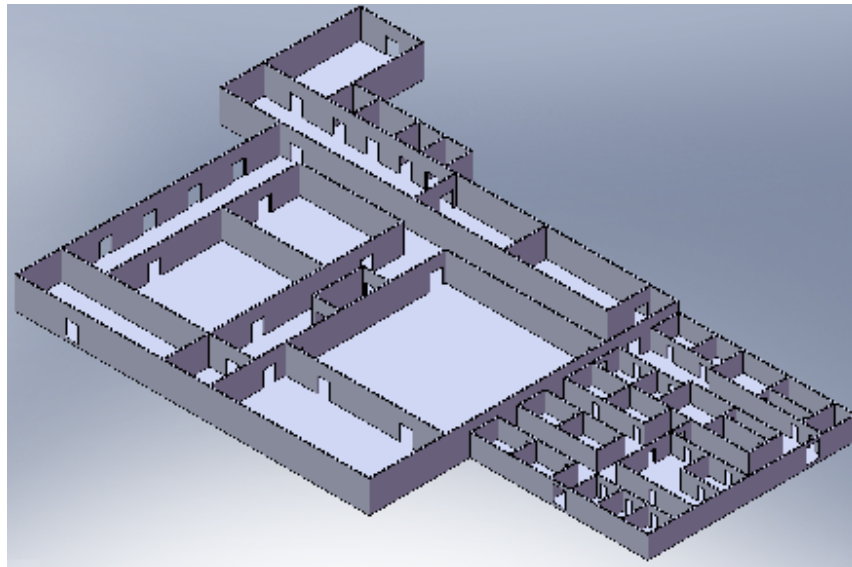




**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Projecto de Matadouro Industrial de Caprinos e do Centro de Corte**

**NUNO MIGUEL ESGALHADO BARATA**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientadores:

Prof. António Manuel Matos Guerra  
Prof. Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Júri:

Presidente: Francisco Fernandes Severo

Vogais:

Prof. Manuel Duarte Dias Nogueira  
Prof. José Trindade Jorge Duque  
Prof. António Manuel Matos Guerra  
Prof. Francisco Gonçalves dos Santos

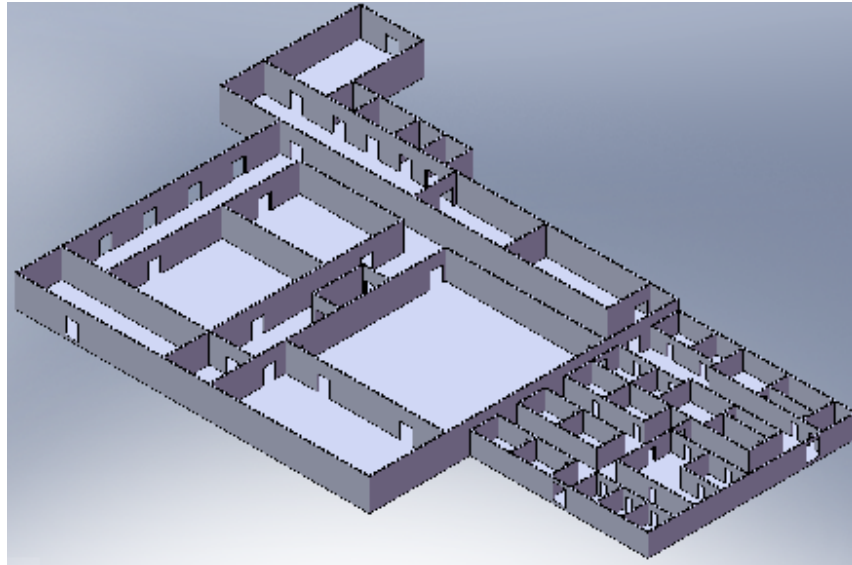
**Outubro de 2009**



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Projecto de Matadouro Industrial de Caprinos e do Centro de Corte**

**NUNO MIGUEL ESGALHADO BARATA**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientadores:

Prof. António Manuel Matos Guerra  
Prof. Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Júri:

Presidente: Francisco Fernandes Severo

Vogais:

Prof. Manuel Duarte Dias Nogueira  
Prof. José Trindade Jorge Duque  
Prof. António Manuel Matos Guerra  
Prof. Francisco Gonçalves dos Santos

**Outubro de 2009**

## **Agradecimentos**

Na execução deste trabalho, muitas foram as dificuldades que tive de superar, umas vezes sozinho, outras com a preciosa ajuda de terceiros. Portanto, gostaria de presentear com um enorme agradecimento todos aqueles que de uma forma ou de outra me ajudaram a realizar e a terminar este trabalho de fim de curso.

Entre outros, destaco o meu especial reconhecimento a:

- Prof. Eng<sup>o</sup> António Manuel Matos Guerra pela orientação da tese de mestrado e excelente ajuda em todo este trabalho;
- Eng<sup>a</sup> Inês Ferreira que me proporcionou uma visita guiada ao Matadouro de Santa Carnes em Santarém;
- Aos meus colegas de faculdade por todos os esclarecimentos prestados;
- À minha namorada por todo o apoio e ajuda.

## **Resumo**

O propósito deste trabalho é a pesquisa e elaboração de um projecto de um matadouro de caprinos.

O presente trabalho integra uma unidade industrial dimensionada em Portalegre com uma capacidade de 400 caprinos por dia e 4 horas de abate diárias. Toda a carne consumível advém desta indústria, e um dos factores a considerar são as condições higio-sanitárias, que visam melhorar a qualidade do produto a distribuir pela população, e os factores influentes na conservação de alimentos. Existe em vigor legislação referente às condições higio-sanitárias, que são abordadas neste trabalho.

O bom funcionamento da instalação advém do correcto dimensionamento dos meios de refrigeração, congelação e de conservação. Para tal o desenvolvimento e pesquisa de materiais, isolamentos e de meios de produção de frio a serem utilizados nos diferentes espaços frigoríficos desta unidade, foram essenciais para que a instalação labore com qualidade e sem perdas de energia.

A metodologia deste trabalho é apresentada e delineada com o fim de se elaborar um projecto real de toda a unidade industrial.

## **Abstract**

The purpose of this work is the research and elaboration of a goat slaughterhouse project.

It includes an industrial unit dimensioned specifically in Portalegre with a daily capacity of 400 goats in 4 hours of killing. All of the consumable meat comes from this industry, and some of the main factors to consider are the sanitary conditions, that aim the improvement of the quality of the product that will be distributed to the consumers, and the aspects that influence the food preservation. The current law that refers to the mentioned factors is considered in this paper.

The good functioning of the installation is a direct result of the correct dimensioning of the refrigeration, frosting and conservation processes. Thus, the research and development of materials, isolation and frost production methods that will be used in the different refrigeration spaces of this unit were essential so that it works properly and without power losses.

The proceedings used in this work are presented with the purpose of creating a real project of the entire industrial unit.

# Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice.....	IV
Índice de Figuras.....	VII
Índice de Tabelas.....	VIII
1. Introdução.....	1
2. Exigências técnico-funcionais e higio-sanitárias para matadouros.....	2
2.1. Requisitos aplicados ao Matadouro.....	3
2.2. Requisitos aplicados à Linha de abate.....	3
2.3. Requisitos aplicados à Sala de Desmancha.....	4
2.4. Requisitos aplicados aos Trabalhadores do Matadouro.....	4
2.5. Requisitos aplicados ao Veterinário.....	5
2.6. Requisitos aplicados aos Equipamentos.....	5
2.7. Requisitos aplicados à Armazenagem.....	6
2.8. Sistema HACCP.....	6
3. Factores influentes na conservação de alimentos.....	8
3.1. Temperatura.....	8
3.2. Humidade Relativa.....	9
3.3. Circulação de ar.....	9
3.4. Isolamento térmico.....	9
3.5. Velocidade de congelação – Formação de cristais de gelo.....	10
3.6. Condições de armazenagem.....	10
4. Memória descritiva.....	11
4.1. Objectivos.....	11
4.2. Descrição da Unidade Industrial.....	11
4.3. Descrição do funcionamento da unidade industrial.....	14
4.3.1. Fluxograma da instalação.....	16
4.3.2. Modos de Produção.....	16
4.3.3. Horário Funcionamento da unidade industrial.....	18
4.4. Dimensionamento dos espaços frigoríficos.....	21
4.4.1. Dimensionamento do túnel de arrefecimento de carcaças.....	23

4.4.2.	Dimensionamento da câmara maturação.....	24
4.4.3.	Dimensionamento da sala de desmancha .....	25
4.4.4.	Preparação e Embalagem.....	25
4.4.5.	Dimensionamento da câmara refrigeração .....	26
4.4.6.	Dimensionamento da câmara congelação .....	27
4.4.7.	Dimensionamento do túnel congelação.....	29
4.4.8.	Outros espaços frigoríficos.....	30
4.5.	Descrição dos Equipamentos.....	31
4.5.1.	Sala de Desmancha .....	31
4.5.2.	Preparação e Embalagem.....	33
4.5.3.	Linha de Abate.....	35
4.5.4.	Outros Equipamentos .....	35
4.6.	Condições de projecto .....	35
4.6.1.	Características psicrométricas exteriores .....	35
4.6.2.	Características psicrométricas interiores .....	36
4.7.	Cargas Térmicas da Instalação.....	38
4.7.1.	Cargas Térmicas Externas .....	39
4.7.2.	Cargas Térmicas Internas .....	48
4.7.3.	Potência Intermédia e Potência Previsional.....	53
4.7.4.	Cargas térmicas dos espaços climatizados .....	54
4.7.5.	Potências frigoríficas finais dos espaços frigoríficos.....	56
4.8.	Descrição da instalação frigorífica.....	57
4.8.1.	Fluido frigorígeno .....	58
4.8.2.	Evaporadores .....	59
4.8.3.	Compressores.....	61
4.8.4.	Condensadores .....	62
4.8.5.	Tubagens.....	64
4.8.6.	Válvulas .....	69
4.8.7.	Depósitos de líquido.....	70
4.8.8.	Separador de Óleo.....	72
4.8.9.	Pressostatos.....	72
4.8.10.	Visores Líquido.....	73
4.8.11.	Filtros Secadores.....	73
4.8.12.	Equipamentos de Referência .....	74

4.8.13. Isolamento.....	80
4.8.14. Portas.....	81
4.9. Descrição do funcionamento dos ciclos de expansão directa.....	82
4.10. Condições de higiene e Segurança.....	88
4.11. Sub-Produtos.....	89
4.12. Tectos, Paredes e Pavimentos.....	89
4.13. Sistema de abastecimento de água.....	90
4.14. Rede de Esgotos.....	90
4.15. Lista de Desenhos.....	91
5. Referências.....	92
ANEXOS.....	93

## Índice de Figuras

Fig.1 – Fluxograma da instalação.....	16
Fig.2 – Modo de produção de carcaças congeladas.....	16
Fig.3 – Modo de produção de carcaças congeladas desmanchadas.....	17
Fig.4 – Modo de produção de carcaças refrigeradas.....	17
Fig.5 – Modo de produção de carcaças refrigeradas desmanchadas.....	17
Fig 6 – Dimensões dos caprinos.....	22
Fig.7 – Disposição dos caprinos na via aérea.....	22
Fig.8 – Tapete Transportador.....	31
Fig.9 – Mesas de Trabalho.....	32
Fig.10 – Máquina para Pesar.....	32
Fig.11 – Máquina de Embalar.....	33
Fig.12 – Máquina de Cintar.....	34
Fig.13 – Disposição dos equipamentos na sala desmancha e preparação e embalagem.....	34
Fig.14 – Cargas térmica presentes numa câmara frigorífica.....	38
Fig.15 – Cargas térmicas da sala desmancha.....	54
Fig.16 – Cargas térmicas da Preparação e Embalagem.....	55
Fig.17 – Ábaco para o dimensionamento das tubagens (R404a).....	65
Fig.18 – Ábaco para o dimensionamento das perdas de carga (R404a).....	66
Fig.19 – Ábaco para a selecção de depósitos de líquido.....	71
Fig. 20 – Constituição de uma parede da câmara frigorífica.....	81
Fig.21 – Funcionamento de um sistema de refrigeração / Gráfico P-h.....	82
Fig.2 – Esquema Principio da câmara maturação e refrigeração.....	85

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Características dos locais da área industrial.....	12
Tabela 2 – Características dos locais da área administrativa.....	12
Tabela 3 – Características dos locais da área de higiene.....	13
Tabela 4 – Características dos locais da área de refeição.....	13
Tabela 5 – Horas diárias de funcionamento.....	20
Tabela 6 – Parâmetros relativos às paredes, tecto e pavimento.....	42
Tabela 7 – Tempo de duração média de abertura de portas.....	46
Tabela 8 – Quantidade de calor libertado pelas pessoas.....	49
Tabela 9 – Grupos frigoríficos da instalação.....	57
Tabela 10 – Potência frigorífica dos evaporadores.....	60
Tabela 11 – Potência frigorífica dos compressores.....	62
Tabela 12 – Factores de correcção dos condensadores.....	62
Tabela 13 – Potência frigorífica dos condensadores.....	63
Tabela 14 – Velocidades de escoamento.....	64
Tabela 15 – Capacidade dos depósitos de líquido.....	72
Tabela 16 – Equipamentos de referência dos evaporadores.....	74
Tabela 17 – Equipamentos de referência dos compressores.....	74
Tabela 18 – Equipamentos de referência dos condensadores.....	75
Tabela 19 – Equipamentos de referência das válvulas expansão termostáticas.....	75
Tabela 20 – Equipamentos de referência das válvulas solenoides.....	76
Tabela 21 – Equipamentos de referência das válvulas retenção.....	76
Tabela 22 – Equipamentos de referência das válvulas corte.....	77
Tabela 23 – Equipamentos de referência dos depósitos de líquido.....	78
Tabela 24 – Equipamentos de referência dos separadores de óleo.....	78
Tabela 25 – Equipamentos de referência dos pressostatos.....	79
Tabela 26 – Equipamentos de referência dos visores de líquido.....	79
Tabela 27 – Equipamentos de referência dos filtros.....	79
Tabela 28 – Simbologia dos equipamentos da instalação frigorífica.....	84
Tabela 29 – Lista de Desenhos.....	92

## 1. Introdução

Entende-se por matadouro, o estabelecimento dotado de instalações completas e equipamento adequado para o abate, manipulação, elaboração, preparo e conservação das espécies de animais sob variadas formas, com aproveitamento completo, racional e perfeito de subprodutos não comestíveis, devendo possuir instalações de frio industrial.

Após o tratamento da carne será necessária uma boa armazenagem, ou seja, uma boa conservação, com o objectivo de evitar a deterioração dos alimentos mesmo em condições nas quais isso não seria viável. Assim sendo, são vários os processos utilizados na conservação de alimentos, alguns dos quais já existem há muitos séculos.

Na conservação de alimentos através do frio industrial, eram utilizados adegas subterrâneas, gelo natural, neve misturada com sais, etc [7]. No entanto, no século XIX, inventou-se a máquina frigorífica, onde a conservação de alimentos através do frio sofreu um grande impulso.

Através desta máquina, surgiu a refrigeração e a congelação. Inicialmente utilizava-se apenas a refrigeração, mas cedo verificou-se que o período de conservação dos alimentos poderia ser alargado, através da redução de temperatura abaixo dos 0°C. Desta forma passou-se a utilizar a congelação, sendo que este método é o mais utilizado para carnes.

Ao contrário dos outros processos, a refrigeração e a congelação, são capazes de manter inalterado o sabor, o odor e o aspecto natural do produto [7].

Define-se como produto refrigerado, um produto arrefecido até à temperatura adequada, para uma conservação estabilizada e homogénea em todos os pontos do mesmo, permanecendo sempre superior a uma temperatura crítica a partir do qual aparecem no produto fenómenos irreversíveis indesejáveis, que corresponde à temperatura de congelação, isto é, próximo dos 0°C [7]. Este método não impede que os alimentos se estraguem, no entanto retardam o desenvolvimento dos microrganismos e a acção de enzimas.

No que respeita à congelação, permite uma conservação durante um período mais longo quando comparado com a refrigeração, e são conservados a uma temperatura abaixo dos 0°C. Este método visa reduzir o mais possível as alterações físicas, bioquímicas e microbiológicas, no decurso do processo de congelação [7].

A congelação é o método mais satisfatório disponível para conservação de carne, e se for realizado adequadamente, retém o sabor a cor e o valor nutritivo do alimento.

## 2. Exigências técnico-funcionais e higio-sanitárias para matadouros

Todos os animais que são apresentados para abate nos matadouros, estão sujeitos de forma sistemática a exames sanitários em vida e pós-morte para detecção de qualquer anomalia ou doença que inviabilize a sua introdução no mercado.

Desta forma, a actividade médico-veterinária realizada no âmbito da inspecção sanitária em matadouros é de enorme importância, na medida que contribui para a obtenção de produtos alimentares de elevada qualidade higio-sanitária. Nos últimos anos e por imposição legal, a actividade do médico veterinário inspector nos matadouros passou a ter um carácter mais abrangente, não se restringindo exclusivamente à inspecção *ante mortem* e *post mortem*, ou seja, ao estado de saúde dos animais. Presentemente o médico veterinário inspector é também responsável pelo bem-estar animal, pelo controlo da contaminação superficial das carcaças e miudezas, pela higiene da execução das operações de abate, dos equipamentos, dos utensílios, das instalações e do pessoal, bem como pela correcta aplicação da cadeia de frio.

Existem regulamentos que foram aprovados, destinados a estabelecer regras sanitárias específicas para a produção e a colocação dos produtos no mercado, tais como:

- 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*.

Com base nestes regulamentos reduziu-se os entraves ao comércio dos produtos em questão, contribuindo para a criação do mercado interno, assegurando simultaneamente um elevado nível de protecção da saúde pública.

De seguida, e de acordo com os regulamentos acima descritos, enumeram-se algumas condições higio-sanitárias a ter em conta nos matadouros.

## **2.1. Requisitos aplicados ao Matadouro**

Para assegurar boas condições higio-sanitárias, o matadouro, deve dispor dos seguintes requisitos:

- Dispor de um número suficiente de salas adequadas para as operações a efectuar;
- Manter todas as dependências do matadouro em condições de higiene antes, durante e após a realização dos trabalhos;
- O matadouro deve dispor de um sistema diário de desinfecção dos utensílios com água quente que atinja, no mínimo 82°C;
- Deve existir um número adequado de lavatórios devidamente localizados e indicados para a lavagem das mãos.
- Manter o matadouro livres de insectos.

## **2.2. Requisitos aplicados à Linha de abate**

A linha de abate deverá seguir os seguintes requisitos:

- Após a chegada ao matadouro, os animais não devem ser abatidos imediatamente. Estes devem dispor de um período de repouso antes do abate, no local próprio denominado de abegoaria;
- As carcaças e as miudezas não podem entrar em contacto com o pavimento, paredes ou as superfícies de trabalho;
- A carne retida ou declarada imprópria para consumo humano e os subprodutos não devem entrar em contacto com a carne declarada própria para consumo humano.

### **2.3. Requisitos aplicados à Sala de Desmancha**

A sala de desmancha deve apresentar os seguintes requisitos para evitar a contaminação da carne:

- Permitir o andamento contínuo das operações;
- Dispor de dispositivos não manuais para lavagem das mãos do pessoal que desmancha a carne;
- A carne para desmancha deve ser introduzida nas salas de trabalho à medida que for sendo necessário;
- Durante a desmancha e a embalagem, a carne não deve estar a uma temperatura acima dos 7°C.

### **2.4. Requisitos aplicados aos Trabalhadores do Matadouro**

Os trabalhadores do matadouro devem ter em conta os seguintes aspectos:

- Quando trabalham com produtos comestíveis, desde o abate até à expedição, devem usar um uniforme de cor branca, protectores de cabeça, botas e luvas;
- Higienizarem-se antes de entrar no ambiente de trabalho, passando pelos respectivos vestuários;
- Os operários responsáveis pelos matadouros devem seguir as instruções do veterinário para assegurar que a inspecção *ante mortem e post mortem* de todo o animal seja efectuada nas devidas condições;
- Vedar a entrada de pessoas estranhas às actividades, salvo quando devidamente uniformizadas e autorizadas pela chefia do estabelecimento.

## **2.5. Requisitos aplicados ao Veterinário**

O veterinário deve efectuar as seguintes operações:

- Recolher informações sobre a cadeia alimentar;
- Efectuar inspecção *ante mortem*;
- Efectuar inspecção *post mortem*;
- Verificar o bem-estar dos animais;
- Verificar as matérias de risco especificadas e outros subprodutos animais;
- Efectuar testes laboratoriais.

Após as inspecções o veterinário deverá retirar as suas conclusões acerca de:

- Comunicação dos resultados das inspecções;
- Decisões relativas às informações sobre a cadeia alimentar;
- Decisões relativas aos animais vivos;
- Decisões relativas ao bem-estar dos animais;
- Decisões relativas à carne.

## **2.6. Requisitos aplicados aos Equipamentos**

Os equipamentos utilizados no matadouro, devem respeitar os seguintes requisitos para evitar contaminação da carne:

- Serem fabricados com materiais adequados e mantidos em boas condições de arrumação. Devem estar efectivamente limpos, e sempre que necessário, desinfectados para evitar qualquer risco de contaminação;
- Os equipamentos devem ser instalados de forma a permitir a limpeza adequada dos mesmos e da área circundante.

## **2.7. Requisitos aplicados à Armazenagem**

Em relação à armazenagem, deve-se ter em conta o seguinte:

- Durante as operações de refrigeração, deve existir uma ventilação adequada que evite a condensação na superfície da carne;
- Durante as operações de refrigeração, a carne não deve estar a uma temperatura superior a 7°C, e deve manter uma temperatura constante de refrigeração;
- A carne destinada à congelação deve ser congelada com rapidez, tendo em conta, sempre que necessário, um período de estabilização antes da congelação.

## **2.8. Sistema HACCP**

O sistema HACCP - Hazard Analysis and Critical Control Points (Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controlo), tem como objectivo garantir a segurança dos alimentos através da identificação dos perigos associados ao seu manuseamento e das medidas adequadas ao seu controlo, ou seja, promover a qualidade microbiológica das carcaças e reduzir os perigos associados ao seu processamento [9].

Assim este sistema constitui uma abordagem sistemática direccionada a perigos biológicos, químicos e físicos, em vez de inspecções e testes em produtos finais. Desta forma trata-se de um sistema de carácter preventivo através do qual, pela identificação de potenciais riscos, são estabelecidas medidas preventivas que possibilitem reduzir a probabilidade de ocorrências que possam pôr em causa a segurança dos produtos e consequentemente dos consumidores [9].

Este sistema foi concebido para ser aplicado em todos os segmentos da indústria alimentar, englobando a produção, o processamento, a distribuição e a comercialização do produto final.

São sete os princípios gerais que assenta este sistema, no qual permite identificar os perigos específicos e estabelecer as medidas preventivas para o seu controlo:

- 1) Identificação de quaisquer perigos que devam ser evitados, eliminados ou reduzidos para níveis aceitáveis;
- 2) Identificação dos pontos críticos de controlo na fase ou fases em que o controlo é essencial para evitar ou eliminar um risco ou para o reduzir para níveis aceitáveis;
- 3) Estabelecimento de limites críticos em pontos críticos de controlo, que separem a aceitabilidade da não aceitabilidade com vista à prevenção, eliminação ou redução dos riscos identificados;
- 4) Estabelecimento e aplicação de processos eficazes de vigilância em pontos críticos de controlo;
- 5) Estabelecimento de medidas correctivas quando a vigilância indicar que um ponto crítico de controlo não se encontra sob controlo;
- 6) Estabelecimento de processos, a efectuar regularmente, para verificar que as medidas referidas nos pontos anteriores funcionam eficazmente;
- 7) Elaboração de documentos e registos adequados à natureza e dimensões das empresas, a fim de demonstrar a aplicação eficaz das medidas referidas anteriormente.

Desta forma, no que respeita ao interesse da qualidade sanitária e higiénica dos alimentos e do cumprimento das normas legais, é fundamental que os matadouros estabeleçam, documentem e mantenham programas adequados de boas práticas, que são os pré-requisitos para a implementação do seu plano HACCP.

O sucesso da aplicação do sistema HACCP requer o total comprometimento e envolvimento de várias pessoas, desde a direcção aos operadores. Deve ser constituído um grupo de trabalho que deve incluir peritos de várias especialidades como, por exemplo, agrónomos, veterinários, médicos, especialistas em saúde pública, técnicos alimentares, entre outros, tendo em conta o estudo em vista.

### **3. Factores influentes na conservação de alimentos**

A conservação de alimentos, é um método importante para a qualidade da carne.

Caso não haja uma boa conservação, poderá haver alterações indesejáveis que podem ser classificadas como físicas, químicas e biológicas.

Desta forma existem vários factores que se deve ter em conta para uma boa conservação, que são seguidamente descritos.

#### **3.1. Temperatura**

A temperatura é o factor mais importante na conservação de alimentos. Procedendo à descida da temperatura da carne, a deterioração pode ser retardada, aumentando o período de vida útil do produto.

A temperatura conforme o seu valor, actua de forma diferente sobre o produto, assim pode-se verificar que:

- Temperatura entre 30°C e 40°C: cria condições óptimas para as reacções enzimáticas [7];
- Temperatura entre 50°C e 90°C: cria condições para a destruição das enzimas [7];
- Temperatura entre os 12°C e -2°C: considerada temperatura de refrigerados, aumenta o tempo de vida útil do produto, diminui a velocidade da reacção mas não pára esta reacção [7];
- Temperatura inferior a -18°C: considerada temperatura de congelados, aumenta ainda mais o tempo de vida útil e de conservação do produto, mas em períodos de conservação longos aparecem certas reacções enzimáticas e certos fenómenos indesejáveis que alteram a qualidade dos produtos [7].

### **3.2. Humidade Relativa**

A humidade relativa na atmosfera das câmaras de conservação de produtos alimentares é um factor fundamental na manutenção da qualidade do produto, evitando a perda excessiva de água por evaporação, assim como as perdas devidas a fenómenos fisiológicos indesejáveis ou ao desenvolvimento de micro-organismos [7].

A humidade relativa tem uma grande influência na perda do peso dos produtos desidratáveis, ou seja, a perda de peso diminui com o aumento da humidade relativa do ar. Contudo, humidades relativas elevadas até ao limite (100%) proporcionam a acção de microrganismos e enzimas [7]. Para que um produto tenha qualidade, a humidade relativa pode ser tanto mais alta (para evitar a desidratação do produto), quanto mais baixa for a temperatura.

Os valores da humidade relativa são normalmente elevados. Estes valores são mais elevados para produtos congelados quando comparada com os refrigerados.

### **3.3. Circulação de ar**

A circulação de ar uniformiza a temperatura da câmara e intensifica a evaporação da água do produto, impedindo a elevação da humidade na superfície dos géneros (impedindo assim que se criem condições favoráveis à multiplicação das bactérias). No entanto, a circulação forçada do ar aumenta a perda de peso, sendo aceitável apenas quando armazenagem é de curta duração.

### **3.4. Isolamento térmico**

A finalidade do isolamento térmico, é reduzir as trocas térmicas indesejáveis entre o exterior e o interior do espaço frigorífico. Assim sendo a escolha do isolamento térmico numa instalação frigorífica é bastante importante.

O isolamento térmico é formado por materiais de baixo coeficiente de condutividade térmica (k). Os materiais isolantes são porosos, sendo que a elevada resistência térmica deve-se à baixa condutividade térmica do ar contido nos seus vazios.

### **3.5. Velocidade de congelação – Formação de cristais de gelo**

A velocidade de congelação é um factor também importante, uma vez que pode originar cristais de gelo. A formação de cristais de gelo durante o congelamento e armazenagem, pode ocasionar a redução da qualidade.

Em geral, quando a carne é submetida ao congelamento rápido, formam-se microcristais de gelo de forma circular a nível intracelular. Quando a velocidade de congelamento se torna lenta, o número de cristais de gelo formado é menor, mas o tamanho dos cristais é maior, de tal forma que rompem os tecidos fazendo com que o produto perca matérias orgânicas e proteicas, perdendo qualidade e valor alimentar [7].

Conclui-se então que os cristais de gelo crescem na proporção inversa da velocidade de arrefecimento, pelo que é recomendada a congelação rápida e a ultra-congelação como forma dos cristais que se constituem serem de pequeno tamanho, de forma a evitar o rompimento das células do produto.

### **3.6. Condições de armazenagem**

As condições de armazenagem baseadas nas características optimizadas de conservação, afectam as condições e o tempo de vida útil de conservação de produtos. Desta forma, é necessário ter em conta um conjunto de parâmetros [7] tais como:

- Temperatura de recepção dos produtos;
- Temperaturas Conservação;
- Exigências pelo tratamento pelo frio;
- Duração de armazenagem dos produtos;
- Quantidade diária de entrada de ar novo;
- Modo movimentação das cargas;
- Modo estiva.

## **4. Memória descritiva**

### **4.1. Objectivos**

No âmbito na Unidade Curricular de Dissertação, Trabalho de Projecto ou Estágio de Natureza Profissional, foi proposto a elaboração de um Projecto acerca de um Matadouro Industrial de Caprinos e do Centro de Corte ou Sala de Desmancha:

Para tal, os grandes objectivos desde projecto são:

- Dimensionar todos os espaços frigoríficos e respectivas vias aéreas incluindo o centro de corte ou sala desmancha;
- Dimensionar e escolher os meios de refrigeração e/ou congelação e de conservação, e ainda os isolamentos térmicos;
- Realizar o balanço térmico dos espaços frigoríficos e escolher os meios de produção e de utilização de frio;
- Elaborar lay-out, memória descritiva e peças desenhadas do matadouro e centro de corte.

### **4.2. Descrição da Unidade Industrial**

Esta Unidade Industrial localiza-se em Portalegre num terreno com 5860 m<sup>2</sup>. O terreno situa-se em pontos distantes de fontes produtoras de odores desagradáveis de qualquer natureza. Está devidamente cercado e afastado dos limites das vias públicas, sendo que dispões de áreas de circulação para permitir a movimentação livre dos veículos de transporte.

O edificio é composto apenas por um piso, e apresenta duas áreas distintas: a área industrial, onde se procede ao tratamento de toda a carne, e a segunda área é composta pela área administrativa, higiene e refeição.

A área industrial apresenta as seguintes divisões com as respectivas características:

**Tabela 1** – Características dos locais da área industrial

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Abegoaria	146	34
Linha de abate	207	28
Câmara de tratamento de peles	16	4
Câmara de suspeitos	16	4
Câmara de rejeitados	16	4
Câmara de sub - produtos	24	4
Túnel de arrefecimento	98	-8
Câmara de maturação	112	4
Sala de desmancha	625	12
Sala de preparação e embalagem	288	12
Câmara de refrigeração	192	4
Túnel de congelação	32	-35
Câmara de congelação	288	-20
Área de circulação	380	15
Cais de expedição	234	15
Sala de empilhadores	49	25
Sala de máquinas	161	40

Toda esta área apresenta um pé direito de 4,5 metros.

A área administrativa concebe os seguintes espaços:

**Tabela 2** – Características dos locais da área administrativa

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Gabinete Veterinário	24
4 Gabinetes	24
Sala Gerência	24
Sala Reuniões	24
Sala Arquivo	16
I.S Masculinos	16
I.S Femininas	16

Estas áreas referidas, têm um pé direito de 3 metros.

Existe ainda uma área destinada à higiene que possui as seguintes divisões:

**Tabela 3** – Características dos locais da área de higiene

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Batas Limpas	16
Batas Sujas	16
I.S Masculinos	21
I.S Femininos	21
Vestiário Mulheres	35
Vestiário Homens	35
Lavandaria	24
Produtos Tóxicos	15

Estes locais, têm um pé direito de 3 metros.

Por fim surge a área de refeição que apresenta as seguintes áreas:

**Tabela 4** – Características dos locais da área de refeição

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Cozinha	24
Refeitório	74

Estas áreas referidas, têm um pé direito de 3 metros.

No anexo I – Lista de desenhos (desenho nº 1), apresenta-se a planta com todos os espaços supra referidos, e respectivas áreas.

### 4.3. Descrição do funcionamento da unidade industrial

Após a chegada dos caprinos ao matadouro, toda a sua documentação é verificada. Os animais permanecem na abegoaria num período entre 12 horas e 24 horas antes do abate, de forma a irem para a linha de abate descansados e em jejum.

A instalação procede diariamente ao abate de 400 caprinos por dia em 4 horas.

Às 7 horas procede-se ao abate das primeiras 100 carcaças. Os caprinos são atordoados com choques eléctricos, e de seguida são abatidos com um corte na veia jugular.

Após o abate, os caprinos são elevados para a via aérea, onde se procede à sangria. Após a sangra dos animais, o processo de tratamento até chegar ao túnel de arrefecimento é o seguinte:

- 1) Corte dos cornos e membros anteriores;
- 2) Esfolia do pescoço;
- 3) Corte e esfolia dos membros posteriores;
- 4) Marcação do número de ordem (carcaça e pele);
- 5) Esfolia do resto da carcaça
- 6) Separação da cabeça
- 7) 1ª Evisceração (carnes brancas)
- 8) 2ª Evisceração (carnes vermelhas)
- 9) Inspeção sanitária
- 10) Acabamento e lavagem
- 11) Pesagem e certificação

As peles são tratadas e encaminhadas para uma câmara frigorífica. A câmara de sub-produtos M<sub>3</sub>, armazena produtos que não sustentam o consumo humano (cabeças, cornos, carnes brancas, carnes vermelhas e ainda os animais rejeitados), no entanto estes sub-produtos, são aproveitados para ração de animais.

Durante a inspeção, a autoridade veterinária, irá analisar as carcaças. Caso se verifique alguma irregularidade, estes produtos caracterizam-se como suspeitos ou rejeitados. Os produtos suspeitos são analisados e quando detectada alguma anomalia são encaminhados para a câmara sub-produtos M<sub>3</sub>, caso contrário, voltam para a linha de abate. Os produtos rejeitados, são conduzidos para a câmara de sub-produtos M<sub>3</sub>

Após a inspecção, os animais são lavados com água quente e encaminhados para o túnel de arrefecimento de carcaças.

As carcaças entram no túnel de arrefecimento onde permanecem 6 horas. O túnel encontra-se a -8 °C e tem como objectivo baixar a temperatura dos produtos, sendo que as carcaças têm uma temperatura inicial de 32°C [1]. Após saírem do túnel, entram na câmara de maturação e permanecem durante um período mínimo de 18 horas a uma temperatura de 4°C. O objectivo desta câmara é estabilizar a temperatura e amaciar devidamente a carcaça.

Depois de saírem desta câmara, 200 carcaças são tratadas no estado refrigerado, e as outras 200 no estado congelado.

Das 200 carcaças no estado congelado, 100 entram directamente no túnel de congelação sem passar pela sala de desmancha. No túnel de congelação permanecem 3 horas a uma temperatura de -35°C, seguindo para a câmara de congelação que se encontra a -20°C. As restantes 100 carcaças, são cortadas, preparadas, e embaladas em paletes, seguindo para o túnel de congelação e respectiva câmara de congelação nas mesmas condições referidas anteriormente. A câmara de congelação tem uma capacidade de armazenagem de 10 dias até serem expedidas.

As 200 carcaças no estado refrigerado seguem o mesmo processo anterior, com a diferença que as carcaças não passam pelo túnel de congelação e seguem directamente para a câmara de refrigerados. Esta câmara tem uma capacidade de armazenagem de 4 dias até serem expedidas.

Após a desmancha das carcaças, os ossos são armazenados em contentores sendo encaminhados para a câmara de sub-produtos M<sub>3</sub>.

Após todos estes processos, segue-se a expedição que tem um cais com uma capacidade para 4 camiões.

### 4.3.1. Fluxograma da instalação

O seguinte fluxograma, resume toda a descrição acima elaborada:

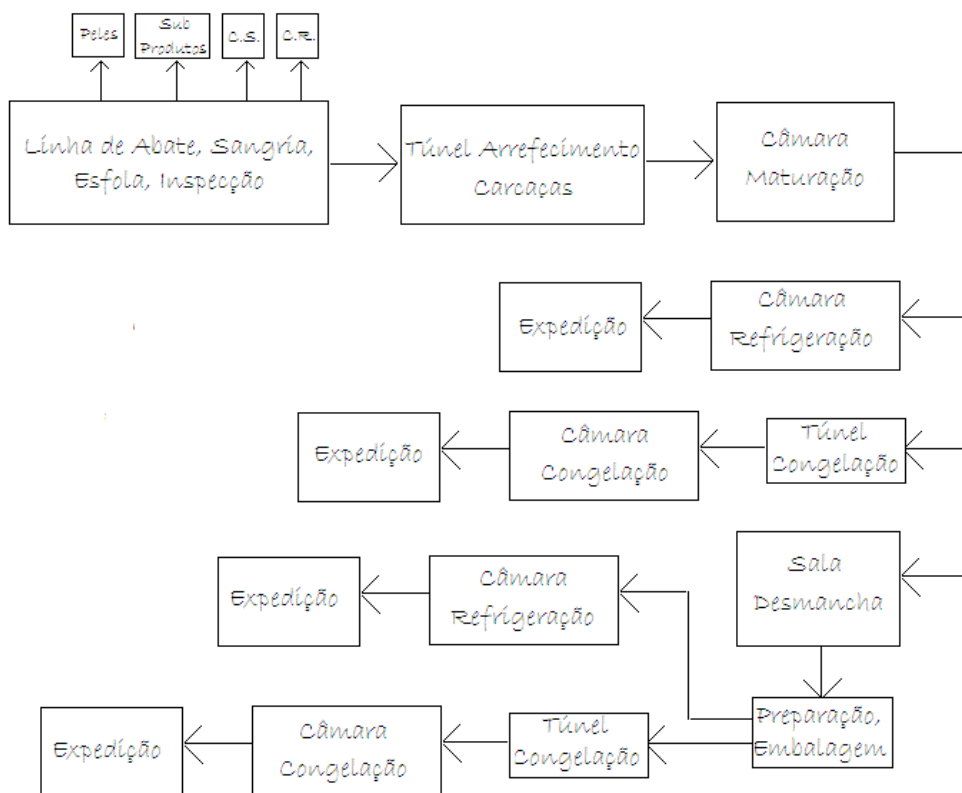


Fig. 1 – Fluxograma da instalação

### 4.3.2. Modos de Produção

As seguintes figuras representam os diversos modos de produção, com as respectivas temperaturas de entrada e saída das carcaças:

- Carcaças Congeladas

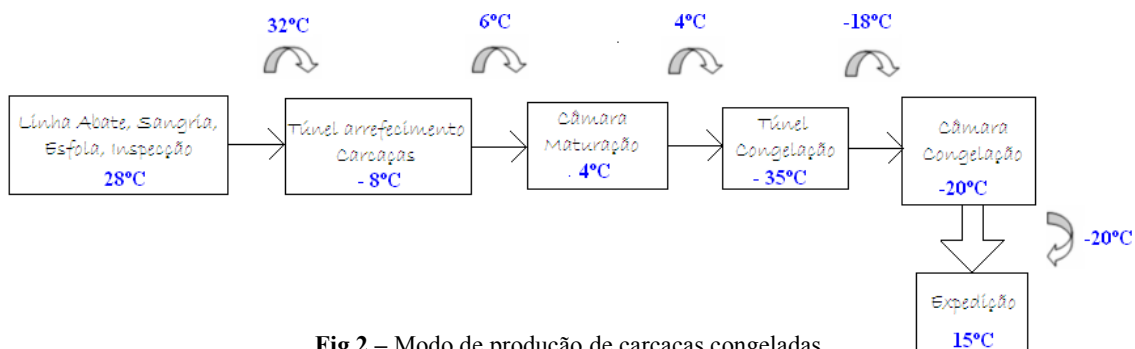
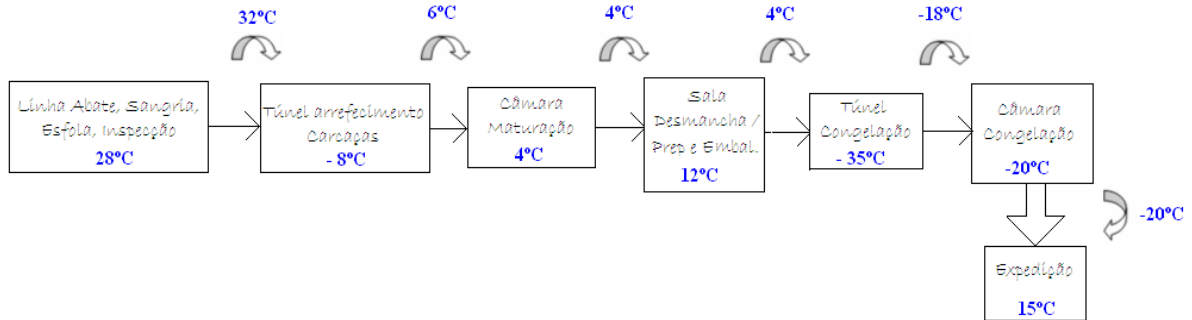


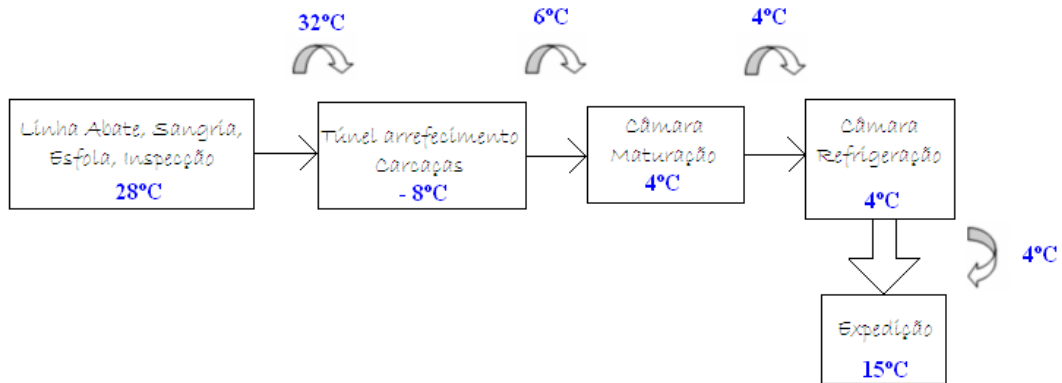
Fig.2 – Modo de produção de carcaças congeladas

- Carcaças Congeladas Desmanchadas



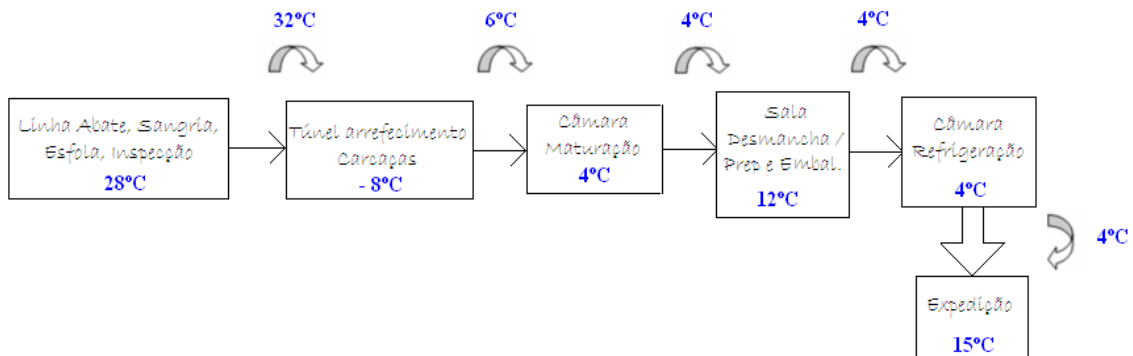
**Fig.3** – Modo de produção de carcaças congeladas desmanchadas

- Carcaças Refrigeradas



**Fig.4** – Modo de produção de carcaças refrigeradas

- Carcaças Refrigeradas Desmanchadas



**Fig.5** – Modo de produção de carcaças refrigeradas desmanchadas

### 4.3.3. Horário Funcionamento da unidade industrial

Os horários de funcionamento desta unidade, variam consoante a área de trabalho.

#### Horário de funcionamento da área industrial:

O horário de funcionamento da área industrial é das 7 horas às 17 horas.

As carcaças são abatidas de manhã, e entram no túnel de arrefecimento permanecendo um período de tempo até obter a temperatura pretendida. Entram na câmara maturação à tarde, permanecendo até de manhã. Deste modo a desmancha será efectuada ao fim de manhã e finalizada à tarde.

De seguida, são apresentados os horários para os diferentes 4 tipos de produção:

#### *Carcaças congeladas:*

- Início / Fim abate: 7 horas / 8 horas (1º Dia);
- Entrada / Saída no túnel arrefecimento: 8 horas / 14 horas (1º Dia);
- Entrada / Saída na câmara maturação: 14 horas / 8 horas (2º Dia);
- Entrada / Saída no túnel congelação: 8 horas / 11 horas (2º Dia);
- Entrada na câmara congelação: 11 horas (2ºDia).

#### *Carcaças refrigeradas:*

- Início / Fim abate: 8 horas / 9 horas (1º Dia);
- Entrada/ Saída no túnel arrefecimento: 9 horas / 15 horas (1º Dia);
- Entrada/ Saída na câmara maturação: 15 horas / 9 horas (2ºDia);
- Entrada na câmara refrigeração: 9 horas (2ºDia).

*Carcaças desmanchadas congeladas:*

- Início / Fim abate: 9 horas / 10 horas (1º Dia);
- Entrada/ Saída no túnel arrefecimento: 10 horas / 16 horas (1º Dia);
- Entrada/ Saída na câmara maturação: 16 horas / 10 horas (2ºDia);
- Entrada/ Saída na sala desmancha: 10 horas / 13 horas (2ºDia);
- Entrada/ Saída no túnel congelação: 13 horas / 16 horas (2ºDia);
- Entrada na câmara congelação: 16 horas (2ºDia).

*Carcaças desmanchadas refrigeradas:*

- Início / Fim abate: 10 horas / 11 horas (1º Dia);
- Entrada/ Saída no túnel arrefecimento: 11 horas / 17 horas (1º Dia);
- Entrada/ Saída na câmara maturação: 17 horas / 11 horas (2ºDia);
- Entrada/ Saída na sala desmancha: 11 horas / 14 horas (2ºDia);
- Entrada na câmara refrigeração: 14 horas (2ºDia).

Na 6ªf as primeiras carcaças entram na câmara maturação às 14 horas, e as últimas saem às 11 horas de sábado. Como no fim semana não se labora, irão sair da câmara apenas na 2ªf, funcionado 24 horas por dia.

As câmaras de suspeito e de rejeitados, terão que trabalhar na mesma altura do abate, tendo um horário de funcionamento das 7 horas às 13 horas.

As câmaras de tratamento de peles e sub-produtos, uma vez que são câmara de armazenamento, operam 24 horas por dia.

A entidade veterinária terá que estar presente no início do abate, de forma a efectuar todas as inspecções necessárias.

A seguinte tabela mostra as horas de funcionamento diárias de cada espaço frigorífico:

**Tabela 5 – Horas diárias de funcionamento**

<b>Local a que se destina</b>	<b>Horas Funcionamento por dia</b>
Túnel de arrefecimento	9 (Das 8h as 17h)
Câmara Maturação	24
Câmara Refrigeração	24
Câmara Congelação	24
Túnel congelação	6 (Das 8h às 11h e das 13h às 16h)
Sala Desmancha	4 (Das 12 às 16h)
Câmara Suspeitos	6 (Das 7h às 13h)
Câmara Rejeitados	6 (Das 7h às 13h)
Câmara Tratamento Peles	24
Câmara Sub-Produtos	24

O túnel de congelação trabalha 6 horas por dia, mas em dois períodos diferentes de 3 horas.

Horário de funcionamento da área administrativa:

O horário da área administrativa é das 9 horas às 18 horas com uma hora de almoço das 13 horas às 14 horas, havendo um refeitório próprio.

#### 4.4. Dimensionamento dos espaços frigoríficos

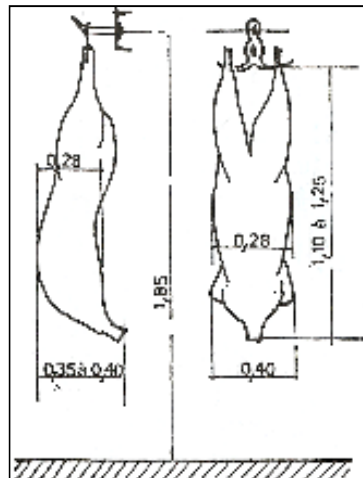
De seguida são dimensionados todos os espaços frigoríficos do matadouro, para posteriormente se proceder ao cálculo das cargas térmicas. Para tal, é necessário calcular em primeiro lugar o comprimento das vias aéreas e o número de paletes necessárias de cada espaço frigorífico.

Para se proceder a estes cálculos é necessário conhecer os seguintes parâmetros:

- Capacidade Diária: 400 caprinos;
- Peso de cada carcaça: 30 kg;
- Bitola: 1 m;
- Distancia das vias à parede: 1,5 m [1];
- Tipo de estiva: 8 carcaças sobrepostas [1]. Na figura 7, está representada a referida estiva;
- Densidade de carcaças suspensas: 290 kg/m lin [1];
- Dimensões das paletes: 1x1,2x1,5 m (Estas paletes têm mais 0,2 m de altura devido aos seus pés, e são normalizadas pela Europaletes);
- Rodapé das câmaras armazenagem: 0,2 x 0,2 m [7];
- Dimensões das portas: 2 x 2,5 m [7];
- Densidade de armazenagem de refrigerados: 160 kg/m<sup>3</sup> [7];
- Densidade de armazenagem de congelados: 300 kg/m<sup>3</sup> [7].

A densidade de armazenagem de carcaças é um factor importante no dimensionamento dos espaços frigoríficos. Assim, são apresentadas as seguintes figuras, de forma a compreender-se como as carcaças estão dispostas na via aérea.

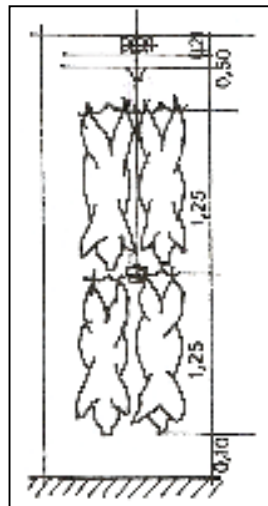
A seguinte figura mostra as dimensões dos caprinos:



Fonte: Livro - Collin " Applications Frigorifiques "

Fig.6 – Dimensões dos caprinos

Os caprinos estão dispostos na via aérea agrupados em 8, sobrepostos 4 a 4 por cruzetas:



Fonte: Livro - Collin " Applications Frigorifiques "

Fig.7 – Disposição dos caprinos na via aérea

#### Cálculo da altura dos espaços frigoríficos:

De acordo com a figura 7, a via aérea tem 3,1 m de altura. No entanto, é necessário pelo menos 1 m de altura acima da via aérea [2] para que haja uma boa circulação de ar, o que totaliza uma altura de 4,1 m. Assim todos os espaços frigoríficos terão uma altura de 4,5 m.

Todos os espaços frigoríficos que são a seguir dimensionados, estão dispostos no Anexo I – Lista de desenhos (desenho nº 2).

#### 4.4.1. Dimensionamento do túnel de arrefecimento de carcaças

No túnel de arrefecimento entram por dia 400 carcaças, tendo a seguinte capacidade:  
 $400 \times 30 = 12.000 \text{ kg}$ .

Começa-se por calcular o comprimento da via aérea para corresponder às expectativas, com base na densidade e capacidade:

$$\frac{12.000}{290} = 41,37 \approx 42 \text{ m}$$

Para uma capacidade de 12.000 kg são necessários 42 m de via aérea, o que iria corresponder a ter 4 carris de 11 m cada um. No entanto por questões de segurança, convém acrescentar mais um carril, sendo que passará a ter 5 carris de 10 m em vez de 11 m.

Tendo o carril 10 m de comprimento, e estando distanciado da parede 1,5 m de cada lado mais 0,5 m de cada lado devido à curva da mudança de carril, então o túnel terá um comprimento de 14 m.

Em relação à largura, havendo 5 carris distanciados entre si 1 m, e como estes estão distanciados à parede 1,5 m de cada lado, o túnel terá uma largura de 7 m.

Comprimento total da via aérea:

- 5 rectas de 10 m: 50 m;
- 2 rectas de 3 m: 6 m;
- 10 quartos de curva com raio de 0,5 m: 8 m

$$L_{\text{Tot}} = 64 \text{ m}$$

Dimensões do Túnel de Arrefecimento: 14 x 7 x 4,5 m.

#### 4.4.2. Dimensionamento da câmara maturação

A câmara de maturação será dimensionada para uma capacidade de 450 carcaças, visto que devido ao aglomerado de carcaças, algumas poderão não estar à temperatura desejada, o que implica permanecer mais tempo dentro da câmara maturação para obter a temperatura desejada.

A câmara de maturação apresenta uma capacidade de 13.500 kg (450 × 30 kg). O comprimento da via aérea é:

$$\frac{13500}{290} = 46,5 \approx 47 \text{ m}$$

Para uma capacidade de 13.500 kg é necessário haver 47 m de via aérea.

Devido à capacidade ser maior que a do túnel de arrefecimento, cada carril terá 12 m de comprimento em vez de 10 m. Seguindo o mesmo raciocínio do túnel de arrefecimento, a câmara maturação terá 16 m de comprimento, que são os 12 m de carril mais os 4 m devido à distancia da via à parede, e à mudança de carril.

A câmara de maturação deve ter a mesma largura que o túnel de arrefecimento por questões de layout.

##### Comprimento total da via aérea:

- 5 rectas de 12 m: 60 m;
- 2 rectas de 3 m: 6 m;
- 10 quartos de curva com raio de 0,5 m: 8 m

$$L_{\text{Tot}} = 74 \text{ m}$$

Dimensões da Câmara Maturação: 16 x 7 x 4,5 m.

#### **4.4.3. Dimensionamento da sala de desmancha**

Na sala desmancha entram 200 carcaças por dia, sendo que 100 são ser refrigeradas e as outras 100 são congeladas. Assim sendo, a sala de desmancha terá uma capacidade de 6.000 kg (200 x 30 kg).

Sendo a sala de desmancha uma zona de grande dimensão, devido à quantidade de máquinas e de operários, esta terá de comprimento e de largura 25 m.

Com base na densidade e na capacidade é possível determinar o comprimento da via aérea:

$$\frac{6000}{290} = 20,7 \approx 21 m$$

A sala de desmancha deverá ter no mínimo 21 m de via aérea. No entanto irá ter mais metros de via aérea, uma vez que esta deverá ser distribuída por toda a sala, de forma os operários trabalharem nas suas respectivas mesas de corte.

Para a desmancha diária dos caprinos, são necessários trabalhar 10 pessoas, cada uma na sua respectiva mesa de corte.

Dimensões da Sala Desmancha: 25 x 25 x 4,5 m.

#### **4.4.4. Preparação e Embalagem**

A carne após ser desmanchada, é embalada em caixas e armazenada em paletes.

Em relação às dimensões, por questões de lay-out, tem o mesmo comprimento que a sala de desmancha que são 25 m, e 11,5 m de largura.

#### 4.4.5. Dimensionamento da câmara refrigeração

A câmara de refrigeração tem uma capacidade para 4 dias de armazenamento. Terá no seu interior carcaças suspensas e desmanchadas.

Para determinar as dimensões de câmara refrigeração procede-se ao cálculo do comprimento da via aérea bem como o número de paletes.

##### Comprimento da via aérea:

A câmara apresenta a seguinte capacidade:  $100 \times 30 \times 4 = 12.000 \text{ kg}$

Com base nesta capacidade de armazenagem e na densidade, calcula-se o comprimento de via aérea:

$$\frac{12.000}{290} = 41,37 \approx 42 \text{ m}$$

A via aérea tem 4 carris, cada um com 12 m, o que dará uma reserva de carcaças caso seja necessário.

##### Cálculo do número de paletes:

Para o cálculo do número de paletes, em primeiro lugar determina-se o volume ocupado pela carne desmanchada. A densidade para refrigerados é de  $160 \text{ kg/m}^3$  e como são armazenados 12.000 kg de carne, obtém-se o seguinte volume ocupado pela carne:

$$d = \frac{M}{V} \Leftrightarrow V = \frac{M}{d} = \frac{12.000}{160} = 75 \text{ m}^3$$

Sabendo que o volume das paletes é de  $1,8 \text{ m}^3$  então são necessárias as seguintes paletes:

$$n_{\text{paletes}} = \frac{75}{1,8} = 41,6 \approx 42 \text{ paletes}$$

As paletes estão dispostas em 2 filas, cada uma com 11 paletes consecutivas, tendo uma estiva a 2 alturas, o que dá um total de 44 paletes.

Com base nos valores obtidos já é possível determinar as dimensões da câmara refrigeração.

A câmara tem 16 m de comprimento. Este comprimento contempla os 12 m de carril e os 3 m devido à distancia do carril à parede e 1m devido à mudança de carril.

A largura é de 12 m. Esta largura considera a largura da via aérea e das paletes (2 filas) e ainda o espaço necessário à movimentação dos empilhadores.

#### Comprimento total da via aérea:

- 4 rectas de 12 m: 48 m;
- 2 rectas de 3 m: 6 m;
- 10 quartos de curva com raio de 0,5 m: 8 m

$L_{Tot} = 62$  metros

Dimensões da Câmara Refrigeração: 16 x 12 x 4,5 m

#### **4.4.6. Dimensionamento da câmara congelação**

O dimensionamento desta câmara é semelhante à câmara refrigeração, com a particularidade que tem uma capacidade de armazenamento de 10 dias.

#### Comprimento da via aérea:

Esta câmara tem a seguinte capacidade de armazenagem:  $100 \times 30 \times 10 = 30.000$  kg  
Com esta capacidade, determina-se o comprimento total da via aérea:

$$\frac{30.000}{290} = 103,4 \approx 104 \text{ m}$$

A câmara tem 9 carris de 12 m, o que dará uma reserva de carcaças caso seja necessário.

Cálculo do número de paletes:

Sabendo que a câmara tem uma capacidade de 30.000 kg e uma densidade de 300 kg/m<sup>3</sup>, é possível determinar o volume que a carne desmanchada ocupa:

$$d = \frac{M}{V} \Leftrightarrow V = \frac{M}{d} = \frac{30.000}{300} = 100 \text{ m}^3$$

O volume das paletes é de 1,8 m<sup>3</sup>, então são necessárias as seguintes paletes:

$$n_{\text{paletes}} = \frac{100}{1,8} = 55,5 \approx 56 \text{ paletes}$$

As paletes estão dispostas em 3 filas, cada uma com 11 paletes consecutivas, com uma estiva a 2 alturas.

O comprimento da câmara de congelação é o mesmo que a câmara de refrigeração, por questões de lay-out, variando a largura.

Tendo em conta a distância entre os carris, paletes, e movimentação do empilhador, a largura desta câmara é de 18 m.

Comprimento total da via aérea:

- 9 rectas de 12 m: 108 m;
- 2 rectas de 8m: 16 m;
- 20 quartos de curva com raio de 0,5 m: 16 m

$$L_{\text{Tot}} = 140 \text{ m}$$

Dimensões da Câmara Congelação: 16 x 18 x 4,5 m

#### 4.4.7. Dimensionamento do túnel congelação

O túnel de congelação tem uma capacidade para 100 carcaças suspensas e 100 carcaças desmanchadas. No entanto, basta dimensionar o túnel para carcaças suspensas, uma vez que o túnel trabalha em dois períodos distintos.

##### Comprimento da via aérea:

A capacidade do túnel de congelação é de 3.000 kg, com densidade de 290 kg/m lin. Desta forma o comprimento de via aérea é o seguinte:

$$\frac{3.000}{290} = 10,3 \approx 11 m$$

A via aérea tem 2 carris cada um com 6 m.

##### Cálculo do número de paletes:

O cálculo no número de paletes, é semelhante às câmaras de armazenagem:

$$d = \frac{M}{V} \Leftrightarrow V = \frac{M}{d} = \frac{3.000}{300} = 10 m^3$$

$$n_{paletes} = \frac{10}{1,8} = 5,5 \approx 6 \text{ paletes}$$

Através destes valores calculados já é possível dimensionar o túnel de congelação. Tem um comprimento de 9 m e uma largura de 4 m.

##### Comprimento total da via aérea:

- 2 rectas de 6 m: 12 m
- 4 quartos de curva com raio de 0,5 m: 3,4 m

$$L_{Tot} = 15,4 \approx 16 m$$

Dimensões do túnel de congelação: 9 x 4 x 4,5 m

#### 4.4.8. Outros espaços frigoríficos

Relativamente às câmaras de suspeitos e rejeitados, têm uma capacidade para 20 caprinos. Estas câmaras necessitam de ter vias aéreas, pelo que cada câmara tem 10 m de via aérea. Uma vez que não necessitam de ter elevadas dimensões, têm 4 m de comprimento e largura.

Por questões de layout, a câmara de tratamento de peles terá as mesmas dimensões que estas 2 câmaras. No que respeita à câmara de sub-produtos M<sub>3</sub>, tem 6m de comprimento e 4m de largura, uma vez que é necessário uma maior área de armazenamento.

De seguida são apresentados todos os comprimentos de via aérea dos respectivos locais:

- Linha Abate: 28 m
- Câmara Suspeitos: 10 m
- Câmara Rejeitados: 10 m
- Túnel Arrefecimento: 64 m
- Câmara Maturação: 74 m
- Sala Desmancha: 54 m
- Câmara Refrigeração: 62 m
- Câmara Congelação: 140 m
- Túnel Congelação: 16 m
- Área Circulação: 55 m
- Cais Expedição: 23 m

Através destes valores o comprimento total de via aérea é de **536 metros**.

No anexo I – Lista de Desenhos (desenho nº3) é possível visualizar-se a planta com as respectivas vias aéreas e paletes.

## 4.5. Descrição dos Equipamentos

### 4.5.1. Sala de Desmancha

De seguida são descritos os principais equipamentos da sala de desmancha que são da marca “Roser”:

- Tapetes Transportadores

Na sala de desmancha existem dois tapetes transportadores. Este equipamento tem como função transportar a carne após a sua desmancha até uma mesa giratória. Por cima destes tapetes existe um segundo tapete feito de PVC, que tem como utilidade efectuar a separação dos ossos [20].

Estes equipamentos têm um sistema de limpeza automático. Na seguinte figura observa-se este tipo de tapetes:



*Fonte: <http://www.roser.es/>*

**Fig. 8** – Tapete Transportador

- Mesa Giratória

Conforme se verifica na figura acima apresentada, esta mesa situa-se no fim do tapete transportador. Tem como função recolher a carne desmanchada, e encaminhá-la para a área da preparação e embalagem.

Esta mesa tem um diâmetro de 1,5m e é accionada por um moto-reductor [20].

- Mesas de trabalho

A sala de desmancha tem 10 mesas de trabalho. Por cima destas mesas passa a via aérea, onde os operários procedem à desmancha das carcaças.

Estas mesas têm a estrutura e pés em aço inox, sendo a base em polietileno [20]. Têm um suporte para colocar o material cortante, e ainda têm como opção um suporte inferior para caixas de plástico. As dimensões destas mesas são as seguintes: 1,2 x 0,6 x 1m [20]. As referidas mesas, têm o seguinte aspecto:



Fonte: <http://www.roser.es/>

**Fig. 9** – Mesas de Trabalho

- Máquina para Pesar

Esta máquina contém um módulo de pesagem e um tapete de classificação. Através de um sistema pneumático as portas são impulsionadas, e enviam a carne para as respectivas básculas [20]. Estas, por sua vez, estão distribuídas com diferentes pesos.

A carne pode ser pesada, antes ou depois da desmancha, para tal é necessário a via aérea passar por cima desta máquina.



Fonte: <http://www.roser.es/>

**Fig. 10** – Máquina para Pesar

Estes são os principais equipamentos presentes na sala de desmancha. Entre a sala de desmancha e a preparação e embalagem existe um tapete rolante que encaminha a carne desmanhada de um local para o outro para ser embalada.

#### **4.5.2. Preparação e Embalagem**

##### Máquina de Embalar

Na preparação e embalagem, existe uma máquina própria para efectuar o embalamento da carne. A carne após ser desmanhada é de seguida sendo embalada em caixas.

A máquina seleccionada é da marca “Belca” com o seguinte modelo: SP 100 HPP. Trata-se de uma máquina de alta cadência especialmente concebida para a embalagem de produtos alimentares de diferentes dimensões [20]. Tem uma capacidade de embalagem até 70 unid/h com uma potência de 5kW [20]. A seguinte figura mostra o tipo de máquina seleccionada:



*Fonte:* <http://www.belca.es>

**Fig.11** – Máquina de Embalar

##### Máquina de cintar

A máquina de cintar fixa as caixas onde a carne é embalada, colocando uma cinta à volta da caixa. A máquina seleccionada é da marca “Fitembal”, com o seguinte modelo: Reisopack 1904 Transit. É uma máquina automática, composta por um arco e por duas pequenas mesas, uma na entrada e outra na saída, consumindo 1 kW [21].

De seguida é apresentada a máquina descrita:



Fonte: <http://www.fitembal.pt/site/>

Fig. 12 – Máquina de Cintar

A seguinte figura mostra a disposição dos equipamentos na sala desmancha e preparação e embalagem que acabaram de ser descritos:

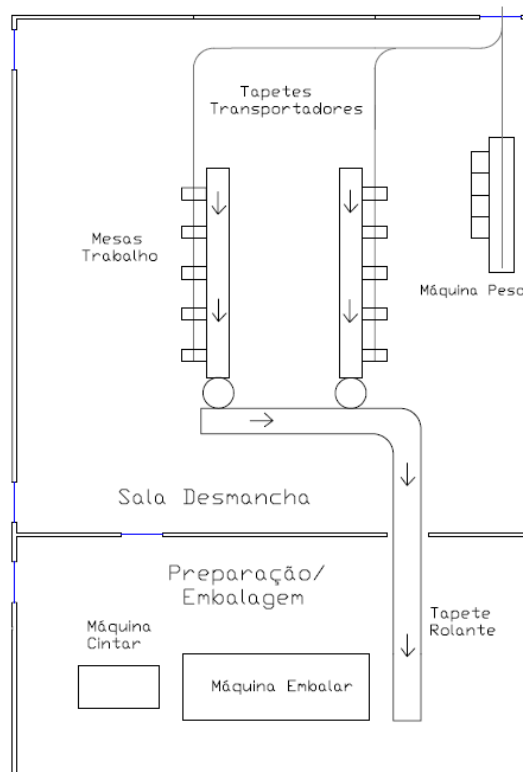


Fig.13 – Disposição dos equipamentos na sala desmancha e preparação e embalagem

### **4.5.3. Linha de Abate**

A linha de abate apresenta vários equipamentos, tais como:

- Máquina eléctrica de atordoamento: Tem como objectivo, atordoar o animal antes do abate, através de choques eléctricos;
- Facas para abate e sangria: O abate é efectuado com facas próprias. Após o abate dos caprinos, terão que ser abertos no ventre para se proceder à sangria;
- Máquina para corte dos cornos e membros;
- Máquina para corte de cabeças;
- Máquina para esfolar;
- Balança: Esta balança tem como objectivo pesar o caprino antes de entrar no túnel de arrefecimento.

### **4.5.4. Outros Equipamentos**

- Caldeira: Para proceder ao aquecimento de água, e encontra-se localizada na sala de máquinas;
- Máquina de jacto de água: Esta máquina é utilizada para efectuar a limpeza diária ao matadouro, e encontra-se na sala de máquinas.

## **4.6. Condições de projecto**

### **4.6.1. Características psicrométricas exteriores**

Com base no RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifício), obteve-se a temperatura exterior de projecto:

- Temperatura Exterior Seca: 34°C
- Temperatura Exterior Húmida: 18,8°C [24]
- Humidade Relativa: 20%
- Entalpia: 51,13 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,87 m<sup>3</sup>/kg

#### 4.6.2. Características psicrométricas interiores

Através da temperatura interior dos locais e da humidade relativa, e com base na carta psicrométrica, retirou-se outros parâmetros importantes que irão ser utilizados para o cálculo das cargas térmicas:

##### *Linha de abate*

- Temperatura interior: 28°C
- Humidade relativa: 40%
- Entalpia: 55,22 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,86 m<sup>3</sup>/kg

##### Espaços Refrigerados:

##### *Túnel arrefecimento de carcaças:*

- Temperatura interior: -8°C
- Humidade relativa: 80%
- Entalpia: - 4,25 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,75 m<sup>3</sup>/kg

##### *Câmara Maturação:*

- Temperatura interior: 4°C
- Humidade relativa: 80%
- Entalpia: 14,11 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,79 m<sup>3</sup>/kg

##### *Câmara Refrigeração*

- Temperatura interior: 4°C
- Humidade relativa: 80%
- Entalpia: 14,11 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,79 m<sup>3</sup>/kg

### *Câmara Suspeitos, Rejeitados, Tratamento Peles e Sub-Produtos*

- Temperatura interior: 4°C
- Humidade relativa: 80%
- Entalpia: 14,11 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,79 m<sup>3</sup>/kg

### Espaços Congelados

#### *Câmara Congelação*

- Temperatura interior: -20°C
- Humidade relativa: 85%
- Entalpia: -18,19 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,72 m<sup>3</sup>/kg

#### *Túnel Congelação*

- Temperatura interior: -35°C
- Humidade relativa: 85%
- Entalpia: -31,18 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,68 m<sup>3</sup>/kg

### Espaços Climatizados

#### *Sala Desmancha / Preparação e Embalagem:*

- Temperatura interior: 12°C
- Humidade relativa: 55%
- Entalpia: 23,01 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,81 m<sup>3</sup>/kg

#### *Área Circulação e Cais de Expedição*

- Temperatura interior: 15°C
- Humidade relativa: 60%
- Entalpia: 31,1 kJ/kg
- Volume Especifico: 0,82 m<sup>3</sup>/kg

#### 4.7. Cargas Térmicas da Instalação

Uma das fases principais no dimensionamento das instalações frigoríficas de um matadouro, é o cálculo das cargas térmicas a retirar dos espaços frigoríficos. Com base nestas cargas térmicas, são seleccionados todos os componentes necessários nesta instalação, tais como evaporadores, condensadores, compressores, válvulas, entre outros.

Os balanços térmicos existentes num matadouro industrial de caprinos dividem-se em duas categorias:

##### *Cargas Térmicas Externas*

- Cargas térmicas através das paredes, tecto e pavimento ( $Q_1$ )
- Cargas térmicas devidas à renovação do ar ( $Q_2$ )
- Cargas térmicas devida à abertura de portas ( $Q_3$ )

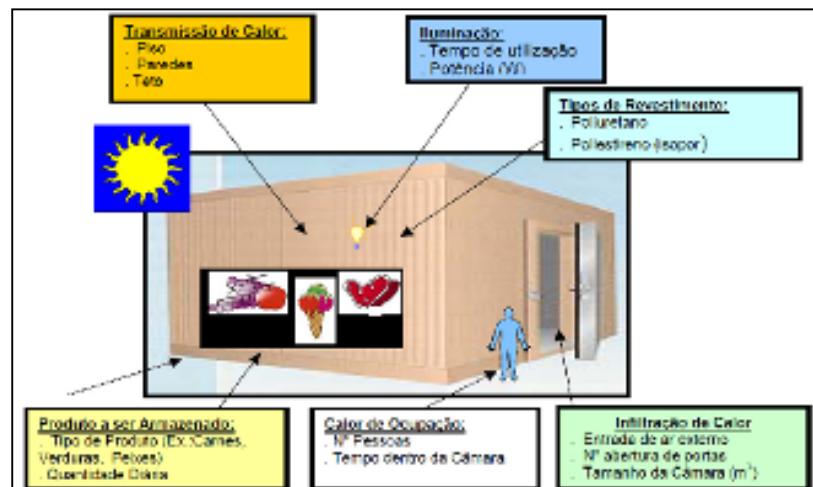
##### *Cargas Térmicas Internas*

###### Independentes dos produtos armazenados:

- Carga térmica devida à iluminação ( $Q_4$ )
- Carga térmica devida ao pessoal de estiva ( $Q_5$ )
- Carga térmica devida a empilhadores ( $Q_6$ )

###### Dependentes dos produtos armazenados:

- Carga térmica devida à temperatura de entrada do produto ( $Q_7$ )



Fonte: [www.ambientegeado.com.br/](http://www.ambientegeado.com.br/)

Fig.14 – Cargas térmica presentes numa câmara frigorífica

Os balanços térmicos de todos os espaços a refrigerar e a congelar, foram feitos segundo a metodologia a seguir apresentada.

Em relação aos espaços climatizados, o cálculo das cargas térmicas são efectuados com base no Software da “Centauro”.

A título de exemplo apresenta-se os detalhes dos cálculos das cargas térmicas para a câmara refrigeração, uma vez que os cálculos para os outros espaços frigoríficos são efectuados de forma semelhante.

#### 4.7.1. Cargas Térmicas Externas

##### **Cargas térmicas através das paredes, tecto e pavimento ( $Q_1$ )**

Para o cálculo desta carga térmica, é necessário ter em conta os tipos de transferência de calor: condução e convecção.

Com base na Lei de Fourier, que diz que há uma proporcionalidade entre o fluxo de energia  $q$  e o gradiente de temperatura [6], é possível determinar a transmissão de calor por condução:

$$\frac{q}{A} = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

Integrando esta expressão tem-se:

$$q = k.A.\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

- $q$  – Transferência de calor (Watt);
- $k$  – Condutividade térmica do material (W/m.°C);
- $A$  – Superfície da temperatura considerada (m<sup>2</sup>);
- $\Delta T$  – Diferença de temperatura entre as duas faces da parede considerada (°C);
- $\Delta x$  – Diferença de espessura entre as duas faces da parede considerada (m).

Em relação à transferência de calor por convecção a equação de Newton da transferência de calor da convecção diz que:

$$q = h.A.\Delta T$$

As duas expressões acima apresentadas (condução e convecção), podem ser generalizadas através da seguinte expressão:

$$Q = U.A.\Delta T$$

U é o coeficiente global de transmissão de calor. Esta é a equação que se usa para este tipo de cargas térmicas uma vez que tem em conta as transferências de calor por condução e convecção.

Sabe-se ainda que  $U = \frac{1}{R}$ , em que R é a resistência Térmica, sendo  $R = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_e}$ , e que:

- $\frac{1}{h_i}$ : Resistência térmica de convecção na superfície interna ( $m^2C/Watt$ );  $h_i=15$   
Watt/ $m^2C$
- $\sum \frac{\Delta x}{k}$ : Somatório das resistências térmicas de condução das diferentes camadas de materiais que constituem a parede ( $m^2C/Watt$ )
- $\frac{1}{h_e}$ : Resistência térmica de convecção na superfície externa ( $m^2C/Watt$ );  $h_e=30$   
Watt/ $m^2C$

#### Espessuras e condutividades térmicas das paredes, tectos e pavimento:

- *Paredes e tectos*: Isolamento com poliuretano de espessura 80mm (0,08m) para espaços refrigerados, e 150mm (0,150m) para espaços congelados, e com uma condutividade térmica de 0,022 Watt/ $m^2C$  [8].
- *Pavimento*: Isolamento com cortiça de espessura 150mm (0,150m) e com uma condutividade térmica de 0,035 Watt/ $m^2C$  [8].

Cálculo do coeficiente global de transmissão de calor:

*Paredes e Tectos:*

- Espaços Refrigerados – Espessura de isolamento: 0,08m

$$U = \frac{1}{R} \Rightarrow R = \frac{1}{h_i} + \frac{e_{pol.}}{k_{pol.}} + \frac{1}{h_e} = \frac{1}{15} + \frac{0,08}{0,022} + \frac{1}{30} = 3,74(m^2 \circ C / W) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow U = \frac{1}{3,74} = 0,268(W / m^2 \circ C)$$

- Espaços Congelados - Espessura de isolamento: 0,150m

$$U = \frac{1}{R} \Rightarrow R = \frac{1}{h_i} + \frac{e_{pol.}}{k_{pol.}} + \frac{1}{h_e} = \frac{1}{15} + \frac{0,150}{0,022} + \frac{1}{30} = 6,92(m^2 \circ C / W)$$

$$U = \frac{1}{6,92} = 0,145(W / m^2 \circ C)$$

*Pavimento:*

- Espaços Refrigerados e Congelados

$$U = \frac{1}{R} \Rightarrow R = \frac{1}{h_i} + \frac{e_{cortica}}{k_{cortica}} \Leftrightarrow R = \frac{1}{15} + \frac{0,150}{0,035} = 4,35(m^2 \circ C / W)$$

$$U = \frac{1}{4,35} = 0,23(W / m^2 \circ C)$$

Para o cálculo das cargas térmicas, considera-se que o pavimento está a uma temperatura de 15 °C, e o tecto está à temperatura de projecto que é de 34 °C.

### Carga Térmica na Câmara Refrigeração:

Para o cálculo desta carga térmica, são necessários os seguintes parâmetros:

**Tabela 6** – Parâmetros relativos às paredes, tecto e pavimento

	Paredes				Tecto	Chão
Área (m <sup>2</sup> )	<u>N</u>	<u>S</u>	<u>E</u>	<u>O</u>	192	192
	72	72	54	54		
T <sub>Ext.</sub> (°C)	15	-20	15	15	34	15
U (w/m <sup>2</sup> .°C)	0,268					0,23

Com base nestes valores é possível determinar a carga térmica pretendida:

$$Q_N = U \times A \times \Delta T = 0,268 \times 72 \times (15 - 4 - 8) = 211,97 \text{ W}$$

$$Q_S = U \times A \times \Delta T = 0,268 \times 72 \times (4 - (-20)) = 462,48 \text{ W}$$

$$Q_E = U \times A \times \Delta T = 0,268 \times 54 \times (15 - 4) = 158,98 \text{ W}$$

$$Q_O = U \times A \times \Delta T = 0,268 \times 54 \times (15 - 4) = 158,985 \text{ W}$$

$$Q_{Tecto} = U \times A \times \Delta T = 0,268 \times 192 \times (34 - 4) = 1541,61 \text{ W}$$

$$Q_{Chão} = U \times A \times \Delta T = 0,23 \times 192 \times (15 - 4) = 485,25 \text{ W}$$

$$Q_1 = Q_N + Q_S + Q_E + Q_O + Q_{Tecto} + Q_{Chão} = 3019,2661 \text{ W} = 3,019 \text{ kW}$$

A câmara refrigeração, apresenta uma carga térmica de 3,019 kW devido ao calor através das paredes, tecto e pavimento.

### **Cargas térmicas através da renovação do ar ( $Q_2$ ):**

A renovação de ar consiste na substituição de uma parte do ar do espaço frigorífico por ar exterior que deverá ser arrefecido desde a temperatura exterior até à temperatura interior. Para este cálculo utiliza-se a seguinte expressão [8]:

$$Q = m \cdot \Delta h$$

- $Q$  – Carga térmica devida à renovação de ar (W);
- $m$  – Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara (kg/s);
- $\Delta h$  – Diferença de entalpias entre o ar exterior e o ar da câmara frigorífica (kJ/kg).

Para o cálculo do caudal mássico, tem que se dividir o caudal volumétrico diário de ar exterior ( $m^3/\text{dia}$ ) pelo volume específico do ar exterior ( $m^3/\text{kg}$ ):

$$m = \frac{V_{\text{dia}}}{v \times 86400}$$

No entanto para saber o caudal volumétrico diário de ar exterior, é necessário determinar a taxa de renovação de ar exterior ( $n$ ). Esta taxa de renovação de ar depende da movimentação de produtos, máquinas e pessoas entre o exterior e o interior da câmara frigorífica, e do volume da câmara [8]. A fórmula a utilizar é a seguinte [8]:

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}}$$

O valor 70 na expressão da taxa de renovação de ar exterior é usado caso se trate uma movimentação normal, caso seja uma movimentação intensiva substituíam-se por 100. Desta forma, já é possível determinar o caudal volumétrico diário de ar exterior [8]:

$$V_{\text{dia}} = V \times n$$

### Carga Térmica da Câmara Refrigeração:

Em primeiro lugar calcula-se a taxa de renovação de ar (n), e de seguida o caudal volumétrico:

$$n = \frac{70}{\sqrt{16 \times 12 \times 4,5}} = 2,381$$

$$V_{dia} = 864 \times 2,381 = 2057,57 \text{ m}^3 / dia$$

Relativamente à temperatura exterior do ar, utiliza-se a temperatura onde estão as portas da câmara. Como as portas estão em contacto com a área circulação utiliza-se a temperatura exterior de 15°C. Caso as portas estivessem em contacto com temperaturas diferentes, efectuava-se uma média entre as duas.

De seguida é necessário calcular o caudal mássico:

$$m = \frac{2057,57}{0,82 \times 86400} = 0,02904 \text{ kg/s}$$

Desta forma já é possível calcular a carga térmica devido à renovação do ar:

$$Q_2 = m \cdot \Delta h = 0,02904 \times (31,1 \times 10^3 - 14,11 \times 10^3) = 493,424 \text{ W}$$

### Cargas térmicas através da abertura de portas (Q<sub>3</sub>):

Apesar se existir baixas cargas térmicas devido a abertura de portas, estas têm que ser contabilizadas. A fórmula a utilizar para este cálculo é a seguinte [8]:

$$Q = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{t_{ab}}{v_{int}} \times L \times H \times A \times C$$

A é um coeficiente que se calcula da seguinte maneira [8]:

$$A = (h_{ext} - h_{int}) \times \left( H \times \left( 1 - \frac{v_{int}}{v_{ext}} \right) \right)^{\frac{1}{2}}$$

- Q – Carga térmica devido à abertura de portas (W);
- $\Delta T$  – Diferença de temperatura entre as duas faces da porta (°C);
- $t_{ab}$  – tempo de abertura da porta (min/h);
- $v_{int}$  – Volume específico do ar interior (m<sup>3</sup>/kg);
- $v_{ext}$  – Volume específico do ar exterior (m<sup>3</sup>/kg);
- $h_{int}$  – Entalpia específica do ar interior (kJ/kg);
- $h_{ext}$  – Entalpia específica do ar exterior (kJ/kg);
- L – Largura da porta: 2 m;
- H – Altura da porta: 2,5 m;
- C – Coeficiente minorante devido à presença de cortina de ar ou lamelas.

Este coeficiente é 1 uma vez que se trata de portas sem cortina de ar ou lamelas. Caso contrário seria de 0,25.

Para este cálculo, é necessário determinar o tempo de abertura da porta ( $t_{ab}$ ), que depende da duração média da abertura das portas em minutos para permitir a passagem de uma tonelada de produto ( $d_{ton}$ ), e da quantidade de produto a armazenar em toneladas ( $f_d$ ), e é expresso em min/h [8]:

$$t_{ab} = d_t \times \frac{f_d}{24}$$

É de salientar ainda que a duração média da abertura das portas ( $d_{ton}$ ), depende do tipo de porta (abertura manual) e do tipo de produto (carcaças de animais suspensas ou produtos paletizados) [8]. A seguinte tabela mostra estes valores:

**Tabela 7** – Tempo de duração média de abertura de portas

Tipo Porta	Tipo Produto	Dt(min/ton)
Porta Abertura Manual	Carcaças de Animais Suspensos	15
	Produtos Paletizados	6
Porta Abertura Manual Automática	Carcaças de Animais Suspensos	1
	Produtos Paletizados	0,8

Fonte: U.C. Refrigeração

#### Carga Térmica na Câmara refrigeração:

Este cálculo será dividido em duas partes, uma vez que nesta câmara existem carcaças suspensas e produtos paletizadas, variando a duração média da abertura das portas. A temperatura exterior da câmara é de 15°C.

- *Carcaças Suspensas (C):*  $d_{ton} = 15 \text{ min/ton}$

Inicialmente calcula-se o tempo de abertura de portas. O fluxo diário de carcaças suspensas que entra na câmara são 3000Kg. Então o tempo de abertura de portas é:

$$t_{ab} = 15 \times \frac{3}{24} = 1,875 \text{ min/h}$$

De seguida, calcula-se o coeficiente A:

$$A = (31,1 - 14,11) \times \left( 2,5 \times \left( 1 - \frac{0,76}{0,82} \right) \right)^{\frac{1}{2}} = 7,266$$

Com base na expressão mais acima apresentada calcula-se a carga térmica desejada:

$$Q = 8 + (0,067 \times (15 - 4)) \times \frac{1,875}{0,76} \times 2 \times 2,5 \times 7,266 \times 1 = 58,063 \text{ W}$$

- *Produtos Paletizados (P):*  $d_{ton} = 6 \text{ min/ton}$

O fluxo diário de produtos paletizados é 3000 kg, com o seguinte tempo de abertura de portas:

$$t_{ab} = 6 \times \frac{3}{24} = 0,75 \text{ min/h}$$

O coeficiente A é o mesmo das carcaças suspensas, ou seja 7,266. Assim, apresenta a seguinte carga térmica:

$$Q = 8 + (0,067 \times (15 - 4)) \times \frac{0,75}{0,76} \times 2 \times 2,5 \times 7,266 \times 1 = 18,45 \text{ W}$$

A carga térmica total devido à abertura de portas é a soma destes dois valores:

$$Q_3 = 58,063 + 18,45 = 76,488 \text{ W}$$

#### 4.7.2. Cargas Térmicas Internas

##### *Cargas térmicas independentes dos produtos armazenados*

##### **Carga térmica devida à iluminação ( $Q_4$ ):**

Considerando que os espaços frigoríficos, apresentam uma carga térmica ( $q$ ) de 12  $W/m^2$ , a fórmula para este cálculo é a seguinte [8]:

$$Q = A_{tecto} \times q \times \frac{t}{h}$$

- $Q$  – Carga térmica devida à iluminação da câmara (W);
- $A$  – Área do tecto ( $m^2$ );
- $q$  – carga térmica das lâmpadas ( $W/m^2$ );
- $t$  – Tempo funcionamento de cada lâmpada (h);
- $h$  – Horas de funcionamento do local (h).

##### Carga Térmica na Câmara Refrigeração:

O tempo de funcionamento das lâmpadas e a área do tecto varia consoante o espaço frigorífico. Esta câmara tem uma área de tecto é de  $192m^2$ , apresentando a seguinte carga térmica:

$$Q_4 = 192 \times 12 \times \frac{12}{24} = 1152 W$$

### Carga térmica devida ao pessoal de estiva (Q<sub>5</sub>):

O pessoal de estiva presente nos espaços frigoríficos, libertam calor havendo necessidade de retirar esta carga térmica. A fórmula para este cálculo é a seguinte [8]:

$$Q = n \times q \times \frac{t}{h}$$

- Q – Carga térmica devida ao pessoal de estiva (W)
- n – Número de pessoas nas câmaras
- q – Calor libertado por cada pessoa (Watt)
- t – Tempo permanência na câmara (h)
- h – Horas de funcionamento do local (h)

### Carga Térmica na câmara refrigeração:

A câmara refrigeração tem 2 pessoas a trabalhar 2 horas por dia. Uma conduz o empilhador, e outra para ajuda na descarga e recolha das paletes. Relativamente ao calor libertado por cada pessoa, é necessários fazer interpolações, com base na seguinte tabela:

**Tabela 8** – Quantidade de calor libertado pelas pessoas

Temperatura na Câmara (°C)	Quantidade de calor libertado pelas pessoas (W)
+15	200
+5	240
0	270
-20	390
-25	420

*Fonte: U.C. Refrigeração*

Sabendo que a câmara de refrigeração tem uma temperatura de 4°C conclui-se que o calor libertado por cada pessoa é de 246 W.

Desta forma já é possível calcular a carga térmica desejada:

$$Q_5 = 8 \times 246 \times \frac{2}{24} = 41 W$$

O túnel de arrefecimento e câmara maturação não apresentam estiva.

### **Carga térmica devida a empilhadores (Q<sub>6</sub>):**

Os empilhadores e porta paletes, são equipamentos que libertam grande calor devido à sua potência [8]:

$$Q = n \times P \times \frac{t}{h}$$

- Q – Carga térmica devida aos empilhadores (Watt)
- n – Número de empilhadores
- P – Potência do empilhador (Watt)
- t – Tempo permanência na câmara (h)
- h – Horas de funcionamento do local (h)

Os empilhadores funcionam 2 horas por dia no respectivo local, e apresenta uma potência de 6kW. Esta carga térmica é igual em todos os espaços que utilizam empilhadores:

$$Q_6 = 1 \times 6000 \times \frac{2}{24} = 500 W$$

Não havendo estiva no túnel de arrefecimento e câmara maturação, não existem estas cargas térmicas.

### *Cargas térmicas dependentes dos produtos armazenados*

#### **Cargas térmicas devido à temperatura de entrada dos produtos (Q<sub>7</sub>):**

Os produtos de origem animal ou vegetal encontram-se na maioria das vezes a uma temperatura superior à temperatura do espaço frigorífico. Libertam uma quantidade de calor para que a sua temperatura fique em equilíbrio com a temperatura do espaço frigorífico, o que resulta uma elevada carga térmica [8].

Produtos Refrigerados:

$$Q = \frac{M \times C_{p1} \times (t_1 - t_2)}{86400}$$

- Q – Carga térmica dependente dos produtos armazenados (Watt);
- M – Massa do produto introduzido por dia (kg);
- C<sub>p1</sub> – Calor específico acima da temperatura de congelação (J/kg°C);
- t<sub>1</sub> – Temperatura inicial do produto a armazenar (°C);
- t<sub>2</sub> – Temperatura da câmara frigorífica de refrigerados (°C).

Produtos Congelados:

$$Q = \frac{m \times C_{p2} \times (t_4 - t_3)}{86400}$$

- C<sub>p2</sub> – Calor específico abaixo da temperatura de congelação (J/kg°C);
- t<sub>3</sub> – Temperatura do produto na entrada da câmara frigorífica de congelados (°C);
- t<sub>4</sub> – Temperatura da câmara frigorífica de congelados (°C).

### Carga Térmica na Câmara Refrigeração

Para o cálculo desejado, é necessário ter em conta os calores específicos acima e abaixo da temperatura de congelação [1]. Estes calores específicos vêm expressos em kcal, pelo que tem que se passar para kJ/kg:

$$C_{p1} = 0,73 \text{ kcal} \times 4,18 = 3,0514 \text{ kJ} / \text{kg} = 3051,4 \text{ J} / \text{kg}$$

$$C_{p2} = 0,41 \text{ kcal} \times 4,18 = 1,71380 \text{ kJ} / \text{kg} = 1713,8 \text{ J} / \text{kg}$$

Para o cálculo da carga térmica pretendida, é necessário ainda saber os seguintes valores:

- $M = 6000 \text{ kg}$ ;
- $t_1 = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- $t_2 = 4^\circ\text{C}$

Com estes valores, obteve-se a seguinte carga térmica:

$$Q_7 = \frac{60000 \times 3051,4 \times (4 - 4)}{86400} = 0 \text{ W}$$

Esta carga térmica é nula, pois as carcaças abandonam a câmara maturação a  $4^\circ\text{C}$ . Como a câmara refrigeração encontra-se a  $4^\circ\text{C}$ , então esta carga térmica não tem influência.

A soma de todas as cargas térmicas calculadas anteriormente denomina-se de carga térmica intermédia, ou seja, é a carga térmica a ser removida de cada local. Seguindo o exemplo da câmara refrigeração, apresenta-se a seguinte carga intermédia:

$$Q_{int.} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = 52763,754 \text{ W} = 5,28 \text{ kW}$$

As cargas térmicas das câmaras de suspeitos, rejeitados, câmara de tratamento de peles e câmara sub-produtos são as mesmas, devido à temperatura ser igual, e de terem dimensões e capacidades semelhantes. No anexo das cargas térmicas, surge apenas a câmara suspeitos, mas os valores são relativos aos 4 espaços referidos.

### 4.7.3. Potência Intermédia e Potência Previsional

A potência intermédia fornece a potência que os evaporadores deverão assegurar para conseguir retirar as cargas térmicas calculadas. No entanto os compressores não trabalham o dia todo pois necessitam de parar para efectuar a sua descongelação, então:

Para a câmara de refrigerados os compressores deverão funcionar 18h, ou seja:

$$P_{\text{int}} = \frac{Q_{\text{int}} \times 24}{18}$$

Para a câmara de congelados os compressores deverão funcionar 16 horas, ou seja:

$$P_{\text{int}} = \frac{Q_{\text{int}} \times 24}{16}$$

A câmara de refrigeração é um espaço refrigerado, então apresenta a seguinte potência intermédia:

$$P_{\text{int}} = \frac{Q_{\text{int.}} \times 24}{18} = \frac{5,28 \times 24}{18} = 7,04 \text{ kW}$$

No entanto, existem factores que se deve ter em conta no cálculo das cargas térmicas, que são os motores dos ventiladores e as resistências de descongelação. Por esta razão acresce-se 20% às cargas térmicas calculadas, denominando-se esta potência como potência previsional.

Por uma questão de segurança acrescenta-se mais 10%, de forma a instalação não ficar dimensionada no limite, então:

$$P_{\text{Prev}} = P_{\text{Int.}} \times 1,2 \times 1,1$$

A câmara de refrigeração apresenta a seguinte potência previsional:

$$P_{\text{Prev}} = 7,04 \times 1,2 \times 1,1 = 9,3 \text{ kW}$$

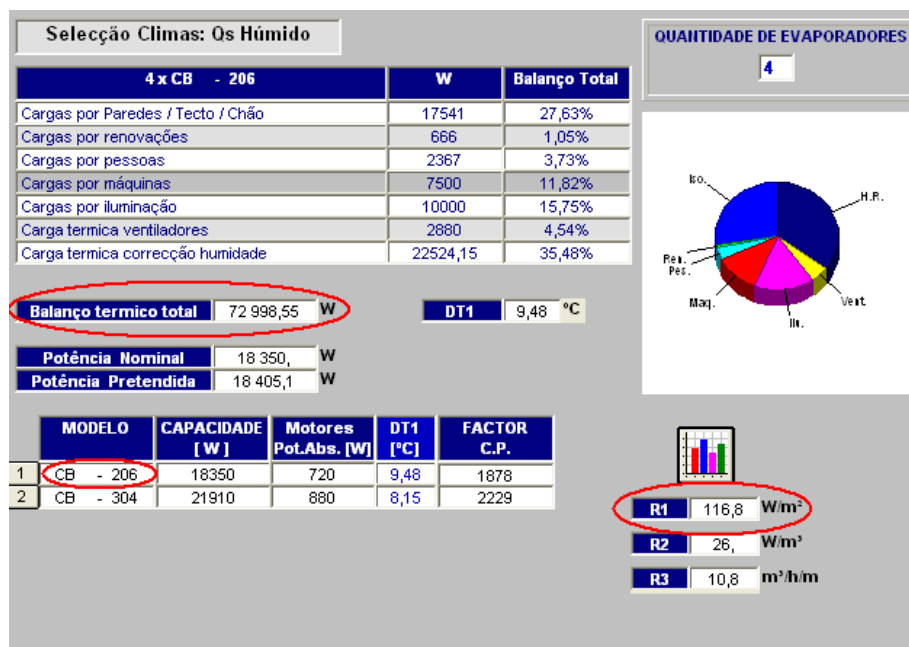
No anexo II – Cargas Térmicas e Respectivas Potências, encontra-se tabelas com as cargas térmicas e as potências de todos os espaços frigoríficos.

#### 4.7.4. Cargas térmicas dos espaços climatizados

##### Sala Desmancha

As cargas térmicas de uma sala de desmancha andam à volta dos 100 a 120 W/m<sup>2</sup> [2]. No entanto, este valor pode ser confirmado, através do software da “Centauro”. Para tal, é necessário ter em conta os seguintes parâmetros:

- Dimensões do local: 25 x 25 x 4,5 m;
- Temperatura Interior: 12 °C;
- Temperatura exterior de projecto: 34 °C;
- Tipo e espessura de isolamento: Poliuretano com 50 mm de espessura;
- Número de pessoas: 10;
- Humidade relativa: 55 %;
- Potência das máquinas: 15 kW



Fonte: Software “Centauro”

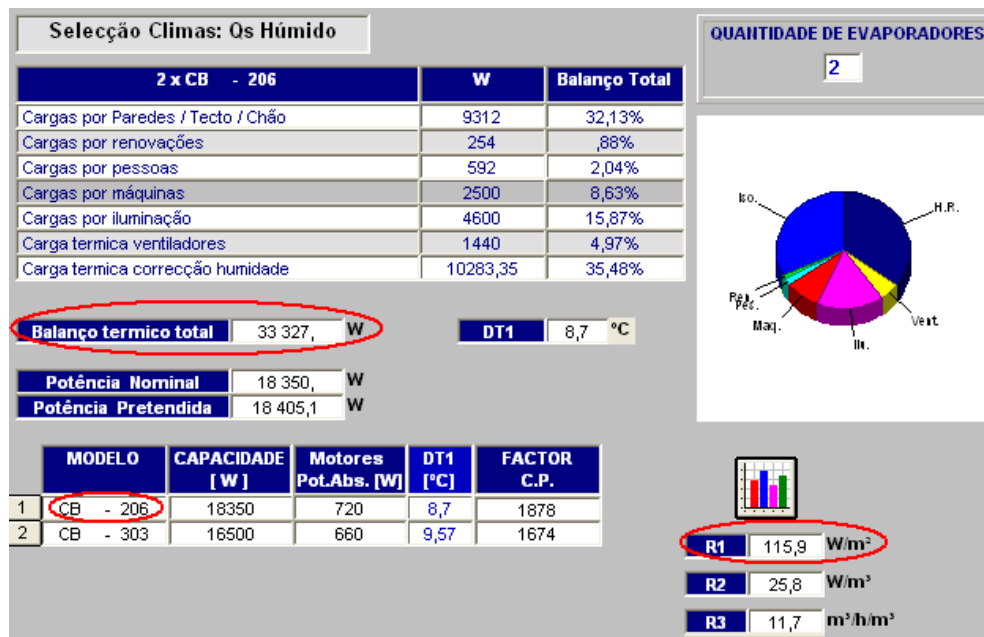
Fig. 15 – Cargas térmicas da sala desmancha

A carga térmica a retirar da sala de desmancha é de 72,99 kW. Conclui-se que a carga térmica a retirar por m<sup>2</sup> é de 116,8 W/m<sup>2</sup> o que satisfaz o intervalo mais acima descrito. A figura, descreve também o valor de cada carga térmica a retirar do local.

## Preparação e Embalagem

Os cálculos destas cargas térmicas são semelhantes aos da sala de desmancha:

- Dimensões do local: 25 x 11,5 x 4,5 m;
- Temperatura Interior: 12 °C;
- Temperatura exterior de projecto: 34 °C;
- Tipo e espessura de isolamento: Poliuretano com 50mm de espessura;
- Humidade relativa: 55 %;
- Número de pessoas: 3;
- Potência das máquinas: 6 kW



Fonte: Software "Centauro"

Fig. 16 – Cargas térmicas da Preparação e Embalagem

Através do software conclui-se que a carga térmica a retirar é de 33,27 kW. O valor determinado em  $W/m^2$  é de 115,9 sendo que está dentro do intervalo acima referido (100 – 120  $W/m^2$ ).

### Área circulação e Cais Expedição:

As cargas térmicas da área de circulação e cais de expedição, não podem ser determinadas com base no Software da “Centaurus”, pois não se trata de locais próprios para trabalhar.

Assim, considera-se que as cargas térmicas a retirar destes locais variam entre os 80 e 100 w/m<sup>2</sup> [2]. Desta forma é utilizado um valor médio, 90 w/m<sup>2</sup>. Este valor já contabiliza os coeficientes de segurança, bem como os motores dos ventiladores e resistência de descongelação. As cargas térmicas a retirar destes locais são as seguintes:

- Área Circulação: 380 m<sup>2</sup> – Carga Térmica: 380 x 90 = 34200 W ≈ 35 kW
- Cais Expedição: 231 m<sup>2</sup> – Carga Térmica: 234 x 90 = 21060 W ≈ 22 kW

#### **4.7.5. Potências frigoríficas finais dos espaços frigoríficos**

De seguida estão expressas as potências frigoríficas finais:

##### Espaços Refrigerados:

- Túnel Arrefecimento Carcaças: 40,9 kW
- Câmara Maturação: 5,4 kW
- Câmara Refrigeração: 9,3 kW
- Câmara Suspeitos: 4 kW
- Câmara Rejeitados: 4 kW
- Câmara Tratamento Peles: 4 kW
- Câmara Sub-Produtos: 4 kW

##### Espaços Congelados:

- Câmara Congelação: 23,2 kW
- Túnel Congelação: 28,3 kW

#### Espaços Climatizados:

- Sala Desmancha: 73kW
- Preparação e Embalagem: 33,3kW
- Área Circulação: 35kW
- Cais Expedição: 22 kW

É com base nestes valores, que se selecciona os evaporadores, e por conseguinte os restantes componentes.

#### **4.8. Descrição da instalação frigorífica**

A instalação frigorífica, é constituída por todos os espaços já descritos mais atrás. Estes locais, quer sejam refrigerados, congelados ou climatizados, apresentam controlo de temperatura que é efectuado através de ciclos de expansão directa.

A instalação apresenta 10 ciclos de expansão directa com as seguintes características:

**Tabela 9** – Grupos frigoríficos da instalação

<b>Local</b>	<b>Regime Funcionamento</b>	<b>Fluido Frigorígeno</b>
Túnel de arrefecimento	- 14 / + 45 °C	R404A
Câmara Maturação e Câmara Refrigeração	- 4 / + 45 °C	R134a
Câmara Suspeitos	- 4 / + 45 °C	R134a
Câmara Rejeitados	- 4 / + 45 °C	R134a
Câmara Tratamento Peles	- 4 / + 45 °C	R134a
Câmara Sub-produtos M3	- 4 / + 45 °C	R134a
Câmara Congelação	- 25 / + 45 °C	R404A
Túnel congelação	- 40 / + 45 °C	R404A
Sala Desmancha e Preparação / Embalagem	0 / + 45 °C	R134a
Área Circulação e Cais Expedição	3 / + 45 °C	R134a

#### 4.8.1. Fluido frigorígeno

O fluido frigorígeno é o elemento de transporte de energia num sistema frigorífico, cujas características termodinâmicas permitem através de fenómenos de mudança de estado, evaporação e condensação, absorver calores a baixas temperaturas e pressões e a perder ou permutar calor a altas temperaturas e pressões [7].

A instalação frigorífica, é composta por dois fluidos frigorígenos distintos:

- R134a para espaços refrigerados e climatizados
- R404a para espaços congelados

##### Fluido frigorígeno R134 a:

Este fluido frigorígeno é um fluido à base de hidrofluorcarboneto (HCFC) e é apropriado para ciclos com temperaturas de evaporação médias / altas, e que podem ir de  $-12^{\circ}$  a  $12^{\circ}$  C [16]. Este fluido veio substituir o R-12 em sistemas de refrigeração.

Este fluido apresenta várias características [16] tais como:

- Não ataca a camada do ozono;
- Não é tóxico em baixas concentrações;
- Não é inflamável;
- Não é explosivo;
- Não é corrosivo;
- Absorve a humidade rapidamente;
- Não ataca os metais;
- A temperatura de descarga do compressor é significativamente mais baixa quando comparada à do R-12.

Todos os locais refrigerados e climatizados da instalação utilizam este fluido, à excepção do túnel de arrefecimento que tem uma temperatura de evaporação muito baixa ( $-14^{\circ}$ C). Então para o túnel de arrefecimento utiliza-se o R404 a.

### Fluido frigorigénio R404A:

Este fluido frigorigénio é um fluido refrigerante à base de hidrofluorcarboneto (HFC), e é apropriado para ciclos com temperaturas de evaporação bastantes baixas, ou seja, para espaços congelados [16]. Este fluido veio substituir o R-502 em equipamentos com baixas temperaturas de evaporação. Apresenta as seguintes características [16]:

- Não é tóxico em baixas concentrações;
- Não é inflamável;
- Não é explosivo,
- A sua temperatura de descarga possibilita o prolongamento da vida útil do compressor.

Este fluido é utilizado na câmara, túnel de congelação, e no túnel de arrefecimento.

No anexo III - Características Termodinâmicas dos Fluidos Frigorigénios, encontra-se as características termodinâmicas dos referidos fluidos.

#### **4.8.2. Evaporadores**

Todos os grupos frigoríficos, mencionados atrás, têm evaporadores de expansão directa, com tubos em cobre, alhetas em alumínio e protecção também em alumínio. A instalação tem um total de 26 evaporadores, e são instalados no interior dos respectivos locais.

Os evaporadores são equipados com ventiladores helicoidais com motores eléctricos de uma velocidade, em equilíbrio com a potência do grupo compressor.

Quanto ao número de evaporadores a colocar em cada local, é necessário ter em conta, que estes têm que distribuir o ar por todo o local.

Os evaporadores dos espaços climatizados são de duplo fluxo sendo que são instalados no tecto.

O funcionamento dos evaporadores em regime é comandado por termóstato, com bolbo localizado junto da aspiração dos evaporadores.

A descongelação dos evaporadores será realizada automaticamente por resistências eléctricas. A tubagem de recolha da água de descongelação será aquecida por meio de resistências eléctricas em fita enrolada nos tubos. Estas resistências estarão continuamente sob tensão.

Em relação à selecção dos evaporadores utilizou-se o Software da “Centaurus”, tendo em conta os seguintes parâmetros:

- Carga térmica a retirar (kW)
- Temperatura do espaço frigorífico (°C);
- Fluido frigorígeno;
- Espaçamento entre alheta (mm);
- Diferença média de temperatura (Dtm)
- Tipo de descongelação (Eléctrica)

Existe um factor importante, na selecção dos evaporadores que é a projecção de ar. Em relação às câmaras de refrigeração e congelação, os evaporadores terão capacidades frigoríficas superiores às necessárias, uma vez que a projecção de ar, iria ser inferior à largura da câmara. Então para estes dois locais terem evaporadores com a projecção de ar necessário teve que se sobredimensionar os mesmos.

De seguida, seleccionou-se os evaporadores, capazes de retirar as cargas térmicas calculadas mais atrás, com as seguintes potências frigoríficas:

**Tabela 10 – Potência Frigoríficas dos Evaporadores**

<b>Localização</b>	<b>Nº Evap.</b>	<b>Pot. Frig. Evap. (kW)</b>	<b>Pot. Total Evap. (kW)</b>
Túnel de arrefecimento	3	19,7	59,1
Câmara Maturação	2	2,86	5,72
Câmara Refrigeração	2	6,98	13,96
Câmara Suspeitos, Rejeitados, Trat. Peles e Sub-Prod.	4	4,44	4,44
Câmara Congelação	2	14,72	29,44
Túnel congelação	1	37,31	37,31
Sala Desmancha	4	18,77	75
Preparação e Embalagem	2	18,77	37,5
Área Circulação	4	9,05	36,2
Cais Expedição	2	12,42	24,84

### 4.8.3. Compressores

A instalação tem um total de 13 compressores. Estes equipamentos localizam-se na sala de máquinas. No entanto os compressores dos grupos frigoríficos com potências frigoríficas baixas, como é o caso da câmara de suspeitos, rejeitados, tratamento peles e sub-produtos, são instalados por cima do respectivo espaço.

Na instalação são utilizados 12 compressores semi-herméticos. Nestes compressores, o motor e o compressor encontram-se acoplados e ambos encerrados por invólucro metálico selado.

Para o túnel de congelação, uma vez que tem temperatura de evaporação muito baixa será utilizado um compressor do tipo parafuso.

Estes compressores têm os seguintes elementos de protecção:

- Pressostato de alta e baixa pressão;
- Pressostato diferencial de óleo;
- Separador de óleo de grande capacidade,
- Válvula de retenção na descarga e válvulas de passagem na sucção e descarga;
- Manómetro de aspiração, descarga e pressão de óleo.

A selecção dos compressores, é feita com base na potência dos respectivos evaporadores. Para tal utilizou-se o software da “Bitzer”, e teve-se em conta os seguintes parâmetros:

- Fluido frigorígeno;
- Capacidade frigorífica do evaporador;
- Temperatura Evaporação;
- Temperatura Condensação.

Com base nestes parâmetros, obteve-se as seguintes capacidades frigoríficas dos compressores:

**Tabela11** – Potências frigoríficas dos compressores

Local a que se destina	Pot. Frig. (kW)
Túnel de arrefecimento	66
Câmara Maturação	5,8
Câmara Refrigeração	16,69
Câmara Suspeitos, Rejeitados, Trat. Peles, Sub-Prod. (4 Compressores)	5,1
Câmara Congelação	32,8
Túnel congelação	49
Sala Desmancha	85,9
Preparação Embalagem	30,8
Área Circulação	40,6
Cais Expedição	26,4

#### 4.8.4. Condensadores

Todos os grupos frigoríficos, possuem um condensador. São instalados no exterior da sala de máquinas, à excepção da câmara suspeitos, rejeitados, tratamento peles e subprodutos, que localizam-se por cima do respectivo espaço.

Os condensadores da instalação são a ar, com alhetas em alumínio e com ventiladores axiais.

Em relação á potência frigorífica e selecção dos condensadores, é necessário ter em conta dois parâmetros: a potência frigorífica do compressor, e a potência absorvida do mesmo. Em relação a este segundo parâmetro, existe uma tabela da “Centaurus”, que em função da temperatura de evaporação, temperatura de condensação e do tipo de compressor, retira-se o factor de correcção ( $F_C$ ), factor este que contabiliza a potência absorvida do compressor.

**Tabela 12** – Factores de correcção dos condensadores

Temp. evaporação Evaporating Temp. [°C]	Factor "FR" - "FR" Factor														
	TEMPERATURA CONDENSACÃO / CONDENSING TEMPERATURE [°C]														
	+35			+40			+45			+50			+55		
	Herm	Aber.	Sem.	Herm	Aber.	Sem.	Herm	Aber.	Sem.	Herm	Aber.	Sem.	Herm	Aber.	Sem.
	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open
5	1,26	1,20	1,22	1,30	1,23	1,26	1,35	1,27	1,31	1,41	1,32	1,37	1,48	1,38	1,44
0	1,31	1,23	1,26	1,35	1,27	1,30	1,40	1,31	1,35	1,47	1,36	1,42	1,55	1,43	1,49
-5	1,36	1,26	1,30	1,41	1,30	1,34	1,47	1,35	1,40	1,55	1,41	1,47	1,64	1,48	1,55
-10	1,43	1,30	1,34	1,49	1,35	1,39	1,56	1,40	1,45	1,65	1,46	1,52	1,76	1,55	1,61
-15	1,52	1,34	1,39	1,59	1,39	1,44	1,67	1,45	1,51	1,77	1,52	1,59	1,90	1,62	1,68
-20	1,64	1,39	1,44	1,71	1,44	1,50	1,80	1,51	1,57	1,91	1,60	1,66	2,01	--	--
-25	1,68	1,44	1,50	1,76	1,51	1,56	1,86	1,58	1,64	1,98	1,68	1,73	2,11	--	--
-30	1,75	1,51	1,57	1,84	1,58	1,64	1,95	1,67	1,72	2,08	1,79	1,82	2,21	--	--
-35	1,83	1,58	1,65	1,92	1,67	1,73	2,04	1,79	1,82	2,18	1,94	1,93	2,32	--	--

Herm - Hermético / Hermetic

Sem- Semi Hermético - Semi Hermetic

Fonte: Catálogos da Centaurus

Este factor de correcção é multiplicado pela potência frigorífica do compressor, obtendo-se a potência frigorífica do condensador:

$$P_{Cond} = F_C \times P_{Compressor}$$

A selecção dos condensadores, é efectuada com base no Software da “Centaurus”, tendo em conta os seguintes parâmetros:

- Calor total rejeitado (CTR) - Potência frigorífica do compressor e respectiva potência absorvida
- Fluido frigorígeno;
- Ar entrada nas câmaras;

De seguida são apresentadas as potências frigoríficas dos condensadores:

**Tabela 13** – Potência frigorífica dos condensadores

Local a que se destina	Factor Correção	Pot. Cond. (kW)	Pot. Cond Sel. (kW)
Túnel de Arrefecimento	1,5	99	101,18
Câmara Maturação e Refrigeração	1,39	31,26	33,73
Câmara Suspeitos, Rejeitados, Trat. Peles, Sub-Prod. (4 Condensadores)	1,39	7,1	7,15
Câmara Congelação	1,64	53,79	54,15
Túnel congelação	1,85	90,95	93,48
Sala Desmancha e Preparação / Embalagem	1,35	157,5	168,63
Área Circulação e Cais Expedição	1,33	89,11	93,48

#### 4.8.5. Tubagens

Todas as tubagens da instalação são em tubo de cobre electrolítico. As soldaduras são efectuadas a solda de cobre fosforoso.

As linhas de retorno são isoladas com mangas de cloreto de polivinilo de 30 mm de espessura e barreira ao vapor incorporada. A execução do isolamento da tubagem apresenta a seguinte metodologia:

- Introdução e colagem das mangas de cloreto de polivinilo;
- Reforço da colagem do isolante com cinta plástica;
- Acabamento final com pintura com cor normalizada.

O dimensionamento das tubagens, é efectuado com base em ábacos da “DUPONT Refrigeration”, através dos seguintes parâmetros:

- Potência do evaporador, ou evaporadores, consoante o troço que se está a calcular;
- Temperatura Evaporação e Condensação;
- Velocidade de escoamento.

As velocidades de escoamento, variam consoante as linhas de tubagens que se está a calcular:

**Tabela 14 – Velocidades de escoamento**

<b>Linha</b>	<b>Local da linha</b>	<b>Velocidade</b>
Aspiração	Antes do compressor	10
Descarga	Depois do compressor	6
Líquido	Depois do depósito de líquido	0,5
Dreno	Entre o condensador e o depósito de líquido	0,5

*Fonte: [http://www2.dupont.com/Refrigerants/en\\_US/](http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/)*

As tubagens de aspiração, são dimensionadas através da temperatura de evaporação, enquanto as tubagens de descarga são com base na temperatura de condensação.

Em todas as tubagens, é necessário calcular ainda as perdas de carga. Para tal são utilizados os seguintes parâmetros:

- Potência do evaporador, ou evaporadores, consoante o troço que se está a calcular;
- Regime de funcionamento;
- Diâmetro da tubagem do troço em questão.

Existem valores máximos de perdas de carga por metro linear, consoante a linha que se trata:

- Tubagem de aspiração: 0,15 kPa/m
- Tubagem de descarga: 0,2 kPa/m
- Tubagem de líquido: 0,25kPa/m

As perdas de carga na tubagem os valores admissíveis são:

- Tubagem de aspiração: 0,150 bar (15 kPa)
- Tubagem de descarga: 0,180 bar (18 kPa)
- Tubagem de líquido: 0,320 bar (32 kPa)

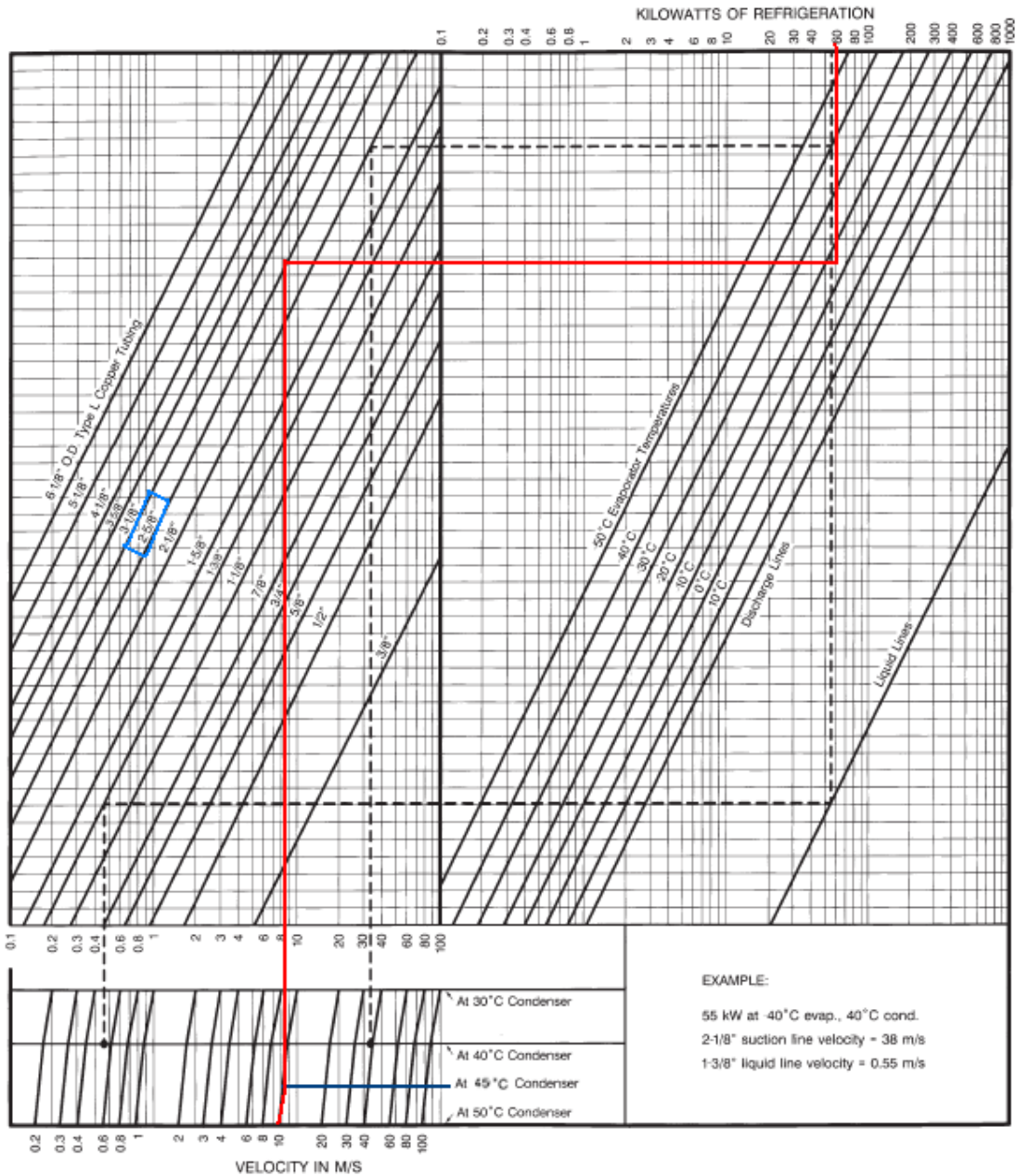
Caso as perdas de carga ultrapassem os valores admissíveis, escolhe-se a tubagem acima da inicialmente seleccionada.

Os ábacos para o dimensionamento das tubagens e perdas de carga dos locais que utilizam o fluido R134a, encontram-se no anexo IV - Ábaco das tubagens e perdas de carga para o fluido R134a.

A título de exemplo, é dimensionada a tubagem de aspiração e a respectiva perda de carga do túnel de arrefecimento (R404A). As restantes tubagens seguem todo o mesmo raciocínio.

Dados necessários para o dimensionamento da tubagem de aspiração do túnel arrefecimento:

- Potência Evaporador: 60 kW
- Temperatura Evaporação: -14°C
- Temperatura Condensação: 45°C
- Velocidade: 10 m/s



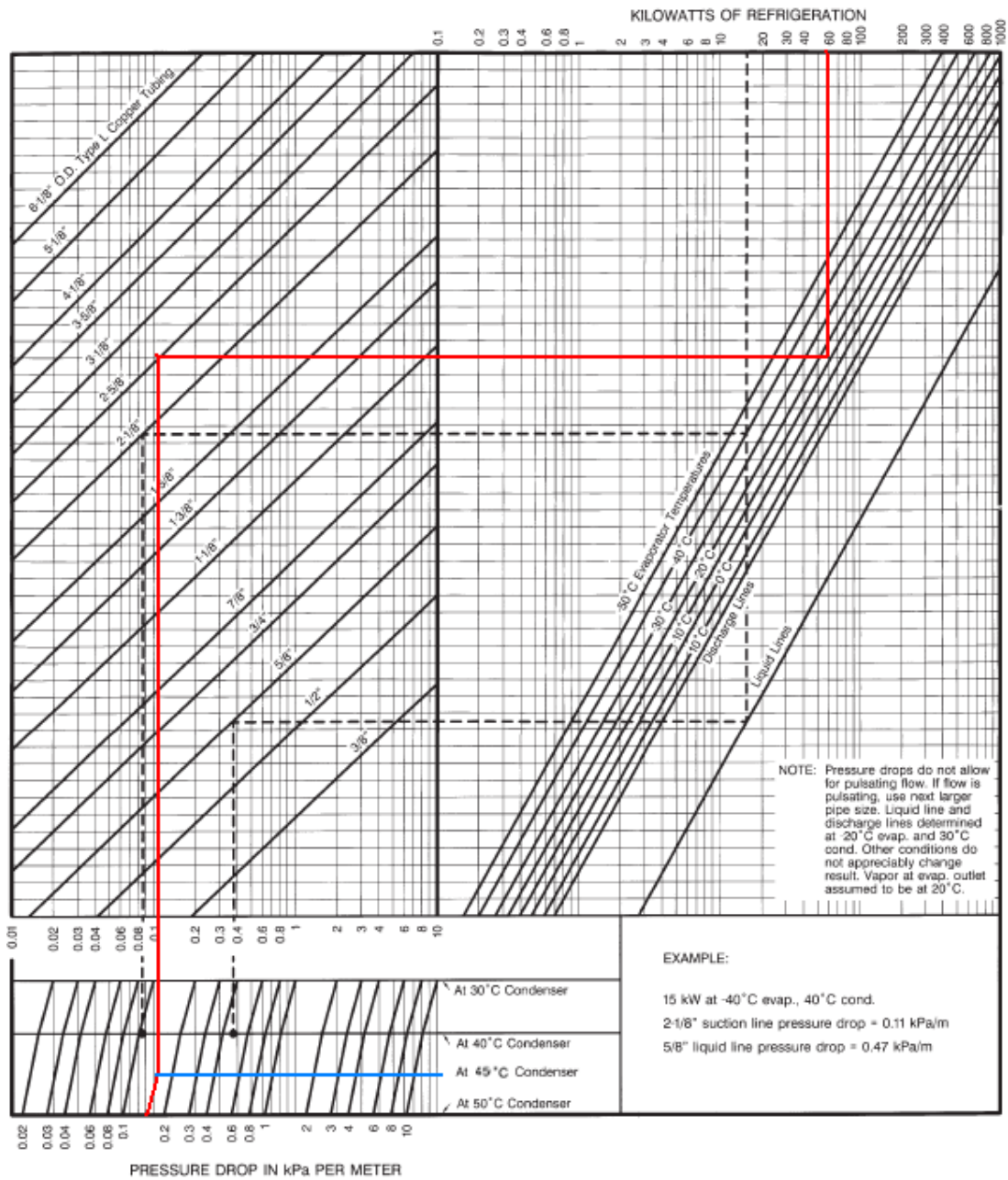
Fonte: [http://www2.dupont.com/Refrigerants/en\\_US/](http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/)

Fig.17 – Ábaco para o dimensionamento das tubagens (R404A)

Através do ábaco conclui-se que o diâmetro da tubagem é de **2-5/8"**.

De seguida é calculado a perda de carga para este diâmetro. Para tal são necessários os seguintes parâmetros:

- Potência Evaporador: 60 kW
- Temperatura Evaporação: -14°C
- Temperatura Condensação: 45°C
- Diâmetro: 2-5/8"



Fonte: [http://www2.dupont.com/Refrigerants/en\\_US/](http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/)

Fig.18 – Ábaco para o dimensionamento das perdas de carga (R404A)

A perda de carga é de 0,16 kPa/m. Como este valor ultrapassa o valor admissível tem que se aumentar a tubagem para o diâmetro seguinte, que é de 3-1/8”.

Com este diâmetro a perda de carga é 0,07 kPa/m, o que não ultrapassa o valor de perda de carga admissível.

No anexo V – Dimensionamento de tubagens e perdas de carga, encontra-se o dimensionamento e perdas de carga detalhado de todos os espaços frigoríficos.

Através do desenho nº4 que se encontra no anexo I – Lista de desenhos, retira-se o comprimento da tubagem de aspiração do túnel de arrefecimento que é 44 metros.

Assim a perda de carga na tubagem é:  $44 \times 0,07 = 3,08 \text{ kPa} = 0,0308 \text{ bar}$ . Este valor não ultrapassa o valor admissível. Assim, conclui-se que o diâmetro da tubagem de aspiração é 3-1/8”.

Nos desenhos nº 4 e 5 do Anexo I – Lista de desenhos, encontram-se as tubagens dimensionadas em todos os locais.

#### Calculo das perdas de carga da instalação

Com base no Anexo V - Dimensionamento de tubagens e perdas de carga, é possível determinar as perdas de carga totais nas tubagens:

- Perda de carga dos espaços refrigerados: 58,05 kPa;
- Perda de carga dos espaços congelados: 19,9 kPa;
- Perda de carga dos espaços climatizados: 51,17 kPa;

A instalação terá no total uma perda de carga nas tubagens de 122,22 kPa. No entanto, deve-se contabilizar as perdas de carga em todos os acessórios (válvulas, etc) e nas curvas das tubagens. Assim, para se obter as perdas de carga totais da instalação, incrementa-se 50% do valor obtido, o que totaliza 183,33 kPa.

#### 4.8.6. Válvulas

Todos os ciclos frigoríficos, apresentam vários tipos de válvulas, sendo estas soldadas às suas respectivas tubagens.

De seguida são descritas todas as válvulas utilizadas na instalação.

##### Válvulas de expansão termostáticas

A instalação tem no total 26 válvulas termostáticas. Estas válvulas situam-se na linha de líquido, à entrada do evaporador. As válvulas seleccionadas são da marca “Danfoss”. Este tipo de válvulas suporta uma ampla faixa de temperaturas que pode atingir uma gama de temperaturas de - 60°C a + 50°C. Podem ser utilizadas, em espaços refrigerados, congelados e climatizados.

A selecção destas válvulas, é efectuada com base nos seguintes parâmetros:

- Fluido frigorigénio;
- Capacidade do evaporador;
- Temperatura de evaporação;
- Temperatura condensação;
- Temperatura da linha de líquido (35°C);
- Perda de carga;
- Diâmetro de ligação (Semelhante à tubagem de líquido à entrada do evaporador).

##### Válvulas solenoides

Serão instaladas 26 válvulas eléctricas da marca “Danfoss”. Estas situam-se na linha de líquido, à entrada de cada evaporador.

A selecção destas válvulas é efectuada através dos seguintes parâmetros:

- Fluido frigorigénio;
- Capacidade do evaporador;
- Temperatura de evaporação
- Temperatura de condensação;
- Temperatura de linha de líquido (35°C)

### Válvulas de retenção

Serão instaladas 13 válvulas de retenção da marca “Danfoss”, sendo localizadas a jusante dos compressores, ou seja, na linha de descarga.

Estas válvulas são seleccionadas de acordo com o diâmetro da tubagem.

### Válvulas de corte

Estas válvulas situam-se a montante e jusante dos compressores, depósitos de líquido e filtros. Existe ainda uma válvula de corte no colector de aspiração dos dois compressores, no caso de haver dois locais ligados no mesmo grupo frigorífico que podem prestar socorro mutuo em caso de avaria.

Estas válvulas são da marca “Danfoss”, e a sua selecção é efectuada com base no diâmetro de ligação da válvula.

#### **4.8.7. Depósitos de líquido**

Cada ciclo frigorífico tem um depósito de líquido, equipados com válvulas de corte e um purgador de ar. Estes depósitos são horizontais e encontram-se dentro da sala de máquinas.

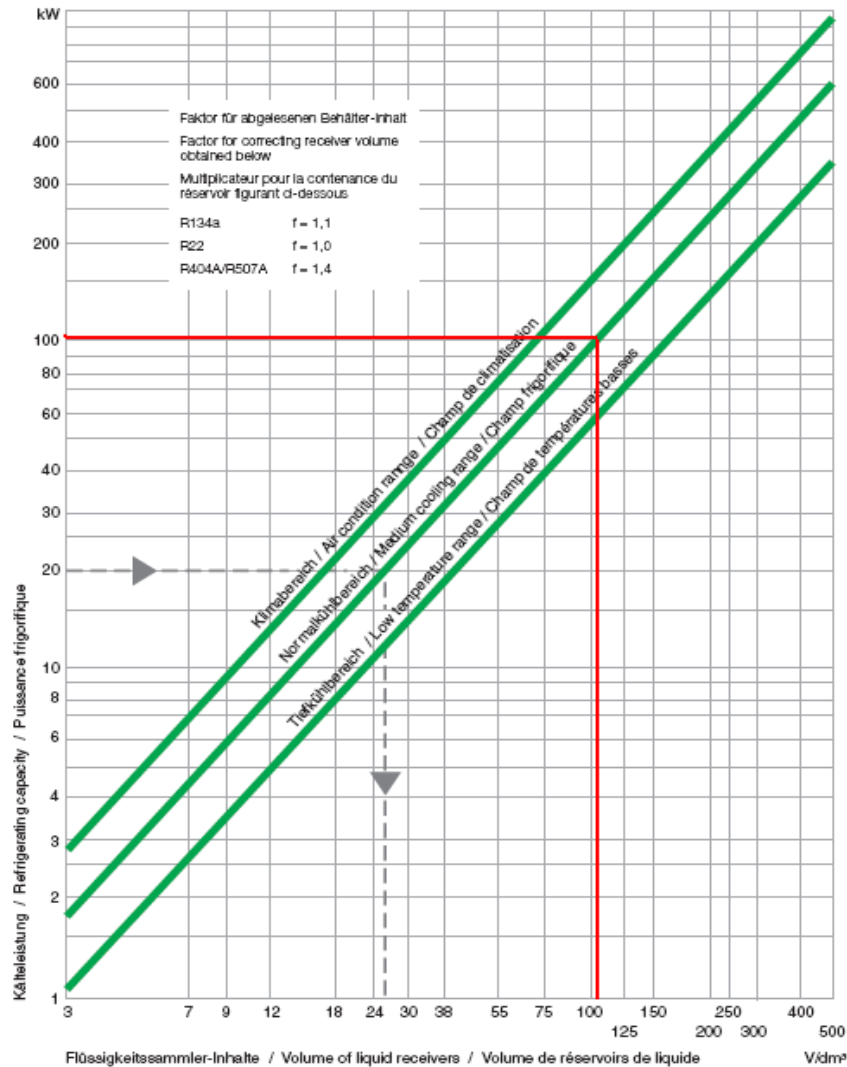
A sua selecção é feita através de um ábaco da “Bitzer”, tendo em conta os seguintes parâmetros:

- Capacidade do condensador;
- Natureza do local – Congelado, Refrigerado ou climatizado;
- Fluido frigorígeno.

Através destes parâmetros e com base no ábaco da “Bitzer”, selecciona-se a capacidade do depósito em  $\text{dm}^3$ . A esta capacidade, terá que se multiplicar um factor de correcção que depende do tipo de fluido.

A título de exemplo, será de seguida seleccionado o depósito para o túnel de arrefecimento de carcaças.

- Capacidade do condensador: 101,18 kW;
- Estado de conservação: Refrigerado;
- Fluido frigorígeno: R404A



Fonte: <http://www.bitzer.de/eng/Products-Service>

**Fig.19** – Ábaco para a selecção do depósitos de líquido

Através do ábaco, conclui-se que a capacidade do depósito de líquido para o túnel de arrefecimento, é de 103 dm<sup>3</sup>. O fluido utilizado é o R404a, sendo o factor de correcção de 1,4. Desta forma o depósito terá uma capacidade final de 144,2 dm<sup>3</sup>.

A seguinte tabela, mostra as capacidades dos restantes depósitos de líquido:

**Tabela 15** – Capacidade dos depósitos de líquido

<b>Local a que se destina</b>	<b>Capacidade Condensador (kW)</b>	<b>Volume Ábaco (dm<sup>3</sup>)</b>	<b>Factor Correção</b>	<b>Volume Final (dm<sup>3</sup>)</b>
Câmara Maturação e Refrigeração	33,73	38	1,1	41,8
Câmara Suspeitos, Rejeitados, Trat. Peles, Sub-Prod. (4 Depósitos)	7,15	10	1,1	11
Câmara Congelação	54,15	95	1,4	133
Túnel congelação	93,48	150	1,4	210
Sala Desmancha e Preparação / Embalagem	168,63	115	1,1	126,5
Área Circulação e Cais Expedição	93,48	70	1,1	77

#### **4.8.8. Separador de Óleo**

Cada compressor tem um separador de óleo. Estes equipamentos asseguram o retorno do óleo ao cárter do compressor, evitando o desgaste do compressor por falta de lubrificação. Desta forma a vida útil do compressor é prolongada.

No que respeita ao túnel de congelação, terá que ter um arrefecedor de óleo.

Estes separadores de óleo são da marca “Emerson Climate Technologies”, e a sua selecção é feita com base nos seguintes parâmetros:

- Tipo de fluido;
- Capacidade do compressor.

#### **4.8.9. Pressostatos**

A instalação necessita de pressostatos de baixa e alta, sendo que se localizam respectivamente a montante e jusante do compressor.

Estes equipamentos são da “Danfoss” e a sua selecção é simples, bastando apenas indicar se trata de baixa ou alta pressão.

#### **4.8.10. Visores Líquido**

Cada ciclo frigorífico tem um visor de líquido. Estes equipamentos situam-se na linha de líquido. Os visores são da marca “Danfoss”, e têm como principais características indicar a presença de humidade no fluido frigorígeno e identificar a eventual falta do fluido.

Os visores, são soldados às tubagens, sendo que o único parâmetro a ter em conta para a sua selecção é o diâmetro das tubagens.

#### **4.8.11. Filtros Secadores**

Cada instalação tem um filtro da marca “Emerson Climate Technologies”, e são instalados na linha de líquido.

Estes filtros protegem os sistemas de refrigeração da humidade, ácidos e partículas sólidas. Com a eliminação destes contaminantes, os sistemas tornam-se mais seguros contra reacções químicas e impurezas abrasivas.

A sua selecção é feita com base nos seguintes parâmetros:

- Fluido frigorígeno;
- Capacidade da linha de líquido;
- Perda de Carga

#### 4.8.12. Equipamentos de Referência

De seguida são apresentados todos os equipamentos de referência, com as respectivas marcas, modelos e algumas características:

- Evaporadores

**Tabela 16** – Equipamentos de referência dos evaporadores

Localização	Marco / Modelo	Qtd.	Cap. Nominal (kW)	Projeção Ar (m)	Dimensões (mm)
Túnel de arrefecimento	Centauro, DDC – 8094	3	19,7	30	1500 x 1390
Câmara Maturação	Centauro, MT/E – 415	2	2,86	9	753x439
Câmara Refrigeração	Centauro, MT/E – 4032	2	6,98	14	1043 x 628
Câmara Suspeitos	Centauro, MT/E – 421	1	4,44	7	1233 x 362
Câmara Rejeitados	Centauro, MT/E – 421	1	4,44	7	1233 x 362
Câmara Tratamento Peles	Centauro, MT/E – 421	1	4,44	7	1233 x 362
Câmara Sub-Produtos	Centauro, MT/E – 421	1	4,44	7	1233 x 362
Câmara Congelação	Centauro, DD//E – 7060	2	14,72	20	1693 x 704
Túnel congelação	Centauro, BSUT – 1202	1	37,31	28	2200 x 1166
Sala Desmancha	Centauro, CB – 206	4	18,77	7	3315 x 271
Preparação Embalagem	Centauro, CB - 206	2	18,77	7	3315 x 271
Área Circulação	Centauro, CB – 203	4	9,05	7	1813 x 266
Cais Expedição	Centauro, CB – 204	2	12,42	7	2313 x 266

- Compressores

**Tabela 17** – Equipamentos de referência dos compressores

Local a que se destina	Marco / Modelo	Fluido Frig.	Capacidade Frigorífica (kW)
Túnel de arrefecimento	Bitzer, 6F-40.2Y-40P	R404a	66
Câmara Maturação	Bitzer, 2FC-3.2Y-40S	R134a	5,85
Câmara Refrigeração	Bitzer, 4TCS-8.2Y-40P	R134a	16,69
Câmara Suspeitos	Bitzer, 2DC-2.2Y-40S	R134a	5,1
Câmara Rejeitados	Bitzer, 2DC-2.2Y-40S	R134a	5,1
Câmara Tratamento Peles	Bitzer, 2DC-2.2Y-40S	R134a	5,1
Câmara Sub-Produtos	Bitzer, 2DC-2.2Y-40S	R134a	5,1
Câmara Congelação	Bitzer, 6G-30.2Y-40P	R404a	32,8
Túnel congelação	Bitzer, HSN 8571-125-40P	R404a	49
Sala Desmancha	Bitzer, 8GC-50.2Y-40P	R134a	85,9
Preparação Embalagem	Bitzer, 4J-13.2Y-40P	R134a	30,8
Área Circulação	Bitzer, 4H-15.2Y-40P	R134a	40,6
Cais Expedição	Bitzer, 4PCS-10.2Y-40P	R134a	26,4

- Condensadores

**Tabela 18** – Equipamentos de referência dos condensadores

Local a que se destina	Marco / Modelo	Capacidade Nominal (kW)	Dimensões (mm)
Túnel de arrefecimento	Centauro, ACI/E Y-03115	101,18	3310 x 951
Câmara Maturação e Câmara Refrigeração	Centauro, ACI/E Y-01038	33,72	1170 x 951
Câmara Suspeitos	Centauro, ACM-0716	7,15	621 x 519
Câmara Rejeitados	Centauro, ACM-0716	7,15	621 x 519
Câmara Tratamento Peles	Centauro, ACM-0716	7,15	621 x 519
Câmara Sub-Produtos	Centauro, ACM-0716	7,15	621 x 519
Câmara Congelação	Centauro, ACI/MY - 02089	54,15	2240 x 951
Túnel congelação	Centauro, ACI/MD - 03115	93,48	3310 x 951
Sala Desmancha e Preparação Embalagem	Centauro, ACI/E Y - 05194	168,63	5450 x 951
Área Circulação e Cais Expedição	Centauro, ACI/M D - 03115	93,48	3310 x 951

- Válvulas Expansão Termostáticas

**Tabela 19** – Equipamentos de referência das válvulas expansão termostáticas

Local a que se destina	Marco / Modelo	Qtd	Capacidade Frigorífica (kW)
Túnel de arrefecimento	Danfoss, TES 12 -6.7	3	23,87
Câmara Maturação	Danfoss, TN2 / TEN2 - 03	2	4,93
Câmara Refrigeração	Danfoss, TN2 / TEN - 06	2	10,51
Câmara Suspeitos	Danfoss, TN2 / TEN - 03	1	4,61
Câmara Rejeitados	Danfoss, TN2 / TEN - 03	1	4,61
Câmara Tratamento Peles	Danfoss, TN2 / TEN - 03	1	4,61
Câmara Sub-Produtos	Danfoss, TN2 / TEN - 03	1	4,61
Câmara Congelação	Danfoss, TES5 – 7,2	2	20,24
Túnel congelação	Danfoss, TEN55-37	1	64,9
Sala Desmancha	Danfoss, TEN5 - 5.4	4	20,98
Preparação Embalagem	Danfoss, TEN5 - 3.7	2	14,06
Área Circulação	Danfoss, TN2/TEN2 - 05	4	9,96
Cais Expedição	Danfoss, TEN5 - 3.7	2	14,96

- Válvulas Solenoides

**Tabela 20** – Equipamentos de referência das válvulas solenoides

Local a que se destina	Marca / Modelo	Qtd.	Capacidade Frigorífica (kW)
Túnel de arrefecimento	Danfoss, EVR 10	3	22,8
Câmara Maturação	Danfoss, EVR 3	2	3,1
Câmara Refrigeração	Danfoss, EVR 3	2	7,7
Câmara Suspeitos	Danfoss, EVR 3	1	4,8
Câmara Rejeitados	Danfoss, EVR 3	1	4,8
Câmara Tratamento Peles	Danfoss, EVR 3	1	4,8
Câmara Sub-Produtos	Danfoss, EVR 3	1	4,8
Câmara Congelação	Danfoss, EVR 8	2	17,1
Túnel congelação	Danfoss, EVR 15	1	42,2
Sala Desmancha	Danfoss, EVR 6	4	16,9
Preparação Embalagem	Danfoss, EVR 6	2	13,6
Área Circulação	Danfoss, EVR 4	4	9,9
Cais Expedição	Danfoss, EVR 6	2	13,6

- Válvulas de Retenção

**Tabela 21** – Equipamentos de referência das válvulas retenção

Local a que se destina	Marco / Modelo	Diâmetro Válvula (Pol.)
Túnel de arrefecimento	Danfoss, CHV 65 A ANG	2-1/2"
Câmara Maturação	Danfoss, CHV 32 A ANG	1-1/4"
Câmara Refrigeração	Danfoss, CHV 32 A ANG	1-1/4"
Câmara Suspeitos	Danfoss, CHV 25 A ANG	1"
Câmara Rejeitados	Danfoss, CHV 25 A ANG	1"
Câmara Tratamento Peles	Danfoss, CHV 25 A ANG	1"
Câmara Sub-Produtos	Danfoss, CHV 25 A ANG	1"
Câmara Congelação	Danfoss, CHV 50 A ANG	2"
Túnel congelação	Danfoss, CHV 40 A ANG	2"
Sala Desmancha	Danfoss, CHV 65 A ANG	2-1/2"
Preparação Embalagem	Danfoss, CHV 40 A ANG	1-1/2"
Área Circulação	Danfoss, CHV 50 A ANG	2"
Cais Expedição	Danfoss, CHV 50 A ANG	2"

- Válvulas de Corte

**Tabela 22** – Equipamentos de referência das válvulas corte

Local a que se destina	Localização Válvula	Marca Modelo	Qtd.	Diâmetro Válvula (Pol.)
Túnel de arrefecimento	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 100A	1	4''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 65A	1	2-1/2''
	Depósito	Danfoss, SVA-ST 50A	2	2''
	Filtro	Danfoss, SVA-ST 50A	3	2''
Câmara Maturação	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 32A	1	1-1/4''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 25A	1	1''
Câmara Refrigeração	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 50A	1	2''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 32A	1	1-1/4''
Câmara Maturação e Câmara Refrigeração	Depósito	Danfoss, SVA-ST 25A	2	1''
	Filtros	Danfoss, SVA-ST 25A	3	1''
	Colector Compressores	Danfoss, SVA-ST 65A	1	2-1/2''
Câmara Suspeitos, Rejeitados, Trat. Peles e Sub-Prod	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 32A	4	1-1/4''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 25A	4	1''
	Depósitos	Danfoss, SVA-ST 15A	8	1/2''
	Filtros	Danfoss, SVA-ST 15A	12	1/2''
Câmara Congelação	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 80A	1	3''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 50A	1	2''
	Depósito	Danfoss, SVA-ST 32A	2	1-1/4''
	Filtros	Danfoss, SVA-ST 32A	3	1-1/4''
Túnel Congelação	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 100A	1	4''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 50A	1	2''
	Depósito	Danfoss, SVA-ST 32A	2	1-1/4''
	Filtros	Danfoss, SVA-ST 32A	3	1-1/4''
Sala Desmancha	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 80A	1	3''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 65A	1	2-1/2''
Preparação e Embalagem	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 65A	1	2-1/2''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 40A	1	1-1/2''
Sala Desmancha e Preparação e Embalagem	Depósito	Danfoss, SVA-ST 32A	2	1-1/4''
	Filtros	Danfoss, SVA-ST 32A	3	1-1/4''
	Colector Compressores	Danfoss, SVA-ST 100A	1	4''
Área Circulação	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 65A	1	2-1/2''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 50A	1	2''
Cais Expedição	Montante Compressor	Danfoss, SVA-ST 65A	1	2-1/2''
	Jusante Compressor	Danfoss, SVA-ST 50A	1	2''
Área Circulação e Cais Expedição	Depósito	Danfoss, SVA-ST 50A	2	2''
	Filtros	Danfoss, SVA-ST 50A	3	2''
	Colector Compressores	Danfoss, SVA-ST 100A	1	4''
	Filtros	Danfoss, SVA-ST 32A	3	1-1/4''

- Depósitos de Líquido

**Tabela 23** – Equipamentos de referência dos depósitos de líquido

Local a que se destina	Marco / Modelo	Volume (m <sup>3</sup> )	Capacidade de Fluido (kg)	Diâmetro Entrada (Pol.)	Diâmetro Saída (Pol.)
Túnel de arrefecimento	Bitzer, F1602N	160	153,8 (R404a)	2-1/8''	1-5/8''
Câmara Maturação e Câmara Refrigeração	Bitzer, F552T	54	59,6 kg (R134a)	1-1/8''	1-1/8''
Câmara Suspeitos	Bitzer, F15H	11	16,6 (R134a)	7/8''	5/8''
Câmara Rejeitados	Bitzer, F15H	11	16,6 (R134a)	7/8''	5/8''
Câmara Tratamento Peles	Bitzer, F15H	11	16,6 (R134a)	7/8''	5/8''
Câmara Sub-Produtos	Bitzer, F15H	11	16,6 (R134a)	7/8''	5/8''
Câmara Congelação	Bitzer, F1602N	160	153,8 (R404a)	2-1/8''	1-5/8''
Túnel congelação	Bitzer, F2202N	228	219,2 (R404a)	3-1/8''	2-1/8''
Sala Desmancha e Preparação Embalagem	Bitzer, F 1602N	160	98,2 (R134a)	2-1/8''	1-5/8''
Área Circulação e Cais Expedição	Bitzer, F902N	89	98,2 (R134a)	1-5/8''	1-3/8''

- Separadores de óleo

**Tabela 24** – Equipamentos de referência dos separadores de óleo

Local a que se destina	Marco / Modelo	Ligação (Polegadas)	Capacidade Máxima (kW)	Volume (Litros)
Túnel de arrefecimento	Emerson Climate Technologies, OSH-613	1-5/8''	67,8	7,9
Câmara Maturação	Emerson Climate Technologies, OSH-405	5/8''	13,1	2,4
Câmara Refrigeração	Emerson Climate Technologies, OSH-407	7/8''	19,7	2
Câmara Suspeitos	Emerson Climate Technologies, OSH -405	5/8''	13,1	2,4
Câmara Rejeitados	Emerson Climate Technologies, OSH	5/8''	13,1	2,4
Câmara Tratamento Peles	Emerson Climate Technologies, OSH	5/8''	13,1	2,4
Câmara Sub-Produtos	Emerson Climate Technologies, OSH	5/8''	13,1	2,4
Câmara Congelação	Emerson Climate Technologies, OSH-409	1-1/8''	38,7	3
Túnel congelação	Emerson Climate Technologies, OSH-413	1-5/8''	67,8	3,6
Sala Desmancha	Emerson Climate Technologies, OSH-617	2-1/8''	73,8	7,9
Preparação Embalagem	Emerson Climate Technologies, OSH-411	1-3/8''	32,8	3,2
Área Circulação	Emerson Climate Technologies, OSH-613	1-5/8''	45,9	7,9
Cais Expedição	Emerson Climate Technologies, OSH-411	1-1/8''	32,8	3,2

- Pressostatos

**Tabela 25** – Equipamentos de referência dos pressostatos

<b>Tipo de Pressostato</b>	<b>Marco / Modelo</b>
Pressostato Baixa Pressão	Danfoss, KP1
Pressostato Alta Pressão	Danfoss, KP5

- Visores de líquido

**Tabela 26** – Equipamentos de referência dos visores de líquido

<b>Local a que se destina</b>	<b>Marco / Modelo</b>	<b>Ligação (Pol.)</b>
Túnel de arrefecimento	Danfoss, SGN 22S	1-1/8”
Câmara Maturação e Câmara Refrigeração	Danfoss, SGN 22S	7/8”
Câmara Suspeitos	Danfoss, SGN 12S	1/2”
Câmara Rejeitados	Danfoss, SGN 12S	1/2”
Câmara Tratamento Peles	Danfoss, SGN 12S	1/2”
Câmara Sub-Produtos	Danfoss, SGN 12S	1/2”
Câmara Congelação	Danfoss, SGN 22S	1-1/8”
Túnel congelação	Danfoss, SGN 22S	1-1/8”
Sala Desmancha e Preparação Embalagem	Danfoss, SGN 22S	1-1/8”
Área Circulação e Cais Expedição	Danfoss, SGN 22S	1-1/8”

- Filtros

**Tabela 27** – Equipamentos de referência dos filtros

<b>Local a que se destina</b>	<b>Marca / Modelo</b>	<b>Ligação (Pol.)</b>
Túnel de arrefecimento	Emerson Climate Technologies, ADK-757S	7/8”
Câmara Maturação e Câmara Refrigeração	Emerson Climate Technologies, ADK-084	1/2”
Câmara Suspeitos	Emerson Climate Technologies, ADK-032	1/4”
Câmara Rejeitados	Emerson Climate Technologies, ADK-032	1/4”
Câmara Tratamento Peles	Emerson Climate Technologies, ADK-032	1/4”
Câmara Sub-Produtos	Emerson Climate Technologies, ADK-032	1/4”
Câmara Congelação	Emerson Climate Technologies, ADK-165S	5/8”
Túnel congelação	Emerson Climate Technologies, ADK-307S	7/8”
Sala Desmancha e Preparação Embalagem	Emerson Climate Technologies, ADK-757S	7/8”
Área Circulação e Cais Expedição	Emerson Climate Technologies, ADK-717S	7/8”

#### 4.8.13. Isolamento

Todos os locais do matadouro são isolados nas paredes e tectos com painéis isotérmicos do tipo sandwich, em poliuretano injectado. Os espaços frigoríficos refrigerados têm uma espessura de isolamento de 80 mm enquanto os congelados têm 150mm de espessura [8].

A sala de desmancha e a sala de preparação e embalagem, não carecem de isolamento com uma espessura tão elevada, devido a serem espaços climatizados. Utilizou-se uma espessura de 50 mm de isolamento.

O isolamento do pavimento dos espaços congelados, refrigerados e climatizados são isolados com aglomerado de cortiça com 150 mm de espessura [8].

Para evitar a congelação do solo dos espaços congelados, é construído sob o pavimento, um vazio sanitário formado por uma esteira de tubos de polietileno de 5'', separados de 0,8 m [8].

As paredes interiores da zona de higiene e administrativa são isoladas também com poliuretano, tratando-se de paredes de fácil higienização.

É ainda de referir que as juntas dos painéis do tipo sandwich são efectuadas em borracha, de forma a impedir a entrada de humidade para o isolamento, uma vez que as juntas entre painéis constituem potenciais pontos de entrada de humidade, sendo o acabamento entre juntas bastante importante.

De seguida são apresentados algumas vantagens do uso do poliuretano [18]:

- Isolamento térmico e acústico de elevado poder;
- Em alta densidade é impermeável à água;
- Baixo peso e não sobrecarrega as paredes;
- Longa duração;
- Elimina condensações;
- Possui óptima flexibilidade e grande resistência à compressão, voltando sempre à forma original.

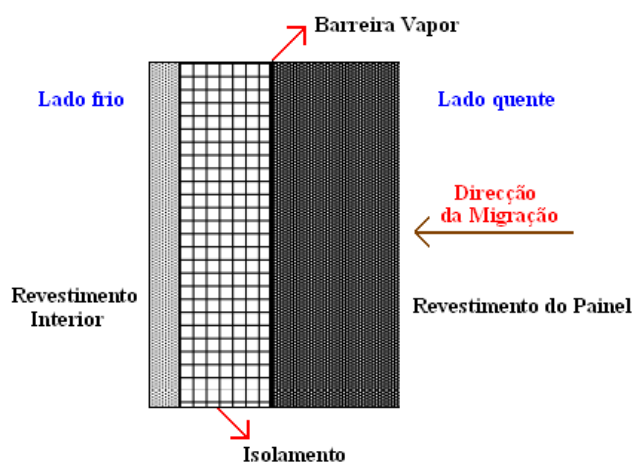
## Barreira de Vapor

Uma das causas da diminuição da eficácia de um isolamento térmico de um espaço frigorífico é a presença de água ou de vapor de água.

Devido à diferença de temperaturas entre o interior e o exterior dos espaços frigoríficos, o vapor de água tende a migrar do lado quente para o lado frio, através do isolamento com o risco de condensar e mesmo congelar, quando a temperatura no interior do referido espaço é inferior a 0°C, introduzindo um factor de destruição e deformação das paredes tecto e pavimento.

De forma a garantir e a proteger os isolamentos térmicos contra a condensação de água e a formação de gelo, utiliza-se barreiras de vapor do lado quente do isolamento.

A seguinte figura apresenta a constituição da parede dos espaços frigoríficos, podendo ainda visualizar-se a localização da barreira de vapor:



Fonte: <http://www.texsa.com.br/>

**Fig. 20** – Constituição de uma parede da câmara frigorífica

### **4.8.14. Portas**

As portas dos espaços frigoríficos, são do tipo deslizante e de abertura manual com as dimensões 2 x 2,5m (l x h), isolados a poliuretano rígido, forrada a chapa galvanizada.

As portas para espaços refrigerados e climatizados têm uma espessura de 0,1m e para espaços congelados de 0,15m [8].

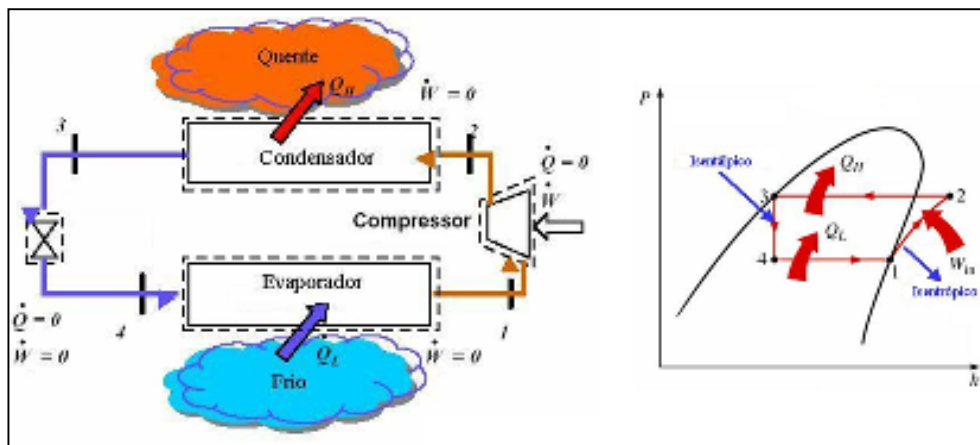
#### 4.9. Descrição do funcionamento dos ciclos de expansão directa

Irá ser explicado sucintamente, o princípio de funcionamento dos ciclos de refrigeração desta instalação. Todos os ciclos já descritos mais atrás, seguem todos o mesmo princípio de funcionamento, independentemente do número de evaporadores em cada local, do tipo de fluido refrigerante e do regime funcionamento. Assim sendo, basta explicar apenas um ciclo.

Inicialmente, é necessário compreender quais as fases principais de um sistema de expansão directa. Estes sistemas têm como base de funcionamento um sistema de refrigeração por compressão de vapor, sendo constituído pelas seguintes fases:

- Compressão;
- Condensação;
- Expansão;
- Evaporação

A seguinte figura, mostra estes quatro processos:



Fonte: [http://www.mspc.eng.br/flde/c/refrig\\_120.shtml](http://www.mspc.eng.br/flde/c/refrig_120.shtml)

Fig. 21 - Funcionamento de um sistema de refrigeração / Gráfico P-h

Através da figura acima apresentada, nota-se que existe dois níveis de pressão distintos, o de alta e o de baixa pressão. Os componentes que provocam estas diferenças de pressão são o compressor e a válvula expansão. De seguida são caracterizadas estas quatro fases, de forma a perceber o funcionamento deste tipo de ciclos.

- **Compressão**

Nesta fase o fluido frigorígeno sai do evaporador no estado vapor saturado, e é aspirado pelo compressor sendo comprimido até à pressão de condensação. O fluido ao ser comprimido sofre um aumento de pressão e temperatura, sendo que abandona o compressor no estado vapor sobreaquecido, entrando de seguida no condensador.

- **Condensação**

Nesta fase, todo o calor retirado pelo evaporador, é descarregado pelo condensador no meio ambiente. Quando o vapor sobreaquecido cede o calor para o meio ambiente, a sua temperatura é reduzida para a temperatura de saturação a uma pressão constante, dando origem à condensação do fluido, ou seja, atinge o estado líquido saturado.

- **Expansão**

Esta tem como função controlar a quantidade de fluido no sistema, e também de provocar uma perda de pressão brusca, porém controlada, que vai reduzir a pressão do fluido da pressão de condensação para a pressão de evaporação. Assim, a temperatura desce e fica abaixo da temperatura do espaço refrigerado.




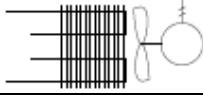







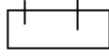



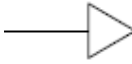
- **Evaporação:**

O fluido chega ao evaporador com uma pressão baixa (pressão evaporação), tendo como objectivo retirar todas as cargas térmicas que entram nos locais quer por condução e convecção . Este calor ao atingir o evaporador, provoca a evaporação do fluido refrigerante. Ao evaporar, o fluido retira calor ao espaço a refrigerar, contribuindo assim para a diminuição da temperatura deste. Ao absorver todo o calor, o fluido fica no estado vapor saturado, entrando de novo no compressor recomeçando desta forma um novo ciclo.

Estas são as principais fases de um sistema de compressão de vapor. No entanto, existem outros componentes que fazem parte deste sistema, que são irão ser descritos. De seguida, é apresentado o esquema unifilar da câmara maturação e refrigeração, de forma a descrever detalhadamente, quais as linhas que constituem o ciclo, bem como todos os equipamentos necessários na instalação.

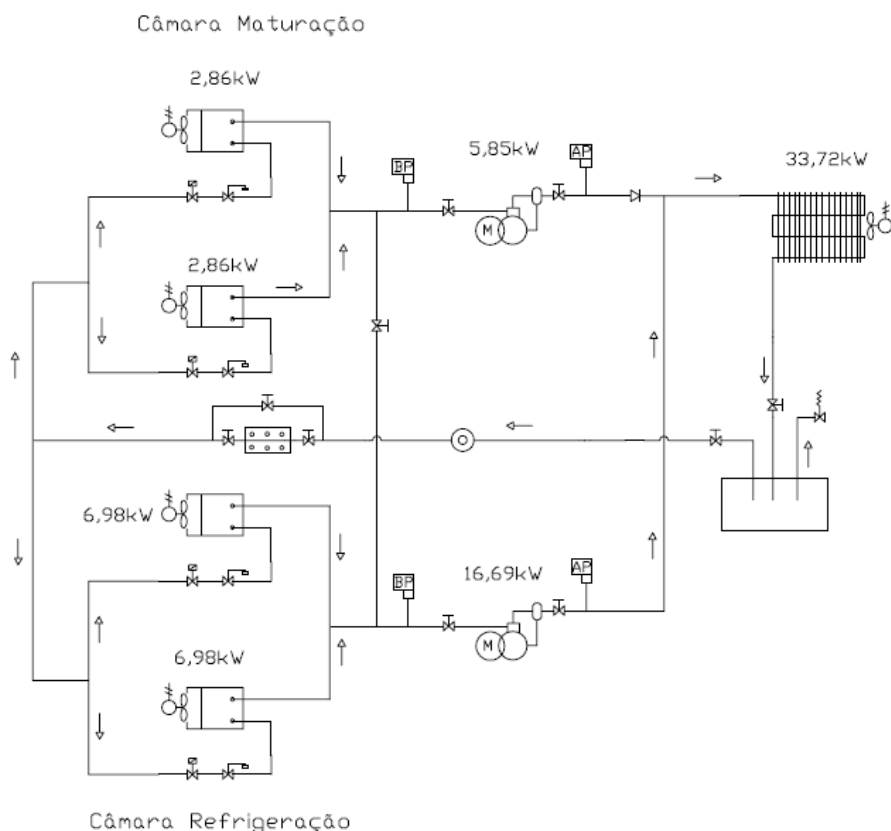
## Esquema de Princípio da Instalação - Câmara Maturação e Refrigeração

Tabela 28 – Simbologia dos equipamentos da instalação frigorífica

Nome do equipamento	Simbologia
Evaporador arrefecedor de ar	
Compressor alternativo semi-hermético	
Compressor de Parafuso	
Condensador de ar em convecção natural	
Válvula de expansão termostática	
Válvula solenoide	
Válvula de passagem ou corte	
Válvula anti- retorno ou retenção	
Filtro	
Pressóstato de Alta Pressão	
Pressóstato de Baixa Pressão	
Depósito de líquido horizontal	
Visor líquido	
Separador de óleo	
Purgador de ar	
Indicador do sentido em funcionamento normal	

Fonte: Livro “Novas Técnicas de Refrigeração Comercial em Hotelaria”

A seguinte figura ajuda a compreender o esquema de princípio:



**Fig.22** – Esquema de princípio da câmara maturação e refrigeração

Após serem retiradas as cargas térmicas através do evaporador, o fluido é aspirado pelo compressor através da linha de aspiração. Esta linha tem que ser comum aos evaporadores de cada local. À entrada de cada compressor existe um pressostato de baixa pressão. Este equipamento é um interruptor eléctrico comandado pela pressão. Sendo este de baixa pressão, tem a finalidade de manter e controlar a pressão de admissão, ou seja, desliga a instalação quando a pressão de aspiração se torna menor que um determinado valor.

Ainda na linha de aspiração, existe um colectador entre os dois compressores. Para o caso de um compressor avariar a aspiração é efectuada pelo outro compressor, e desta maneira a instalação não pára. Existe uma válvula de corte neste colectador que só abre quando um dos compressores avaria.

A seguir à linha de aspiração, inicia-se a linha de descarga, que vai desde a saída do compressor até à entrada do condensador. Nesta linha, logo à saída do compressor, haverá um pressostato de alta pressão, que tem a finalidade de manter e controlar a pressão de descarga,

ou seja, desliga a instalação quando a pressão de descarga se torna superior a um determinado valor. Posteriormente, existe uma válvula anti-retorno, para evitar que o fluido retorne ao compressor, ou seja, permite manter sempre o fluxo do fluido no mesmo sentido de escoamento. Entre o compressor e o condensador existe um separador de óleo. Este retém, no seu depósito, o óleo proveniente da compressão, enviando-o para o cárter do compressor.

É ainda de salientar, que à entrada e saída do compressor existem válvulas de corte com o intuito de poder isolar o compressor para uma possível manutenção ou mesmo substituição. Tendo este ciclo dois compressores, as duas linhas de descarga, juntam-se numa só, sendo o calor total do ciclo descarregado no condensador.

De seguida o fluido entra no condensador onde termina a linha de descarga, iniciando-se a linha de dreno (entre o condensador e o depósito). Esta tem como função transportar o fluido frigorigénio já condensado para o depósito de líquido. Cada ciclo terá apenas um condensador, sendo que este terá de ter a capacidade dos respectivos compressores e potência absorvida.

O depósito de líquido separa a linha de dreno da linha de líquido. O depósito líquido é um recipiente, no qual está destinado a recolher o fluido frigorigénio condensado pelo condensador, e enviar de seguida todo o fluido necessário à instalação pela linha de líquido, evitando a entrada de vapor na válvula de expansão. No depósito existe um purgador de ar que tem como função retirar o ar que se encontra no depósito, pois a presença de ar poderá provocar um aumento da pressão [4]. Tal como acontece no compressor, no depósito de líquido existem válvulas de corte à entrada e saída, para que este possa ser isolado para qualquer necessidade.

O líquido refrigerante flui do depósito a temperaturas e pressões elevadas através da linha de líquido para a válvula de expansão termostática. Esta linha tem como função fornecer um fluxo de refrigerante, sob a forma de líquido subarrefecido, do depósito para a válvula de expansão termostática, a uma pressão suficientemente elevada para permitir que esta opere eficientemente [4].

O fluido antes de chegar à válvula de expansão passa por um visor líquido e por um filtro. O visor de líquido permite verificar o estado do fluido. Caso a instalação tenha pouco fluido refrigerante, aparecem bolhas de vapor, que são facilmente detectáveis. O filtro tem como objectivo manter o fluido sempre limpo, isto é, isento de sujidades, e sobretudo de humidade. Mais uma vez existe válvulas de passagem a montante e jusante do filtro, de forma a poder isola-lo para limpeza. Quando se procede à limpeza do filtro, então o fluido passa pela tubagem acima do mesmo, não sendo necessário desta forma parar a instalação.

Após passar por estes dois componentes, o fluido atinge a válvula solenoide, que tem a particularidade de controlar o fluxo de fluido, ou seja, interrompe ou liberta a passagem do fluido para o evaporador, de acordo com a informação que recebe de um termostato instalado no interior de cada local. O fluido após deixar esta válvula, dirige-se para a válvula de expansão termostática. É nesta altura que se procede ao abaixamento de temperatura, como já foi explicado mais atrás. É esta válvula que permite manter um diferencial de pressão entre o lado de alta e o lado de baixa pressão. A linha de líquido acaba nesta válvula.

O fluido ao entrar no evaporador, irá retirar todas as cargas térmicas que são necessárias. Este componente tem como fim absorver o calor do ar. A absorção de calor tem uma acção semelhante à da ebulição da água, originando bolhas. Enquanto estas avançam ao longo do evaporador, a massa do líquido que contém bolhas de vapor converte-se numa massa que transporta gotas de líquido, sendo esta mistura designada por vapor húmido [4]. Quando as últimas gotas de líquido se evaporam, resta exclusivamente vapor seco. A temperatura do vapor seco aumenta devido a absorver o calor do ar a arrefecer dando origem a um sobreaquecimento controlado pelo sensor térmico da válvula expansão termostática.

Este vapor é retirado do evaporador pela linha de aspiração, para a entrada do compressor, iniciando-se de novo o ciclo.

Assim sendo construiu-se uma instalação reflectida e programada para qualquer dano, visando sempre uma solução para que a instalação opere mesmo em caso de avaria de algum componente.

O Anexo I – Lista de desenhos (Desenho nº6), dispõe do esquema de princípio dos vários espaços frigoríficos.

#### **4.10. Condições de higiene e Segurança**

Como foi referido inicialmente, a higiene num matadouro é um factor fundamental. De forma a seguir os regulamentos inicialmente apresentados, são descritos factores a ter em conta e os equipamentos de higiene utilizados.

O pessoal da área industrial tem entrada própria localizada ao lado dos produtos tóxicos. Esta entrada dá acesso às instalações sanitárias e vestuários, e os trabalhadores devem uniformizar-se devidamente, com calçado e vestuário próprios fornecidos pela empresa, passando directamente para as zonas de laboração. Os vestuários são providos de chuveiros com água quente, bancos, cabides e armários em número suficientes. Todo o material de vestuário a utilizar, encontra-se no local designado por batas limpas. Ao fim do dia, os trabalhadores deixam toda a roupa de trabalho num local designado por batas sujas.

Ao lado das batas limpas, encontra-se uma lavandaria, que procede à lavagem da roupa suja deixada ao fim do dia.

Em muitas áreas do matadouro, tais como balneários, vestuários, linha de abate, sala desmancha e corredores, haverá lavatórios de uso não manual, dotados de água quente e fria, accionados a pedal, com doseadores de sabão e com toalhas de papel.

No fim de cada dia de trabalho, é indispensável, deixarem o matadouro limpo e desinfectado, para que no dia a seguir este se encontre em excelentes condições. Para tal, haverá uma máquina de jacto de água própria de alta pressão para lavar os pavimentos, e produtos tóxicos para a respectiva desinfecção. Estes produtos são armazenados num local próprio ao lado das instalações sanitárias dos homens. São executados periodicamente programas de desinfestação e desratização por uma empresa da especialidade.

Será cumprida a regulamentação sobre sinalização de segurança, bem como sobre a colocação de diverso material contra incêndios.

#### **4.11. Sub-Produtos**

De acordo com o Regulamento (CE) N° 1774/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de Outubro de 2002 que estabelece regras sanitárias relativas aos sub-produtos animais não destinados ao consumo, designa-se por sub-produtos, partes de animais ou produtos de origem animal, não destinados ao consumo humano.

Estes sub-produtos provenientes do abate são armazenados em contentores e de seguida devem ser imediatamente armazenados numa câmara climatizada, que se designa por câmara sub-produtos M<sub>3</sub>, de forma a evitar a sua acumulação de sub-produtos na linha de abate, e a sua libertação de odores.

Após o abate dos caprinos, os sub-produtos resultantes são as cabeças, cornos, carnes brancas, carnes vermelhas, e os ossos. Os ossos provêm da sala de desmancha, e são também armazenados em contentores, sendo que no fim da desmancha, são levados para a respectiva câmara. No caso de haver animais rejeitados, estes são enviados também para esta câmara.

#### **4.12. Tectos, Paredes e Pavimentos**

Os tectos devem ser concebidos, construídos e acabados de modo a evitar a acumulação de sujidade, reduzir a condensação e o desenvolvimento de bolores indesejáveis.

As paredes de todo o matadouro são isoladas com poliuretano para uma fácil lavagem e desinfecção. As paredes dos espaços frigoríficos, possuem barreira de vapor de forma a proteger os isolamentos térmicos contra a condensação de água formação de gelo.

Os pavimentos são antiderrapante, impermeáveis, e de fácil lavagem, de forma a permitir o escoamento adequado das superfícies, para precaver a segurança e salubridade dos géneros alimentícios.

#### **4.13. Sistema de abastecimento de água**

O matadouro dispõe de água potável devidamente clorada proveniente da rede pública, para atender suficientemente às necessidades de trabalho do matadouro e dependências sanitárias. A água potável deve corresponder às especificações constantes da legislação em vigor.

Na sala de máquinas existe uma caldeira de onde provém toda a água quente necessária para a instalação, sendo a respectiva tubagem em aço galvanizado e devidamente isolada.

Relativamente à área de higiene, todas as instalações sanitárias e vestuários têm água quente e fria.

A água imprópria para consumo, deve ser canalizada em sistemas separados, facilmente identificáveis, sem qualquer ligação nem possibilidade de refluxo para os sistemas de água potável.

Será instalada uma rede própria contra incêndios, de acordo com os regulamentos em vigor e o Serviço de Bombeiros.

#### **4.14. Rede de Esgotos**

A rede de esgotos será do sistema separativo, executada em P.V.C. rígido e ligada a caixas de visita com tampas em betão.

As caleiras embebidas nos pavimentos possuem uma caixa de limpeza com cesto amovível para filtragem dos detritos, evitando-se assim a sua entrada nos esgotos.

O sistema de esgotos da unidade é ligado a uma ETAR própria.

#### 4.15. Lista de Desenhos

No anexo I, encontram-se a lista de desenhos necessários à compreensão deste trabalho de projecto:

**Tabela 29** – Lista de Desenhos

<b>Nº Desenho</b>	<b>Descrição do Desenho</b>
1	Planta da Unidade Industrial
2	Dimensionamento dos Espaços Frigoríficos
2.1.	Dimensionamento do Túnel de Arrefecimento
2.2.	Dimensionamento da Câmara Maturação
2.3.	Dimensionamento da Câmara Refrigeração
2.4.	Dimensionamento da Câmara Congelação
2.5.	Dimensionamento do Túnel Congelação
3	Planta da Unidade Industrial com Vias Aéreas e Paletes
4	Dimensionamento das tubagens dos espaços refrigerados e congelados
5	Dimensionamento das tubagens dos espaços congelados
6	Esquema de Princípio dos Espaços Frigoríficos
6.1.	Esquema de Princípio do Túnel de Arrefecimento;
6.2.	Esquema de Princípio da Câmara Maturação e Câmara Refrigeração
6.3.	Esquema de Princípio da Câmara Suspeitos, Rejeitados, Trat. Peles e Sub-Prod.
6.4.	Esquema de Princípio da Câmara Congelação
6.5.	Esquema de Princípio do Túnel Congelação
6.6.	Esquema de Princípio da Sala Desmancha e Preparação e Embalagem
6.7.	Esquema de Princípio da Área Circulação e Cais Expedição

## 5. Referências

- [1] Collin, Daniel, “Applications Frigorifiques”, Tomo 1 e 2, Edition PYC, Paris, 1975 (Consultado em 05/05/2009);
- [2] ASHRAE Refrigeration Handbook 2002 (SI) - (Consultado em 11/05/2009);
- [3] Roy J. Dossat / Thomas J.Horan, “Principles of Refrigeration, Prentice Hall, 5ª Edition, New Jersey, 2001 (Consultado em 27/05/2009);
- [4] Monteiro, Vitor, “Novas Técnicas de Refrigeração Comercial em Hotelaria”, Volume I, 2ª Edição (Consultado em 03/07/2009);
- [5] Boast, M, “Refrigeration”, A Heinemann Newnes Book, Oxford, 1991 (Consultado em 24/07/2009);
- [6] Holman, J.P., “Transferência de Calor”, Editora McGraw-Hill, 1983 (Consultado em 27/07/2009);
- [7] Santos, Gonçalves, Sebenta da Unidade Curricular de Instalações Frigoríficas (Consultado em 02/05/2009);
- [8] Guerra, Matos, Apontamentos da Unidade Curricular de Refrigeração (Consultado em 08/06/2009)
- [9] <http://www.segurancalimentar.com/> (Consultado em 23/05/2009);
- [10] <http://www.mecanipol.com/> (Consultado em 25/05/2009);
- [11] <http://www.ambientegegado.com.br/v21/> (Consultado em 28/05/2009);
- [12] <http://www.ior.org.uk/> (Consultado em 15/06/2009);
- [13] <http://www.centauro.pt/> (Consultado em 23/06/2009);
- [14] <http://www.bitzer.de/eng/Intro>; (Consultado em 29/06/2009);
- [15] <http://www.danfoss.com/> (Consultado em 30/06/2009);
- [16] [http://www.dupont.com/Refrigerants/en\\_US/](http://www.dupont.com/Refrigerants/en_US/) (Consultado em 05/07/2009);
- [17] [http://www.linde.com/international/web/lg/pt/like35lgpt.nsf/docbyalias/news\\_refrig](http://www.linde.com/international/web/lg/pt/like35lgpt.nsf/docbyalias/news_refrig) (Consultado em 05/07/2009);
- [18] <http://www.pombalinjecta.com/isolacont.htm> (Consultado em 21/07/2009);
- [19] <http://www.emersonclimate.eu/index.cfm> (Consultado em 23/07/2009);
- [20] <http://www.roser.es/> (Consultado em 05/08/2009);
- [21] <http://www.fitembal.pt/site/> (Consultado em 08/08/2009);
- [22] <http://www.dorin.com/jsp/Template1/HomePage.jsp> (Consultado em 21/08/2009);
- [23] <http://www.siarcorefrigeration.com/> (Consultado em 29/08/2009);
- [24] <http://www.meteo.pt/pt/oclima/normais/> (Consultado em 23/06/2009)

# **ANEXOS**