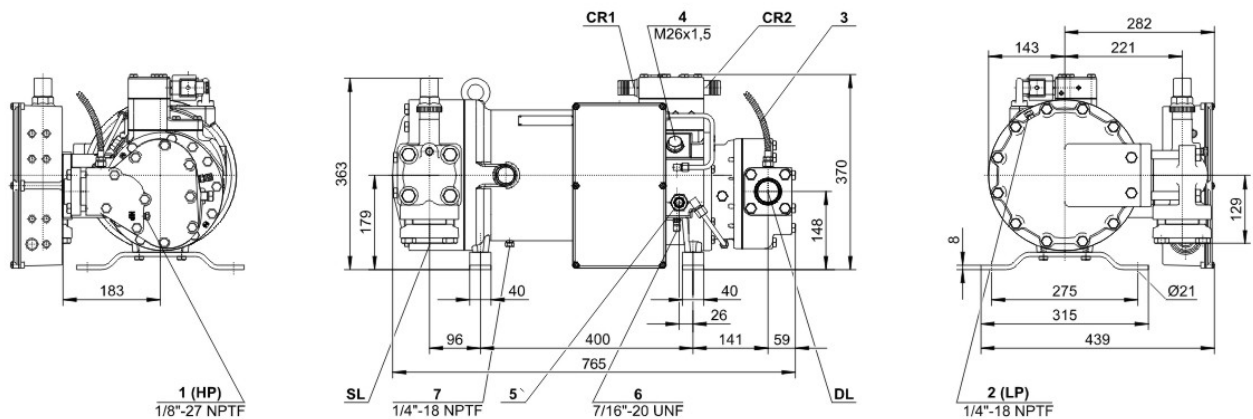
BITZER Software v6.4.1 rev1210

23-07-2014 / All data subject to change.

3 / 4

Technical Data: HSK5363-40

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data

Displacement (2900 RPM 50 Hz)	118 m ³ /h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	142 m ³ /h
Weight	183 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	54 mm - 2 1/8"
Connection discharge line	42 mm - 1 5/8"
Adapter/shut-off valve for ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Adapter for liquid injection	16 mm - 5/8" (Option)
Oil type R22	B150SH, B100 (Option)
Oil type R134a/R404A/R507A	BSE170 (Option)

Motor data

Motor voltage (more on request)	380-415V PW-3-50Hz
Max operating current	66.0 A
Starting current (Rotor locked)	182.0 A D / 311.0 A DD
Max. Power input	42,0 kW

Extent of delivery (Standard)

Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Oil flow control	SE-B2 (Standard)
Motor protection	SE-E1 (Standard), INT69VSY-II(Standard for 660-690V)
Suction shut-off valve	Standard
Capacity control	100-75-50% (Standard)
Enclosure class	IP54

Available Options

Oil flow control	OFC (Option)
Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option

Sound measurement

Sound power level (-10°C / 45°C)	82,5 dB(A)
Sound pressure level @ 1m (-10°C / 45°C)	74,5 dB(A)



Semi-hermetic Screw Compressors HS

HSK = Application for air-conditioning and medium temperature cooling

HSN = Application for low temperature cooling

Notes regarding application limits (see Limits):

- Ranges are valid for standard operation and at full-load conditions.
- With high pressure conditions, part-load operation is partly limited (see application limits in applications manual SH-100)
- With Economizer operation the maximum admissible evaporation temperature is shifted by 10 K downward (otherwise there is a danger of excessive compression and overload of the motor because of a higher mass flow). At pull-down conditions from higher evaporation temperatures, the ECO injection must remain closed until the evaporation temperature is below the maximum admissible value and a stable operation is achieved (e.g. control of the ECO solenoid valve by means of a low pressure cut-out). The use of the ECO-system with higher evaporation temperatures requires individual consultation with Bitzer.

HS 64/74:

- Capacity control with ECO operation at the same time is limited to one single regulating step (CR 75 %). At CR 50 % the ECO injection should be closed.
- Combined operation (ECO + CR 50 %) is possible under certain conditions, control and system design, however, require individual consultation with Bitzer.

Data for sound emission:

Data are based on 50Hz application (IP-units 60Hz) and R404A.

Sound pressure level: values are based on open air test sites with semi-spherical sound emissions at 1 meter distance. For further information see Technical Information "Sound Data".

Legend of connection positions according to "Dimensions":

- 1 High pressure connection (HP)
- 2 Low pressure connection (LP)
- 3 Discharge gas temperature sensor
- 4 Economiser / liquid injection
- 5 Oil injection
- 6 Oil pressure connection
- 7 Oil drain plug (motor housing)
- 8 Threaded hole for foot fixation
- 9 Threaded hole for pipe support (ECO and LI line)

Anexo K. Ficha Técnica do Compressor do circuito -33°C para a Câmara de Congelados



**COMPRESSOR DO CIRCUITO -33°C
CÂMARA DE CONGELADOS**

BITZER Software v6.4.1 rev1210

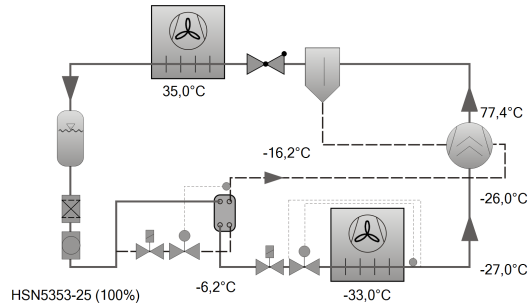
23-07-2014 / All data subject to change.

2 / 4

Compressor Selection: Semi-hermetic Screw Compressors HS

Input Values

Compressor model	HSN5353-25
Refrigerant	R507A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-33,00 °C
Condensing SDT	35,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Auto. subcooling	Auto
Suct. gas superheat	7,00 K
Operating mode	Economizer
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	6,00 K
Additional cooling	Automatic
Max. discharge gas temp.	80,0 °C

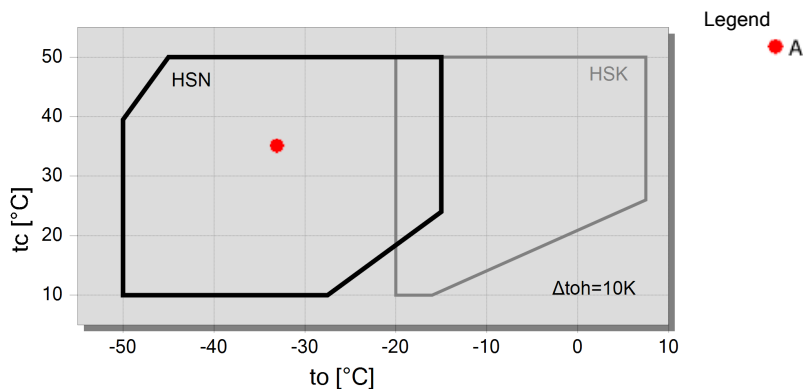


Result

Compressor	HSN5353-25-40P
Capacity steps	100%
Cooling capacity	34,4 kW
Cooling capacity *	35,7 kW
Evaporator capacity	34,1 kW
Power input	24,9 kW
Current (400V)	38,9 A
Voltage range	380-415V
Condenser Capacity	58,6 kW
COP/EER	1,37
COP/EER *	1,41
Mass flow LP	783 kg/h
Mass flow HP	1213 kg/h
Operating mode	Economizer
Liquid temp. (sc)	-6,24 °C
Mass flow ECO	429 kg/h
sub cooler load	13,15 kW
sat. ECO Temp.	-16,24 °C
ECO pressure	3,65 bar(a)
Oil volume flow	0,97 m³/h
Cooling method	--
Discharge gas temp. w/o cooling	77,4 °C

*According to EN12900 (10K suction gas superheat, liquid subcooling in Economiser with 5K temperature difference)

Application Limits ECO





**COMPRESSOR DO CIRCUITO -33°C
CÂMARA DE CONGELADOS**

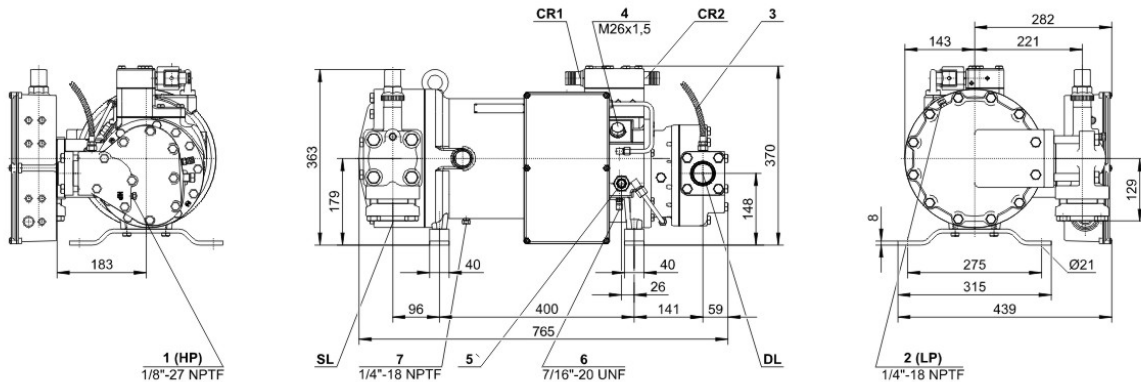
BITZER Software v6.4.1 rev1210

23-07-2014 / All data subject to change.

3 / 4

Technical Data: HSN5353-25

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data	
Displacement (2900 RPM 50 Hz)	100 m ³ /h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	121 m ³ /h
Weight	169 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	54 mm - 2 1/8"
Connection discharge line	42 mm - 1 5/8"
Adapter/shut-off valve for ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Oil type R22	B150SH, B100 (Option)
Oil type R134a/R404A/R507A	BSE170 (Option)
Motor data	
Motor voltage (more on request)	380-415V PW-3-50Hz
Max operating current	52.0 A
Starting current (Rotor locked)	126.0 A D / 218.0 A DD
Max. Power input	33,0 kW
Extent of delivery (Standard)	
Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Oil flow control	SE-B2 (Standard)
Motor protection	SE-E1 (Standard), INT69VSY-II(Standard for 660-690V)
Suction shut-off valve	Standard
Capacity control	100-80-45% (Standard)
Enclosure class	IP54
Available Options	
Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option
Motor protection	SE-C1 (Option)
Sound measurement	
Sound power level (-35°C / 40°C)	82,5 dB(A)
Sound pressure level @ 1m (-35°C / 40°C)	74,5 dB(A)



Semi-hermetic Screw Compressors HS

HSK = Application for air-conditioning and medium temperature cooling

HSN = Application for low temperature cooling

Notes regarding application limits (see Limits):

- Ranges are valid for standard operation and at full-load conditions.
 - With high pressure conditions, part-load operation is partly limited (see application limits in applications manual SH-100)
 - With Economizer operation the maximum admissible evaporation temperature is shifted by 10 K downward (otherwise there is a danger of excessive compression and overload of the motor because of a higher mass flow).
- At pull-down conditions from higher evaporation temperatures, the ECO injection must remain closed until the evaporation temperature is below the maximum admissible value and a stable operation is achieved (e.g. control of the ECO solenoid valve by means of a low pressure cut-out). The use of the ECO-system with higher evaporation temperatures requires individual consultation with Bitzer.

HS 64/74:

- Capacity control with ECO operation at the same time is limited to one single regulating step (CR 75 %). At CR 50 % the ECO injection should be closed.
- Combined operation (ECO + CR 50 %) is possible under certain conditions, control and system design, however, require individual consultation with Bitzer.

Data for sound emission:

Data are based on 50Hz application (IP-units 60Hz) and R404A.


Sound pressure level: values are based on open air test sites with semi-spherical sound emissions at 1 meter distance.

For further information see Technical Information "Sound Data".

Legend of connection positions according to "Dimensions":

- 1 High pressure connection (HP)
- 2 Low pressure connection (LP)
- 3 Discharge gas temperature sensor
- 4 Economiser / liquid injection
- 5 Oil injection
- 6 Oil pressure connection
- 7 Oil drain plug (motor housing)
- 8 Threaded hole for foot fixation
- 9 Threaded hole for pipe support (ECO and LI line)

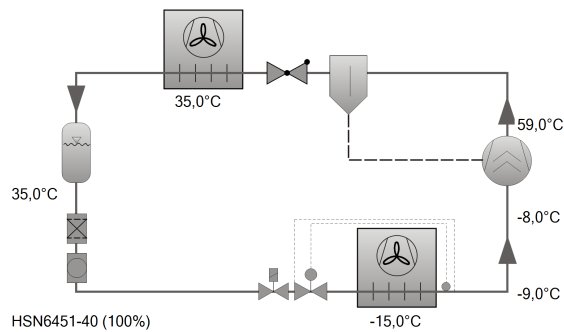
Anexo L. Ficha Técnica do Compressor de reserva para a Câmara de Refrigerados e Cais

	COMPRESSOR EMERGÊNCIA DO CIRCUITO -8°C CÂMARA DE REFRIGERADOS E CAIS	2 / 4
BITZER Software v6.4.1 rev1210	23-07-2014 / All data subject to change.	

Compressor Selection: Semi-hermetic Screw Compressors HS

Input Values

Compressor model	HSN6451-40
Refrigerant	R507A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-15,00 °C
Condensing SDT	35,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Suct. gas superheat	7,00 K
Operating mode	Standard
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	6,00 K
Additional cooling	Automatic
Max. discharge gas temp.	80,0 °C

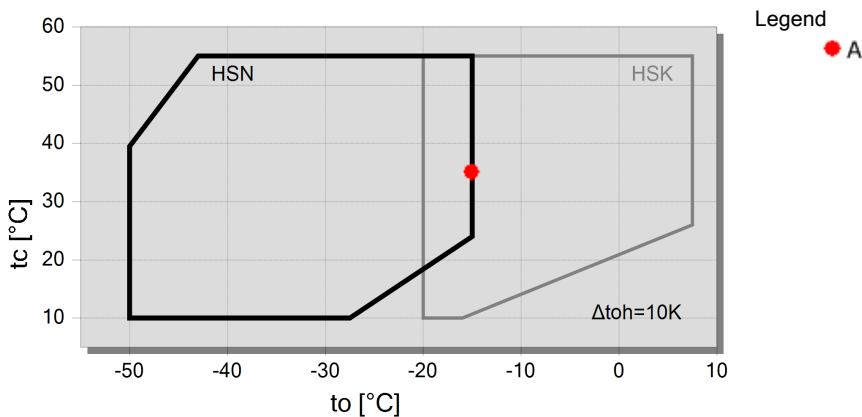


Result

Compressor	HSN6451-40-40P
Capacity steps	100%
Cooling capacity	71,7 kW
Cooling capacity *	72,5 kW
Evaporator capacity	71,1 kW
Power input	31,2 kW
Current (400V)	52,3 A
Voltage range	380-415V
Condenser Capacity	101,4 kW
COP/EER	2,28
COP/EER *	2,32
Mass flow LP	2384 kg/h
Mass flow HP	2384 kg/h
Operating mode	Standard
Liquid temp.	35,0 °C
Oil volume flow	1,18 m³/h
Cooling method	--
Discharge gas temp. w/o cooling	59,0 °C

*According to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)

Application Limits Standard





**COMPRESSOR EMERGÊNCIA DO CIRCUITO -8°C
CÂMARA DE REFRIGERADOS E CAIS**

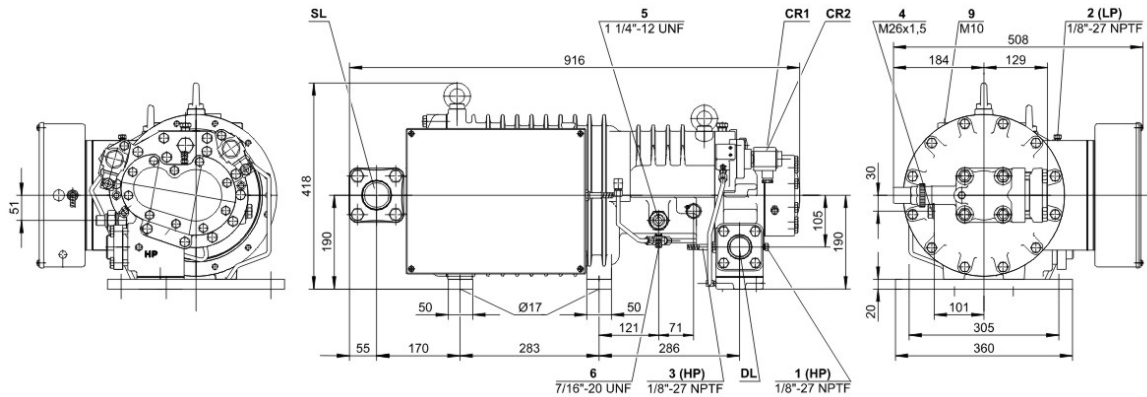
BITZER Software v6.4.1 rev1210

23-07-2014 / All data subject to change.

3 / 4

Technical Data: HSN6451-40

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data	
Displacement (2900 RPM 50 Hz)	140 m ³ /h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	168 m ³ /h
Weight	234 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	54 mm - 2 1/8"
Connection discharge line	42 mm - 1 5/8"
Adapter/shut-off valve for ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Oil type R22	B150SH, B100 (Option)
Oil type R134a/R404A/R507A	BSE170 (Option)
Motor data	
Motor voltage (more on request)	380-415V PW-3-50Hz
Max operating current	65.0 A
Starting current (Rotor locked)	187.0 A D / 313.0 A DD
Max. Power input	42,0 kW
Extent of delivery (Standard)	
Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Oil flow control	SE-B2 (Standard)
Motor protection	SE-E1 (Standard), INT69VSY-II(Standard for 660-690V)
Suction shut-off valve	Standard
Capacity control	100-75-50% (Standard)
Enclosure class	IP54
Available Options	
Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option
Motor protection	SE-C1 (Option)
Sound measurement	
Sound power level (-35°C / 40°C)	86,5 dB(A)
Sound pressure level @ 1m (-35°C / 40°C)	78,5 dB(A)



Semi-hermetic Screw Compressors HS

HSK = Application for air-conditioning and medium temperature cooling

HSN = Application for low temperature cooling

Notes regarding application limits (see Limits):

- Ranges are valid for standard operation and at full-load conditions.
- With high pressure conditions, part-load operation is partly limited (see application limits in applications manual SH-100)
- With Economizer operation the maximum admissible evaporation temperature is shifted by 10 K downward (otherwise there is a danger of excessive compression and overload of the motor because of a higher mass flow). At pull-down conditions from higher evaporation temperatures, the ECO injection must remain closed until the evaporation temperature is below the maximum admissible value and a stable operation is achieved (e.g. control of the ECO solenoid valve by means of a low pressure cut-out). The use of the ECO-system with higher evaporation temperatures requires individual consultation with Bitzer.

HS 64/74:

- Capacity control with ECO operation at the same time is limited to one single regulating step (CR 75 %). At CR 50 % the ECO injection should be closed.
- Combined operation (ECO + CR 50 %) is possible under certain conditions, control and system design, however, require individual consultation with Bitzer.

Data for sound emission:

Data are based on 50Hz application (IP-units 60Hz) and R404A.

Sound pressure level: values are based on open air test sites with semi-spherical sound emissions at 1 meter distance.

For further information see Technical Information "Sound Data".

Legend of connection positions according to "Dimensions":

- 1 High pressure connection (HP)
- 2 Low pressure connection (LP)
- 3 Discharge gas temperature sensor
- 4 Economiser / liquid injection
- 5 Oil injection
- 6 Oil pressure connection
- 7 Oil drain plug (motor housing)
- 8 Threaded hole for foot fixation
- 9 Threaded hole for pipe support (ECO and LI line)



**COMPRESSOR EMERGÊNCIA DO CIRCUITO -33°C
CÂMARA DE CONGELADOS**

BITZER Software v6.4.1 rev1210

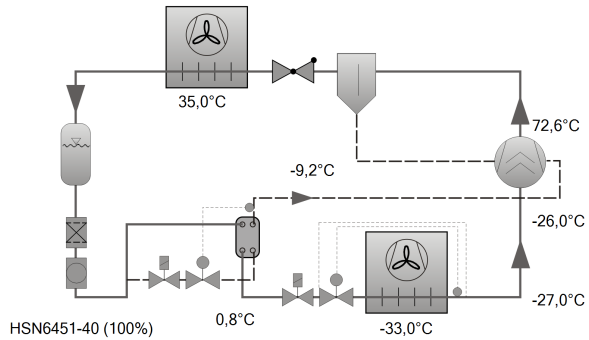
23-07-2014 / All data subject to change.

2 / 4

Compressor Selection: Semi-hermetic Screw Compressors HS

Input Values

Compressor model	HSN6451-40
Refrigerant	R507A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-33,00 °C
Condensing SDT	35,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Auto. subcooling	Auto
Suct. gas superheat	7,00 K
Operating mode	Economizer
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	6,00 K
Additional cooling	Automatic
Max. discharge gas temp.	80,0 °C

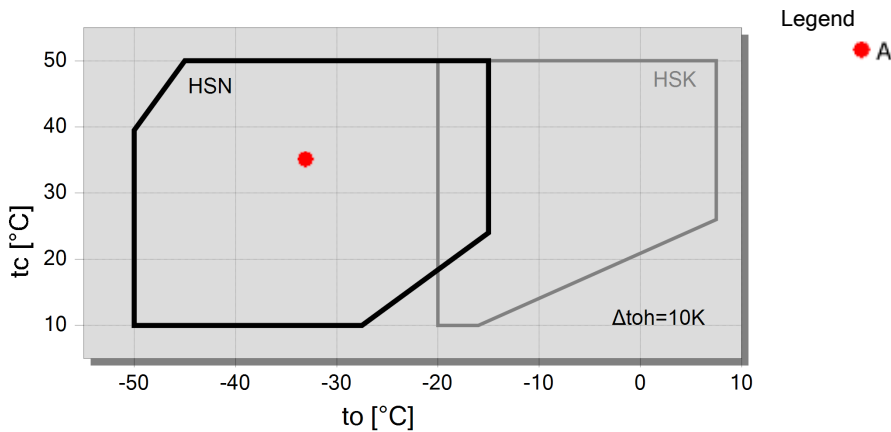


Result

Compressor	HSN6451-40-40P
Capacity steps	100%
Cooling capacity	47,3 kW
Cooling capacity *	49,1 kW
Evaporator capacity	46,9 kW
Power input	31,3 kW
Current (400V)	52,5 A
Voltage range	380-415V
Condenser Capacity	77,6 kW
COP/EER	1,50
COP/EER *	1,55
Mass flow LP	1147 kg/h
Mass flow HP	1657 kg/h
Operating mode	Economizer
Liquid temp. (sc)	0,78 °C
Mass flow ECO	510 kg/h
sub cooler load	16,18 kW
sat. ECO Temp.	-9,22 °C
ECO pressure	4,66 bar(a)
Oil volume flow	1,26 m³/h
Cooling method	--
Discharge gas temp. w/o cooling	72,6 °C

*According to EN12900 (10K suction gas superheat, liquid subcooling in Economiser with 5K temperature difference)

Application Limits ECO





**COMPRESSOR EMERGÊNCIA DO CIRCUITO -33°C
CÂMARA DE CONGELADOS**

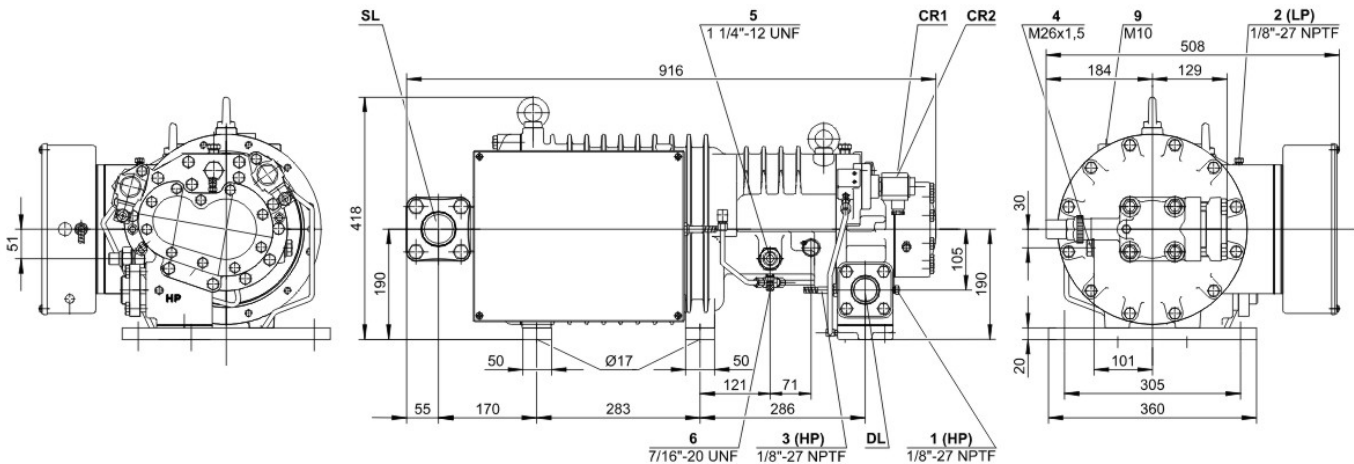
BITZER Software v6.4.1 rev1210

23-07-2014 / All data subject to change.

3 / 4

Technical Data: HSN6451-40

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data

Displacement (2900 RPM 50 Hz)	140 m ³ /h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	168 m ³ /h
Weight	234 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	54 mm - 2 1/8"
Connection discharge line	42 mm - 1 5/8"
Adapter/shut-off valve for ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Oil type R22	B150SH, B100 (Option)
Oil type R134a/R404A/R507A	BSE170 (Option)

Motor data

Motor voltage (more on request)	380-415V PW-3-50Hz
Max operating current	65.0 A
Starting current (Rotor locked)	187.0 A D / 313.0 A DD
Max. Power input	42,0 kW

Extent of delivery (Standard)

Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Oil flow control	SE-B2 (Standard)
Motor protection	SE-E1 (Standard), INT69VSY-II(Standard for 660-690V)
Suction shut-off valve	Standard
Capacity control	100-75-50% (Standard)
Enclosure class	IP54

Available Options

Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option
Motor protection	SE-C1 (Option)

Sound measurement

Sound power level (-35°C / 40°C)	86,5 dB(A)
Sound pressure level @ 1m (-35°C / 40°C)	78,5 dB(A)

Anexo M. Ficha Técnica do Fluido Frigorígeno R-507

INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID

Organisation intergouvernementale
pour le développement du froid



INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION

Intergovernmental organization
for the development of refrigeration

177, boulevard Malesherbes, F-75017 PARIS, France - Tél. 33-(0)1 42 27 32 35 - Fax 33-(0)1 47 63 17 98 - E-mail: iif-iir@ifir.org - Web site: www.iifir.org

Thermophysical properties of refrigerants: R507

General:	
Composition	R125/R143a (50/50)
Family	HFC
Main application fields (in compliance with the legislation in force)	Industrial & commercial refrigeration
Molar mass	98,9 kg/kmol

Thermophysical properties:	
Normal boiling point (at 0.1013 MPa)	-47,1°C
Critical temperature	70,8°C
Critical pressure	3,72 MPa

Properties at 0°C (at saturation)*			
	Unit (SI)	Liquid	Vapour
Pressure	MPa	0,63	0,63
Specific volume	dm ³ /kg	0,86	30,89
Specific heat capacity			
• at constant pressure	kJ/(kg K)	1,37	1,02
• at constant volume	kJ/(kg K)	0,87	0,82
Viscosity	10 ⁻⁶ Pa s	175,88	11,07
Thermal conductivity	W/(m K)	0,077	0,013
Surface tension	N/m	0,007	
Heat of vaporization	kJ/kg	161,5	

* These data are derived from the brochure Thermodynamic and physical Properties of R507 published by the IIR. You can order it on line.

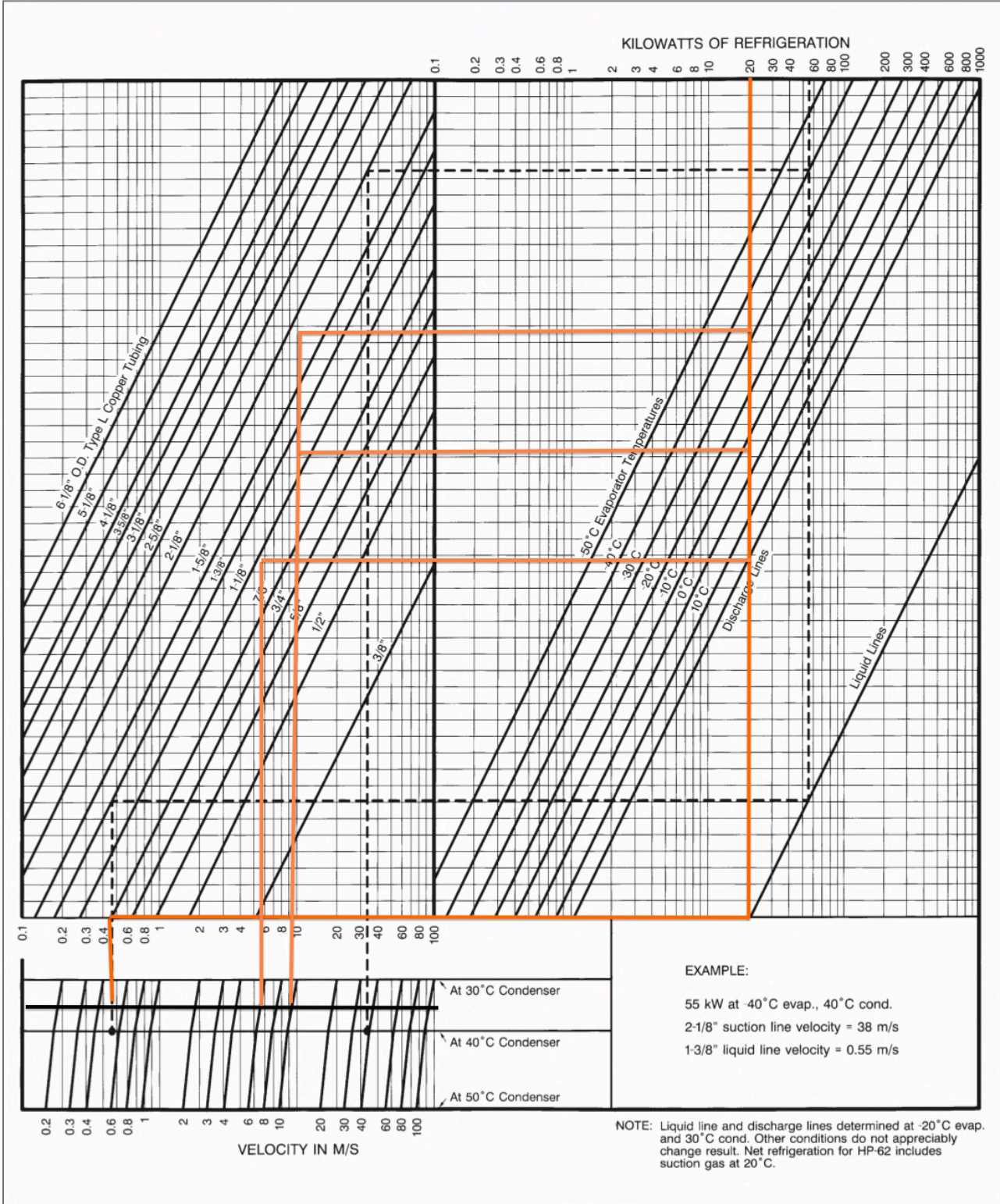
Environmental properties:	
ODP (R11=1)	0
GWP (CO ₂ =1)	3300

The GWP used as a reference here is the GWP of CO₂ over an integration period of 100 years.

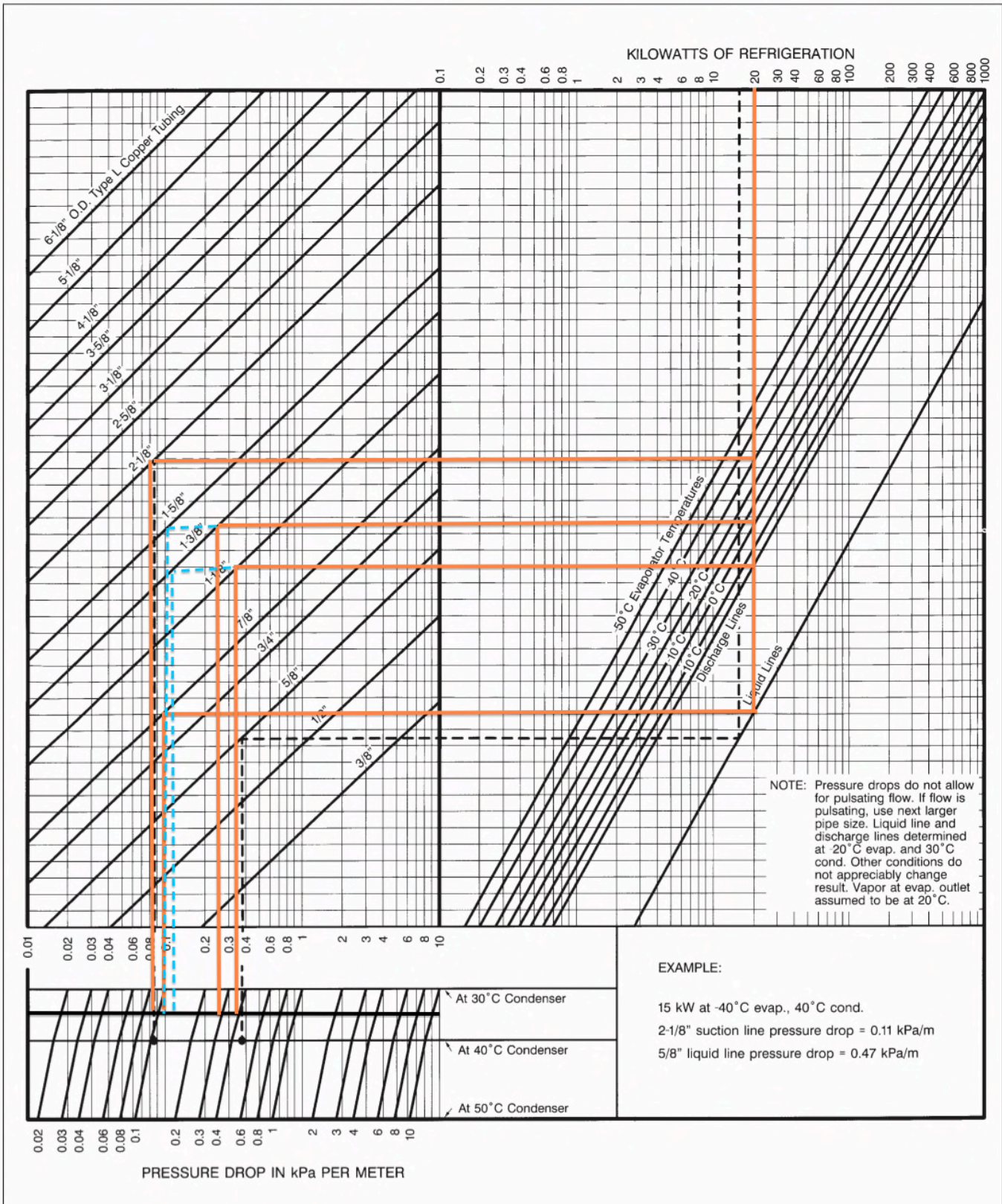
Safety groupe: A1

Anexo N. Ábacos de Seleção de Tubagens e Perdas de Cargas para as Câmaras de Congelados e Refrigerados

DuPont™ Suva® 404A Refrigerant – Velocity In Lines (20°C Evaporator Outlet)

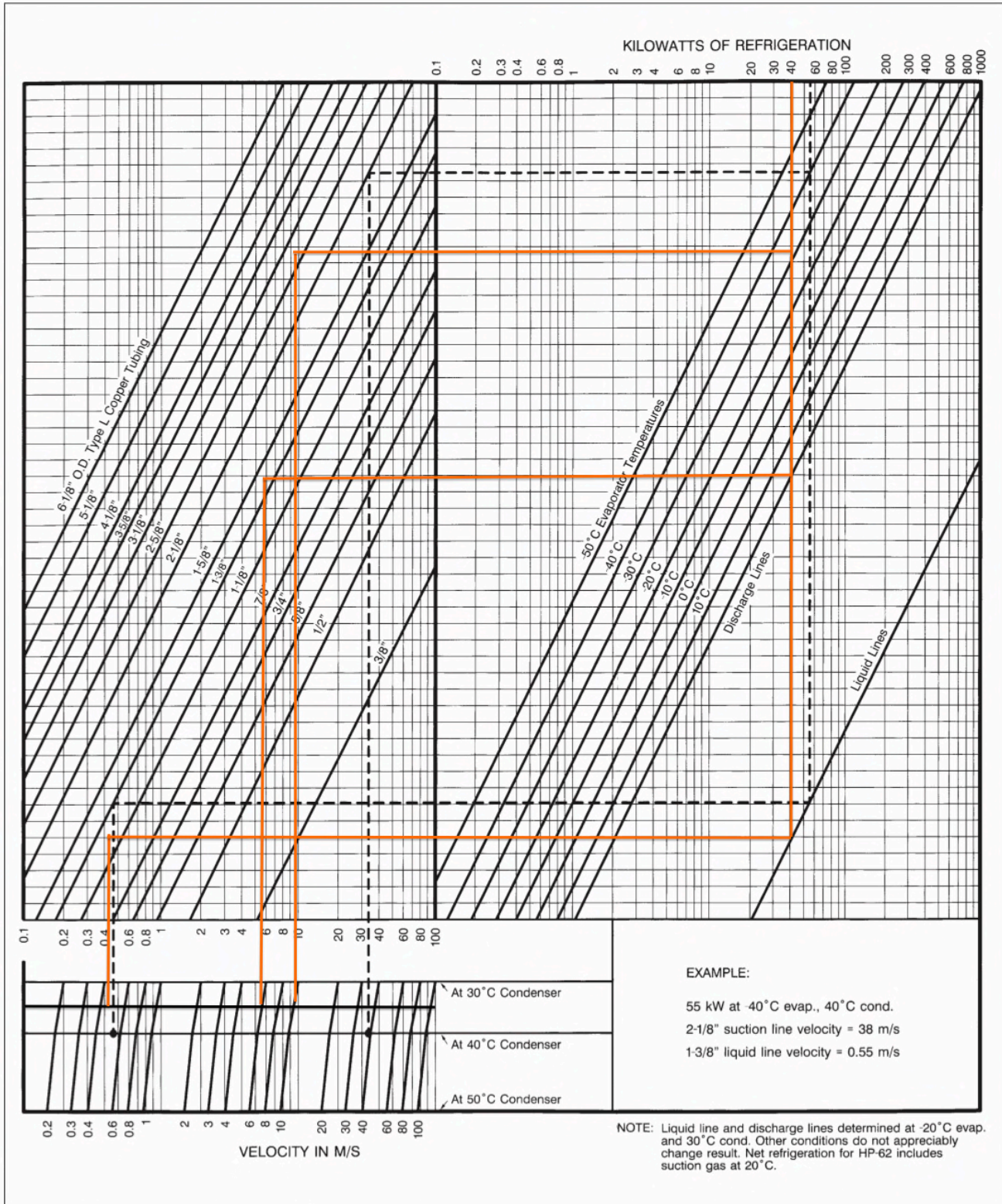


DuPont™ Suva® 404A Refrigerant – Pressure Drop In Lines (20°C Evaporator Outlet)

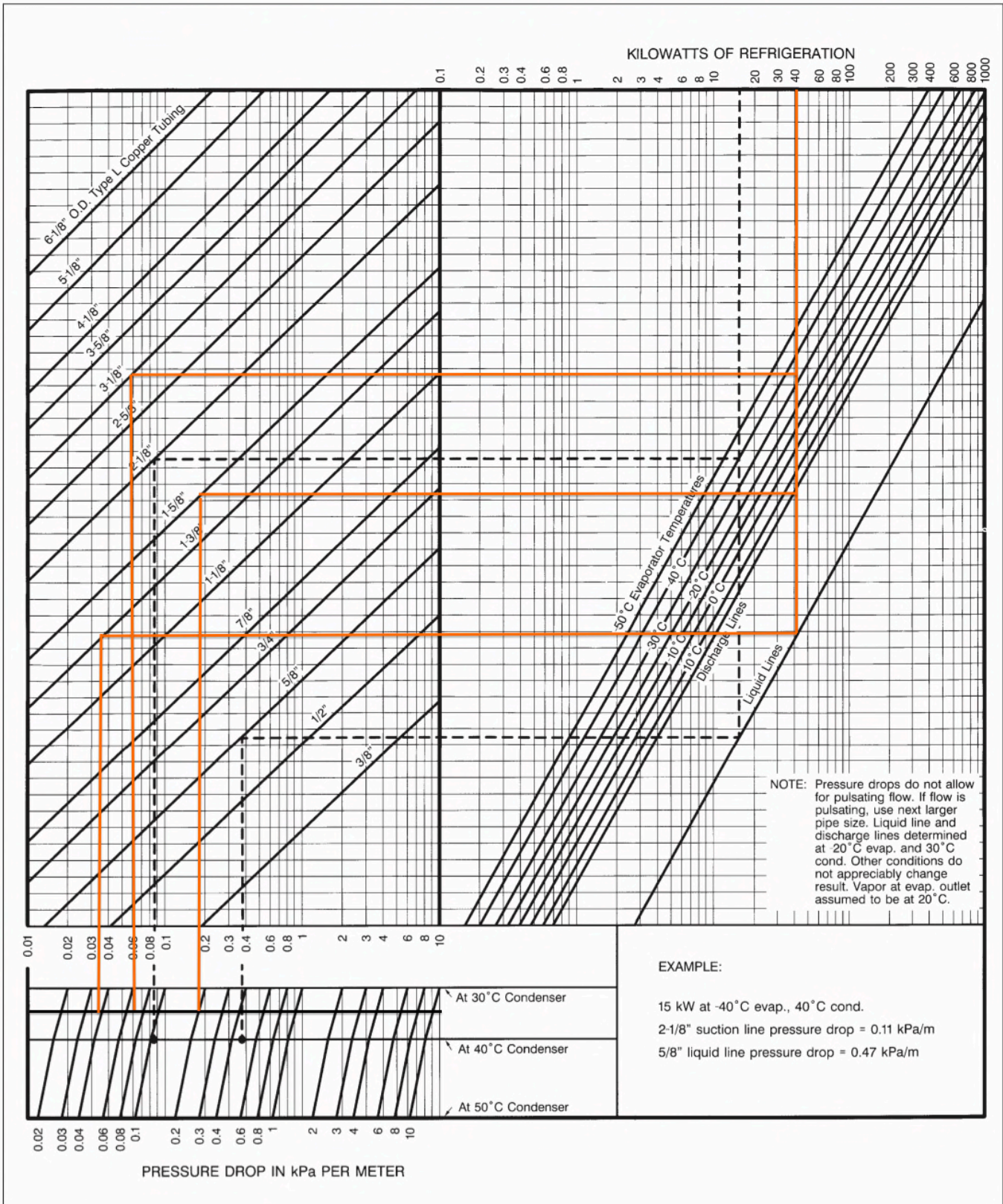


Anexo O. Ábacos de Seleção de Tubagens e Perdas de Cargas para o Cais Refrigerado

DuPont™ Suva® 404A Refrigerant – Velocity In Lines (20°C Evaporator Outlet)



DuPont™ Suva® 404A Refrigerant – Pressure Drop In Lines (20°C Evaporator Outlet)



Anexo P. Gráficos de Temperaturas registados pelo Software Captemp

Gráfico de Temperaturas (Dados Certificados)

04-08-2014 16:48:12 <> 10-12-2014 16:48:12

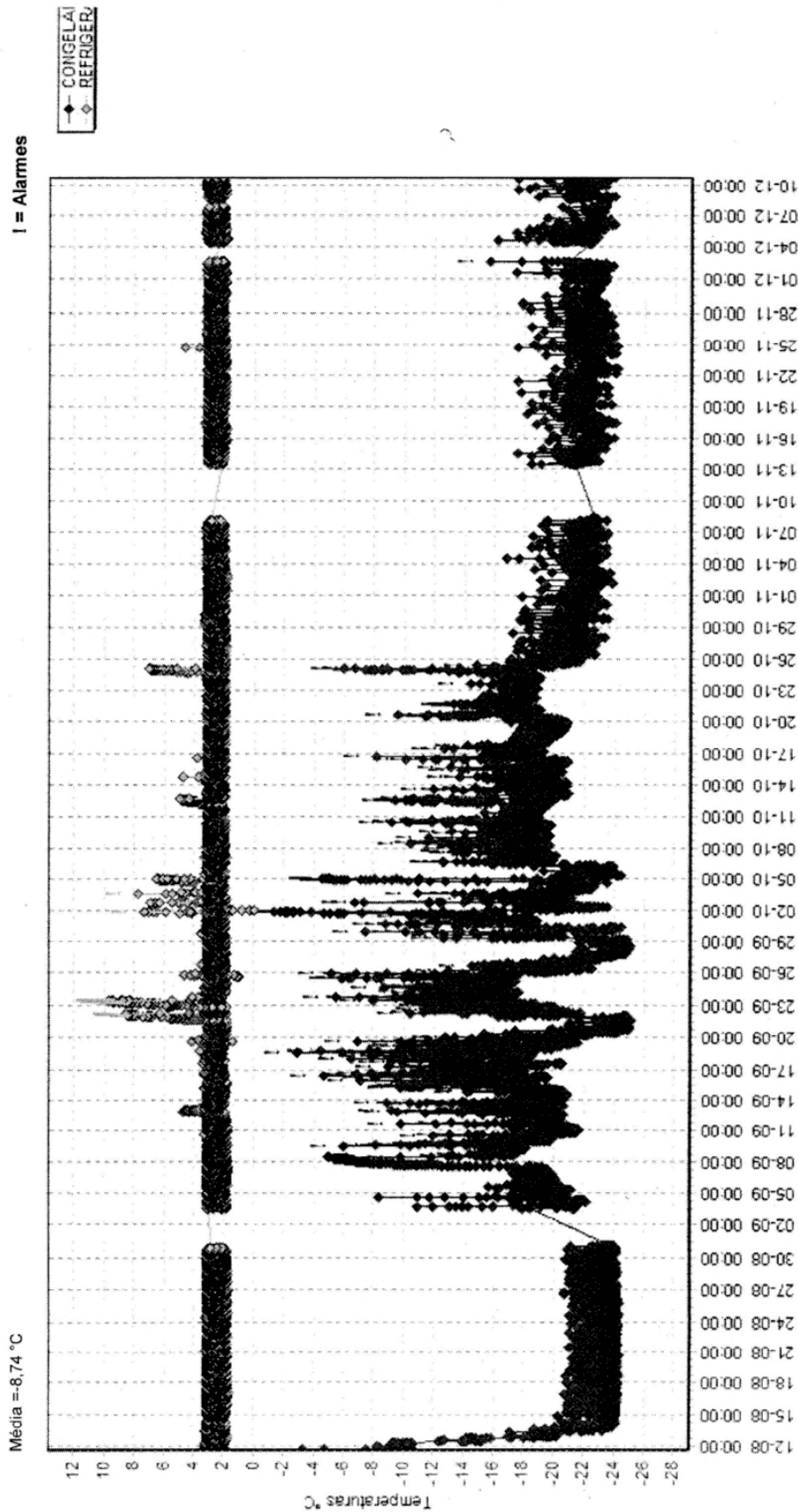


Gráfico de Temperaturas (Dados Certificados)

11-10-2014 00:40:17 <-> 12-10-2014 00:40:17

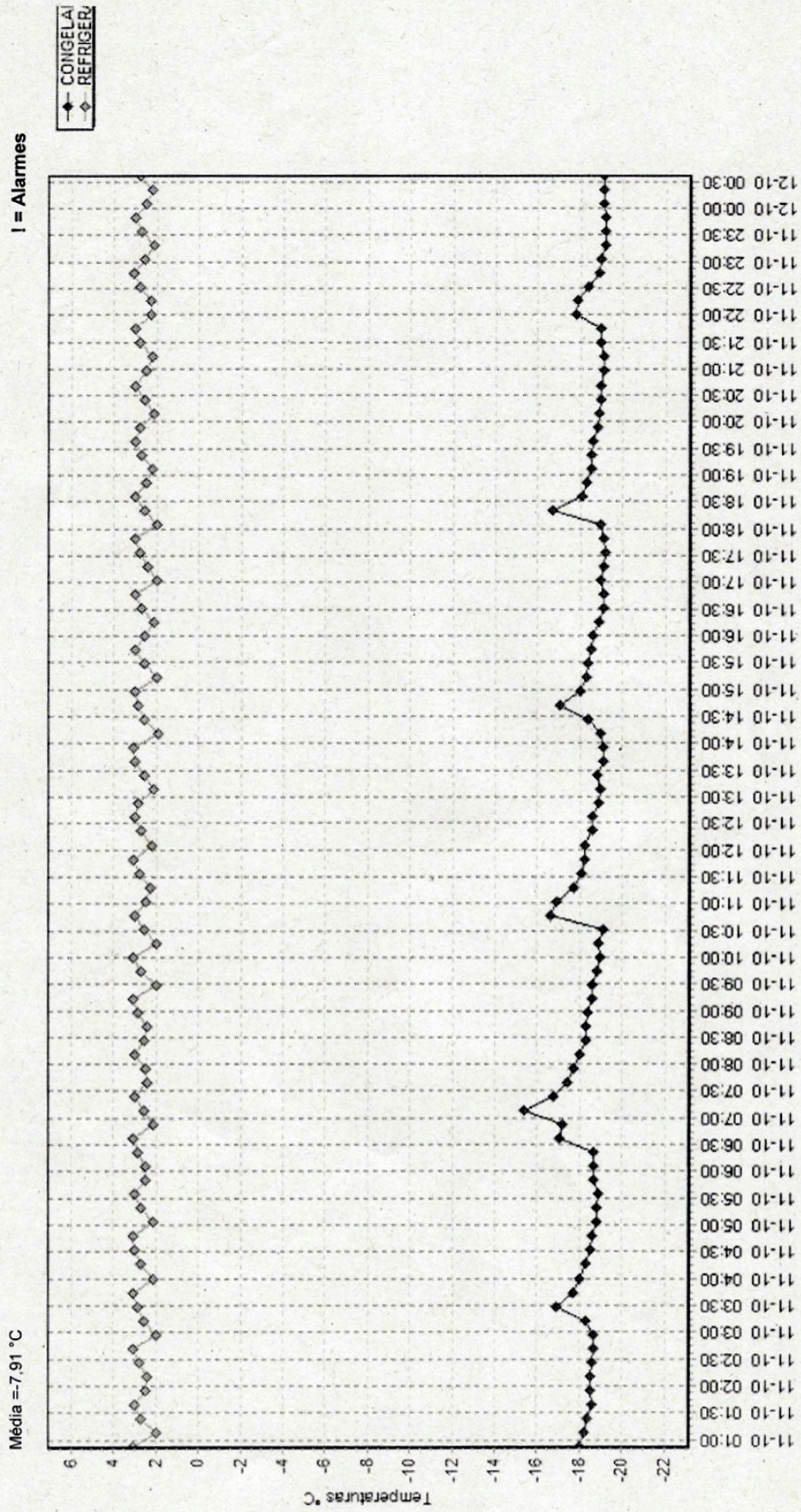


Gráfico de Temperaturas (Dados Certificados)

13-10-2014 00:40:17 <-> 14-10-2014 00:40:17

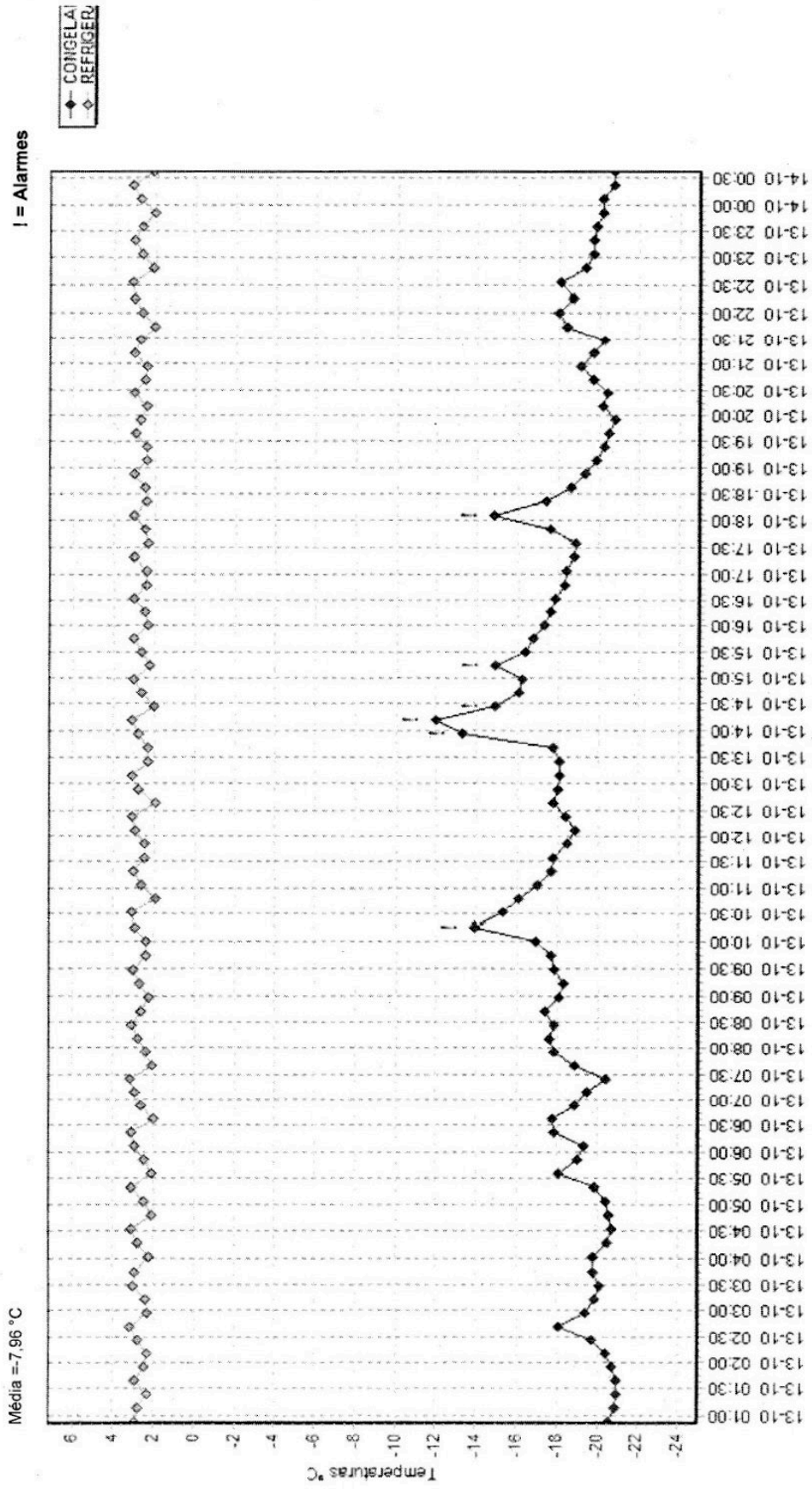
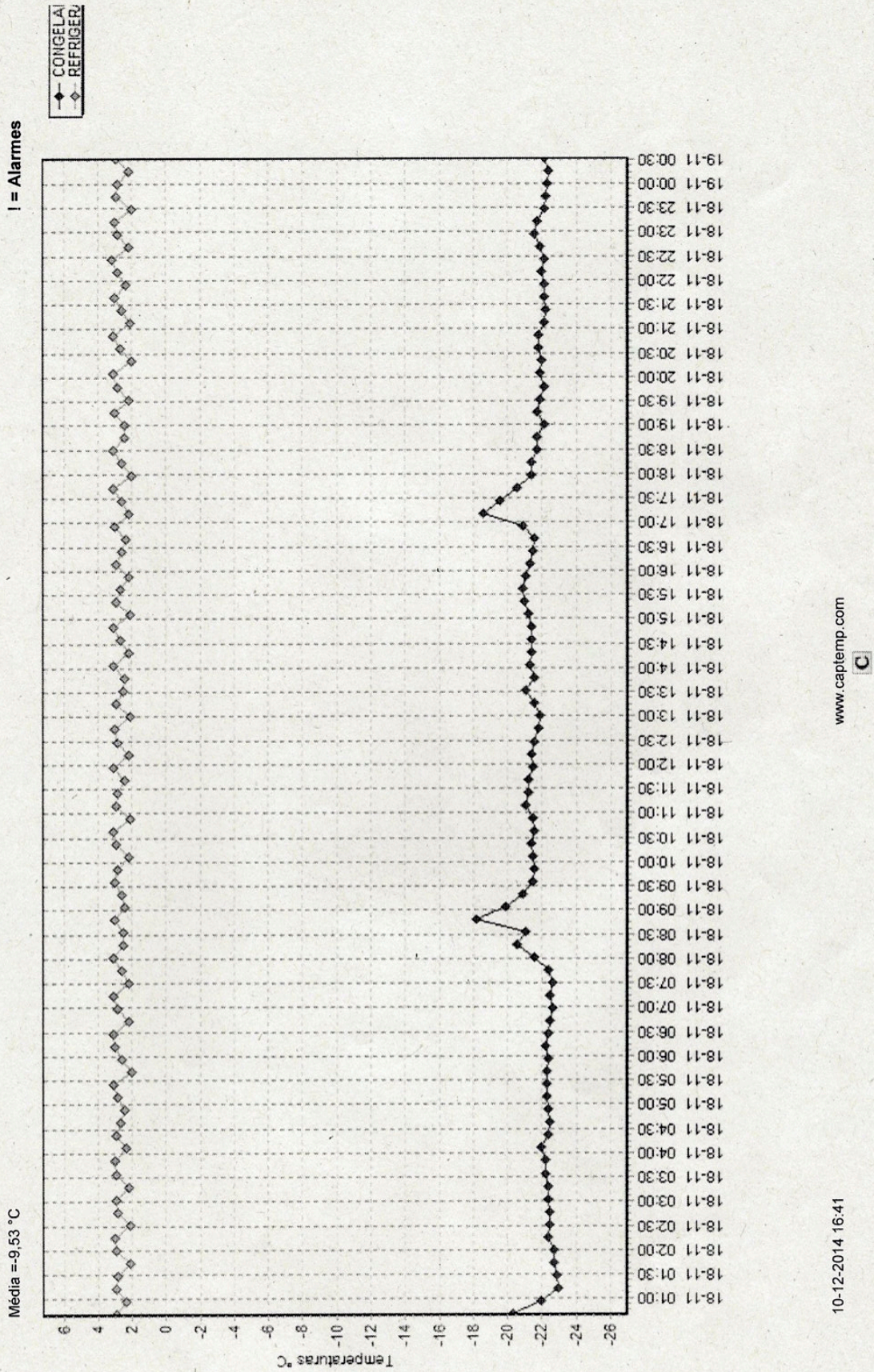


Gráfico de Temperaturas (Dados Certificados)

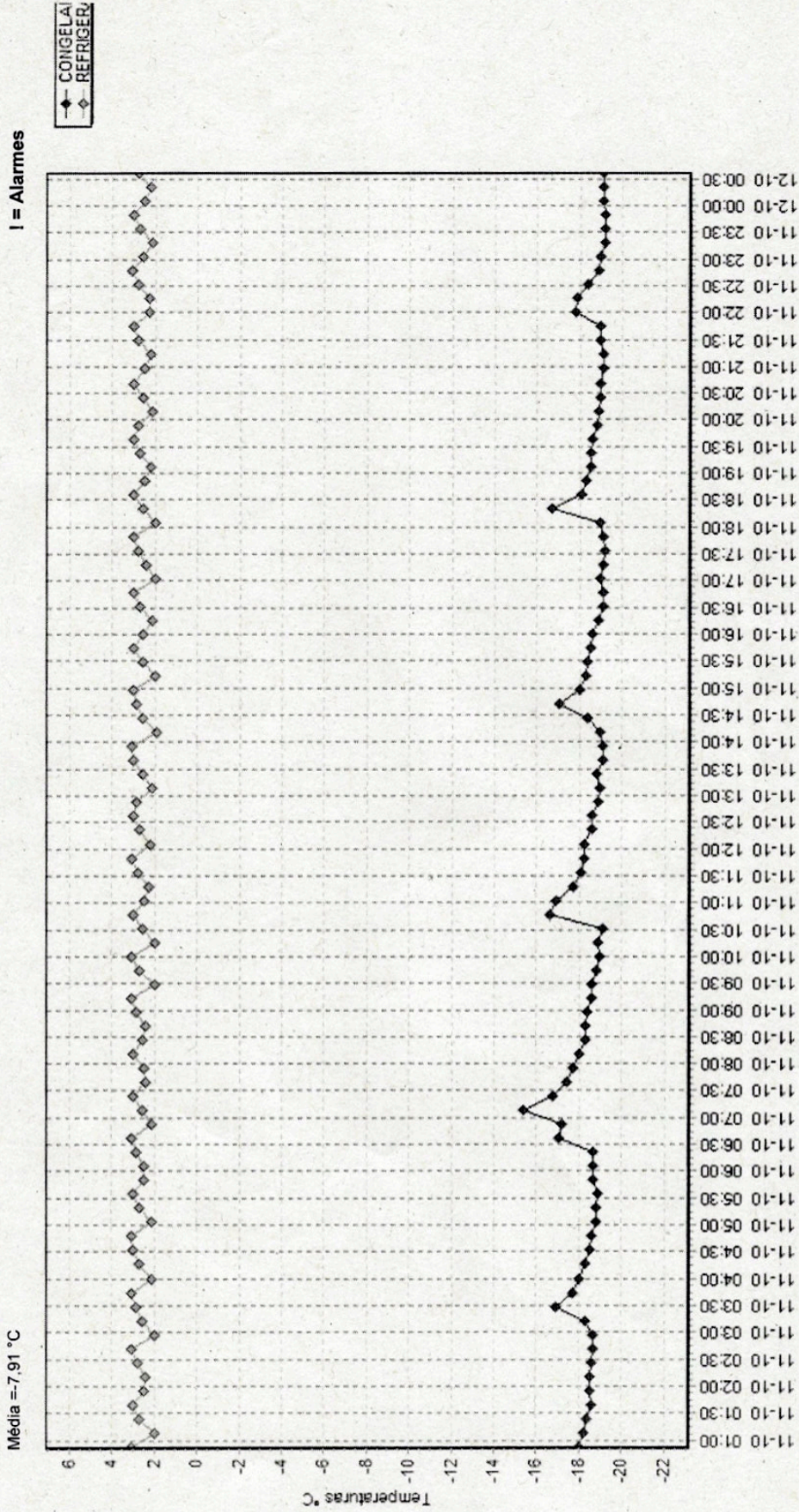
18-11-2014 00:40:17 <> 19-11-2014 00:40:17



10-12-2014 16:41

Gráfico de Temperaturas (Dados Certificados)

11-10-2014 00:40:17 <-> 12-10-2014 00:40:17



Anexo Q. Tabela de Pressão x Temperatura para o R-507

DuPont™ Suva®

REFRIGERANTS

Pressure-Temperature Guide – SI

Superheat – Saturated Vapor Pressures

Typical PH Diagram Superheat-Reference Point



Dew Point — Saturated Vapor (kPa)

Temp. °C	Suva® MP39 R-401A	Suva® MP66 R-401B	Suva® HP80 R-402A	Suva® HP81 R-402B	Suva® 407C R-407C	Suva® 408A R-408A	Suva® 409A R-409A	Temp °F
-40	55	59	141	127	86	123	51	-40
-39	57	63	147	133	90	128	54	-38
-38	60	66	154	139	95	134	57	-36
-37	63	69	161	145	99	140	60	-35
-36	67	73	168	152	104	147	63	-33
-35	70	76	175	159	110	153	66	-31
-34	74	80	183	166	115	160	69	-29
-33	77	84	191	173	121	167	73	-27
-32	81	88	199	181	126	174	76	-26
-31	85	92	208	188	132	181	80	-24
-30	89	97	217	196	139	189	84	-22
-29	93	101	226	205	145	197	88	-20
-28	98	106	235	213	152	205	92	-18
-27	102	111	245	222	159	214	97	-17
-26	107	116	254	231	166	222	101	-15
-25	112	121	265	241	173	231	106	-13
-24	117	127	275	250	181	241	111	-11
-23	122	132	286	260	189	250	116	-9
-22	128	138	297	271	197	260	121	-8
-21	133	144	309	281	206	270	126	-6
-20	139	150	321	292	215	280	132	-4
-19	145	157	333	303	224	291	137	-2
-18	151	163	345	315	233	302	143	0
-17	158	170	358	327	243	313	149	1
-16	164	177	371	339	253	325	156	3
-15	171	185	385	352	263	337	162	5
-14	178	192	399	365	274	349	169	7
-13	185	200	413	378	285	362	176	9
-12	193	208	428	392	296	375	183	10
-11	200	216	443	406	308	388	191	12
-10	208	225	459	420	320	402	198	14
-9	217	233	475	435	332	416	206	16
-8	225	242	491	450	345	431	214	18
-7	234	252	508	466	358	446	223	19
-6	243	261	525	481	371	461	231	21
-5	252	271	543	498	385	476	240	23
-4	261	281	561	515	400	492	249	25
-3	271	292	580	532	414	509	258	27
-2	281	302	599	550	429	526	268	28
-1	292	313	618	568	445	543	278	30
0	302	325	638	586	461	560	288	32
1	313	336	659	605	477	578	299	34
2	324	348	680	625	494	597	309	36
3	336	360	701	645	511	616	321	37
4	348	373	723	665	529	635	332	39
5	360	386	746	686	547	655	344	41
6	372	399	768	707	566	675	356	43
7	385	413	792	729	585	696	368	45
8	398	427	816	751	604	717	380	46
9	411	441	841	774	624	739	393	48
10	425	455	866	797	645	761	407	50

Subcooling – Saturated Liquid Pressures

Typical PH Diagram Subcooling-Reference Point



Bubble Point — Saturated Liquid (kPa)

Temp. °C	Suva® MP39 R-401A	Suva® MP66 R-401B	Suva® HP80 R-402A	Suva® HP81 R-402B	Suva® 407C R-407C	Suva® 408A R-408A	Suva® 409A R-409A	Temp °F
10	500	897	532	834	776	769	521	50
11	516	923	548	859	800	792	537	52
12	532	950	565	884	824	815	553	54
13	549	977	582	909	849	839	570	55
14	565	1005	600	935	874	863	587	57
15	583	1033	618	962	900	888	605	59
16	600	1062	637	989	926	913	623	61
17	618	1091	656	1017	953	939	641	63
18	636	1121	675	1045	981	966	660	64
19	655	1152	695	1074	1009	993	679	66
20	674	1184	715	1103	1038	1020	698	68
21	694	1216	736	1133	1067	1048	718	70
22	714	1248	757	1164	1097	1077	739	72
23	734	1281	778	1195	1127	1107	759	73
24	755	1315	800	1227	1159	1136	781	75
25	777	1350	822	1259	1190	1167	802	77
26	798	1385	845	1292	1223	1198	824	79
27	820	1421	869	1326	1256	1230	847	81
28	843	1458	892	1360	1290	1262	870	82
29	866	1495	917	1395	1324	1295	893	84
30	890	1533	941	1431	1359	1329	917	86
31	914	1572	967	1467	1395	1363	941	88
32	938	1611	992	1504	1431	1398	966	90
33	963	1652	1019	1542	1469	1433	991	91
34	989	1693	1046	1581	1506	1469	1017	93
35	1015	1734	1073	1620	1545	1506	1043	95
36	1041	1777	1101	1660	1584	1544	1070	97
37	1068	1820	1129	1700	1624	1582	1097	99
38	1096	1864	1158	1741	1665	1621	1125	100
39	1124	1909	1187	1783	1707	1661	1153	102
40	1152	1954	1217	1826	1749	1701	1182	104
41	1181	2001	1248	1870	1792	1742	1211	106
42	1211	2048	1279	1914	1836	1784	1241	108
43	1241	2096	1310	1959	1881	1827	1271	109
44	1272	2145	1342	2005	1926	1870	1302	111
45	1303	2195	1375	2052	1972	1914	1334	113
46	1335	2245	1409	2099	2019	1959	1365	115
47	1367	2297	1443	2147	2067	2005	1398	117
48	1400	2349	1477	2197	2116	2051	1431	118
49	1434	2402	1512	2246	2166	2099	1465	120
50	1468	2456	1548	2297	2216	2147	1499	122
51	1502	2512	1584	2349	2267	2196	1534	124
52	1538	2568	1621	2401	2319	2246	1569	126
53	1574	2625	1659	2455	2373	2296	1605	127
54	1610	2683	1697	2509	2426	2348	1641	129
55	1647	2741	1736	2564	2481	2400	1678	131
56	1685	2801	1776	2620	2537	2453	1716	133
57	1723	2862	1816	2677	2594	2507	1755	135
58	1762	2924	1857	2735	2651	2562	1793	136
59	1802	2987	1898	2794	2710	2618	1833	138
60	1842	3051	1940	2854	2769	2675	1873	140
61	1883	3116	1983	2914	2830	2733	1914	142
62	1925	3183	2027	2976	2891	2792	1956	144
63	1967	3250	2071	3039	2954	2852	1998	145
64	2010	3318	2116	3103	3017	2912	2040	147
65	2054	3388	2162	3168	3081	2974	2084	149

Pressure-Temperature Guide – SI

Saturated Conditions – Pressure (kPa)

Temp. °C	Freon®	Suva®	Suva®	Suva®	Suva®	Suva®	Temp °F
	22 R-22	123 R-123	134a R-134a	404A R-404A	410A R-410A	507 R-507	
-40	105	4	51	135	176	139	-40
-39	110	4	54	141	184	145	-38
-38	115	4	57	148	192	152	-36
-37	121	4	60	155	201	158	-35
-36	126	5	63	161	210	165	-33
-35	132	5	66	169	219	173	-31
-34	138	5	70	176	229	180	-29
-33	144	6	73	183	238	188	-27
-32	151	6	77	191	249	196	-26
-31	157	6	80	199	259	204	-24
-30	164	7	84	208	270	213	-22
-29	171	7	88	216	282	222	-20
-28	178	8	93	225	293	231	-18
-27	186	8	97	235	305	240	-17
-26	193	9	102	244	318	250	-15
-25	201	9	106	254	331	260	-13
-24	210	10	111	264	344	270	-11
-23	218	10	116	274	357	281	-9
-22	227	11	122	285	371	292	-8
-21	236	11	127	296	386	303	-6
-20	245	12	133	307	401	315	-4
-19	255	13	139	319	416	326	-2
-18	265	13	145	331	432	339	0
-17	275	14	151	343	448	351	1
-16	285	15	157	356	465	364	3
-15	296	16	164	369	482	377	5
-14	307	17	171	382	499	391	7
-13	319	17	178	396	517	405	9
-12	330	18	185	410	536	420	10
-11	342	19	193	424	555	434	12
-10	355	20	201	439	575	450	14
-9	367	21	209	454	595	465	16
-8	381	22	217	470	615	481	18
-7	394	23	225	486	637	498	19
-6	408	25	234	503	658	514	21
-5	422	26	243	519	681	532	23
-4	436	27	253	537	703	549	25
-3	451	28	262	554	727	567	27
-2	466	30	272	573	751	586	28
-1	482	31	282	591	775	605	30
0	498	33	293	610	801	624	32
1	514	34	304	630	827	644	34
2	531	36	315	650	853	665	36
3	548	37	326	670	880	686	37
4	566	39	338	691	908	707	39
5	584	41	350	712	936	729	41
6	603	43	362	734	965	751	43
7	622	45	375	757	995	774	45
8	641	46	388	780	1025	798	46
9	661	48	401	803	1057	822	48
10	681	51	415	827	1088	846	50
11	702	53	429	852	1121	871	52
12	723	55	443	877	1154	897	54
13	745	57	458	902	1188	923	55
14	767	60	473	928	1223	949	57

Saturated Conditions – Pressure (kPa)

Temp. °C	Freon®	Suva®	Suva®	Suva®	Suva®	Suva®	Temp °F
	22 R-22	123 R-123	134a R-134a	404A R-404A	410A R-410A	507 R-507	
15	789	62	488	955	1258	977	59
16	812	65	504	982	1295	1005	61
17	836	67	521	1010	1332	1033	63
18	860	70	537	1039	1370	1062	64
19	885	73	554	1068	1408	1092	66
20	910	76	572	1097	1448	1122	68
21	936	79	590	1127	1488	1153	70
22	962	82	608	1158	1529	1184	72
23	989	85	627	1190	1571	1216	73
24	1016	88	646	1222	1614	1249	75
25	1044	91	665	1255	1657	1283	77
26	1072	95	685	1288	1702	1317	79
27	1101	98	706	1322	1748	1352	81
28	1131	102	727	1357	1794	1387	82
29	1161	106	748	1392	1841	1423	84
30	1192	110	770	1428	1889	1460	86
31	1223	114	793	1465	1939	1498	88
32	1255	118	815	1503	1989	1536	90
33	1288	122	839	1541	2040	1575	91
34	1321	126	863	1580	2092	1615	93
35	1355	131	887	1620	2145	1655	95
36	1389	135	912	1660	2199	1697	97
37	1424	140	937	1701	2254	1739	99
38	1460	145	963	1743	2310	1782	100
39	1497	149	990	1786	2367	1825	102
40	1534	154	1017	1829	2426	1870	104
41	1571	160	1044	1874	2485	1915	106
42	1610	165	1072	1919	2545	1961	108
43	1649	170	1101	1965	2607	2008	109
44	1689	176	1130	2012	2670	2056	111
45	1729	182	1160	2059	2734	2104	113
46	1770	188	1190	2108	2799	2154	115
47	1812	194	1221	2157	2865	2204	117
48	1855	200	1253	2207	2932	2256	118
49	1899	206	1285	2259	3001	2308	120
50	1943	212	1318	2311	3071	2361	122
51	1988	219	1351	2364	3142	2415	124
52	2033	226	1385	2418	3214	2471	126
53	2080	233	1420	2472	3288	2527	127
54	2127	240	1456	2528	3363	2584	129
55	2175	247	1492	2585	3439	2642	131
56	2224	255	1528	2643	3517	2701	133
57	2274	262	1566	2702	3596	2761	135
58	2324	270	1604	2762	3676	2823	136
59	2375	278	1642	2823	3758	2885	138
60	2428	286	1682	2885	3842	2949	140
61	2481	294	1722	2948	3927	3013	142
62	2534	303	1763	3012	4013	3079	144
63	2589	311	1804	3078	4101	3147	145
64	2645	320	1847	3145	4191	3215	147
65	2701	329	1890	3213	4282	3285	149

For Further Information: (800) 235-SUVA

www.suva.dupont.com

DuPont Fluorochemicals
Wilmington, DE 19880-0711

Copyright © 2005, DuPont or its affiliates. All rights reserved. The DuPont Oval Logo, DuPont™, The miracles of science™, The Science of Cool™, and Suva® are registered trademarks or trademarks of E. I. du Pont de Nemours and Company or its affiliates.



The miracles of science™