

**CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ**  
**OTÁVIO AUGUSTO GABRIEL**

**CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA E SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM  
CÂMARA FRIGORÍFICA PARA CARÇA BOVINA**

**CASCADEL**  
**2019**

**CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ**  
**OTÁVIO AUGUSTO GABRIEL**

**CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA E SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM  
CÂMARA FRIGORÍFICA PARA CARCAÇA BOVINA**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor (a). Orientador (a): Rogério Luiz Ludgero**

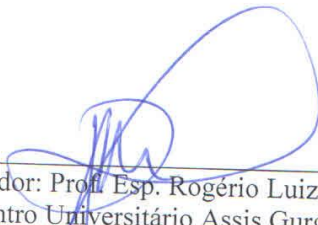
**CASCADEL**  
**2019**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**  
**OTÁVIO AUGUSTO GABRIEL**

**CÁLCULO CARGA TÉRMICA E SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM CÂMARA**  
**FRIGORÍFICA PARA CARCAÇA BOVINA.**

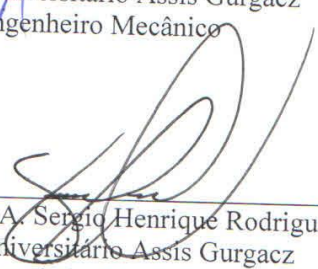
Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Rogério Luiz Ludgero.

**BANCA EXAMINADORA**



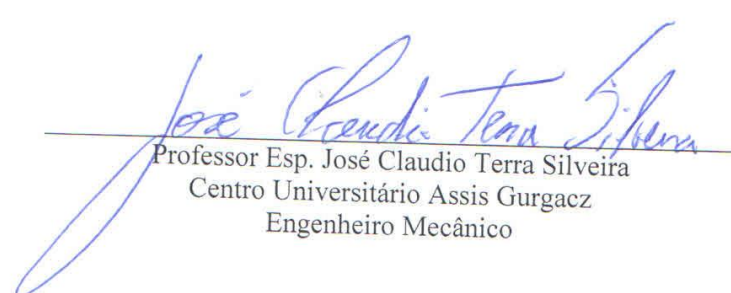
---

Orientador: Prof. Esp. Rogério Luiz Ludgero  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico



---

Professor Msc. MBA. Sérgio Henrique Rodrigues Mota  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico



---

Professor Esp. José Claudio Terra Silveira  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 26 de Junho de 2019.

Dedico essa conquista primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, e aos meus pais Adalberto e Sirlene, por terem me apoiado nos momentos mais difíceis e por me proporcionar a realização deste sonho.

## Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada e por ter me dado a benção de conviver com pessoas maravilhosas ao longo da minha vida acadêmica.

Agradeço ao meu professor orientador que teve paciência e me ajudou a concluir este trabalho, agradeço também aos professores que me ensinaram e me mostraram o quanto estudar é gratificante.

Aos meus pais, irmã e todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim e com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais  
evidente fica nossa ignorância”.

(John F. Kennedy)

## RESUMO

Com a crescente demanda por alimentos pela população, observa-se a necessidade de garantir a segurança alimentar para o consumidor. Assim primeiramente foram verificados como os gêneros alimentícios frescos são armazenados e conservados, e também os meios necessários que permitam seu funcionamento a fim de garantir a conservação desses alimentos na forma refrigerada ou congelada de maneira eficiente. Verificou-se que a forma mais adequada de fazer esse estudo é através do cálculo da carga térmica necessária para o correto funcionamento. Diante do exposto objetivou-se o presente trabalho dimensionar o circuito de refrigeração utilizada para estocagem de carcaça bovina e também selecionar os equipamentos que melhor atendam as necessidades de uma câmara frigorífica já existente. Posteriormente foram verificados a infra-estrutura e o desenvolvimento do processamento com as respectivas implicações técnicas da referida câmara. Os principais fatores que foram considerados para fins do cálculo foram: tamanho da câmara, capacidade, o calor transmitido através das paredes, piso e teto; o calor decorrente de infiltração, sendo que esses são os que mais afetam a carga, entre outros. A metodologia empregada no mesmo é baseada inicialmente no levantamento de dados e após a realização de cálculos. Com a carga térmica calculada, foram selecionados os equipamentos para as instalações, como resultado foi proposto a utilização de 4 evaporadores Modelo HPA 2120 e 4 Unidades Condensadoras modelo B2000H2, sendo que se constatou que o sistema de refrigeração proposto atende à demanda da carga térmica calculada.

Palavras-chave: Câmara Fria, Carne bovina, Refrigeração.

## ABSTRACT

With the growing demand for food by the population, it is observed the need to ensure food security for the consumer. Thus, first were verified how fresh foodstuffs are stored and conserved and also the necessary means that allow their operate in order to ensure the conservation of these foods in a chilled or frozen manner efficiently. It was found that the most appropriate way to do this study is by calculating the thermal load required for proper functioning. In view of the above, the objective of this work was to scale the refrigeration circuit used for storage of bovine carcass and also select the equipment that best meets the needs of an existing cold room. Subsequently, the infrastructure and the development of the processing were verified with the respective technical implications of the said Chamber. The main factors that were considered for the purposes of the calculation were: chamber size, capacity, heat transmitted through walls, floor and ceiling; the heat resulting from infiltration, and these are the ones that most affect the load, among others. The methodology used in the same is initially based on data collections and after performing calculations. With the calculated thermal load, the equipment was selected for the installations, as result was proposer the use or 4 Evaporators model HPA 2120 and 4 Condensing Units model B2000H2, and it was found that the proposed refrigerations system meets the demand of the calculated thermal load.

**Key words:** Beef, Refrigeration, Cold chamber, sizing

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1: Carcaça Bovina .....                                                                                                     | 23 |
| FIGURA 2: Câmara frigorífica.....                                                                                                  | 26 |
| FIGURA 3: Armazenagem de Carcaça Bovina.....                                                                                       | 27 |
| FIGURA 4: Esquema de uma Câmara Frigorífica em Alvenaria.....                                                                      | 28 |
| FIGURA 5: Ciclo de Refrigeração .....                                                                                              | 32 |
| FIGURA 6: Compressor .....                                                                                                         | 33 |
| FIGURA 7: Condensador .....                                                                                                        | 34 |
| FIGURA 8: Evaporador .....                                                                                                         | 35 |
| FIGURA 9: Válvula de Expansão.....                                                                                                 | 36 |
| FIGURA 10: Fluido Refrigerante.....                                                                                                | 37 |
| FIGURA 11: Carga Térmica em Câmara Frigorífica .....                                                                               | 39 |
| FIGURA 12: Entalpia.....                                                                                                           | 42 |
| FIGURA 13: Condutividade térmica (k), calor específico(C) e difusividade térmica(D)<br>para diferentes materias e substâncias..... | 46 |
| FIGURA 14: Fachada Frigorífico.....                                                                                                | 52 |
| FIGURA 15: Expedição Frigorífico.....                                                                                              | 53 |
| FIGURA 16: Recepção Frigorífico .....                                                                                              | 53 |
| FIGURA 17: Vista Lateral Frigorífico .....                                                                                         | 53 |
| FIGURA 18: Parte interna Câmara Frigorífica .....                                                                                  | 54 |
| FIGURA 19: Visão Geral parte interna Câmara Frigorífica.....                                                                       | 54 |
| FIGURA 20: Evaporador Câmara Frigorífica.....                                                                                      | 54 |
| FIGURA 21: Condensador Câmara Frigorífica .....                                                                                    | 55 |
| FIGURA 22: Trilhamento interno da Câmara Frigorífica.....                                                                          | 55 |
| FIGURA 23: Trilhamento externo da Câmara Frigorífica.....                                                                          | 55 |
| FIGURA 24: Projeto da Câmara Frigorífica .....                                                                                     | 58 |
| FIGURA 25: Classe de Produtos.....                                                                                                 | 61 |
| FIGURA 26: Número de trocas de ar recomendadas .....                                                                               | 62 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 1: Efetivo Rebanho Bovino 2017 .....                      | 18 |
| TABELA 2: Componentes utilizados num circuito Refrigeração ..... | 21 |
| TABELA 3: Isolante térmico usado Câmara Frigorífica.....         | 29 |
| TABELA 4: Tabela de Valores psicrométricos para Câmara Fria..... | 38 |
| TABELA 5: Área Paredes Piso e Teto .....                         | 57 |
| TABELA 6: Cargas Térmicas .....                                  | 60 |
| TABELA 7: Equipamentos Recomendados .....                        | 64 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| GRÁFICO 1: Produção mundial de carne bovina em 2017 ..... | 25 |
| GRÁFICO 2: Processo de Semi Resfriamento.....             | 42 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| EQUAÇÃO 1: Calor Removido no Resfriamento ( $Q_{1A}$ ) .....                                                                     | 40 |
| EQUAÇÃO 2: Calor removido no Resfriamento até a Temperatura de início de<br>Congelamento ( $Q_{1B}$ ) .....                      | 40 |
| EQUAÇÃO 3: Calor Removido no Congelamento ( $Q_{1C}$ ) .....                                                                     | 40 |
| EQUAÇÃO 4: Calor removido na redução de temperatura entre o início de Congelamento<br>até a temperatura final ( $Q_{1D}$ ) ..... | 41 |
| EQUAÇÃO 5: Cálculo do Calor do Produto -ENTALPIA ( $Q_2$ ) .....                                                                 | 41 |
| EQUAÇÃO 6: Carga Térmica do produto Processo Semi resfriamento ( $Q_3$ ) .....                                                   | 43 |
| EQUAÇÃO 7: Carga de Infiltração ( $Q_4$ ) .....                                                                                  | 43 |
| EQUAÇÃO 8: Carga Térmica Embalagem ( $Q_5$ ) .....                                                                               | 44 |
| EQUAÇÃO 9: Carga Térmica de Pessoas ( $Q_6$ ) .....                                                                              | 44 |
| EQUAÇÃO 10: Carga Térmica Iluminação ( $Q_7$ ) .....                                                                             | 44 |
| EQUAÇÃO 11: Carga Térmica de Motores ( $Q_8$ ) .....                                                                             | 45 |
| EQUAÇÃO 12: Carga Térmica de Penetração ( $Q_9$ ) .....                                                                          | 45 |
| EQUAÇÃO 13: Carga Térmica Respiração ( $Q_{10}$ ) .....                                                                          | 46 |
| EQUAÇÃO 14: Carga por Evaporador .....                                                                                           | 47 |
| EQUAÇÃO 15: Folga .....                                                                                                          | 48 |
| EQUAÇÃO 16: Número de Trocas .....                                                                                               | 48 |
| EQUAÇÃO 17: Consumo Watts .....                                                                                                  | 48 |
| EQUAÇÃO 18: Consumo Ventilador .....                                                                                             | 48 |
| EQUAÇÃO 19: Consumo Real .....                                                                                                   | 49 |
| EQUAÇÃO 20: Carga Térmica .....                                                                                                  | 49 |
| EQUAÇÃO 21: Folga Condensador .....                                                                                              | 50 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**°C:** Graus Celsius

**C:** Calor Especifico

**D:** difusividade térmica

**EPS:** Poliestireno Expandido, ou Isopor

**h:** entalpia

**HACCP:** Hazard Analysis and Critical Control Point – traduzida para o português como **APPCC** (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle)

**k:** Condutividade térmica

**kcal:** quilocalorias

**kcal/h:** quilocalorias/hora

**kg:** quilogramas

**kPa:** quilopascal

**m:** massa

**m:** metros

**n:** Número de pessoas

**NBR:** Norma Brasileira

**%:** Porcentagem

**P:** Potência

**PU:** Poliuretano

**Q:** Carga térmica

**RAL:** Sistema de definição de cores

**RIISPOA:** Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal

**T:** Temperatura

**t:** tempo

**T<sub>bu</sub>:** temperatura do ar medida com um termômetro comum

**U.R:** Umidade Relativa

**v:** Volume

## SUMÁRIO

|           |                                                     |           |
|-----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                             | <b>16</b> |
| 1.1.      | OBJETIVOS DA PESQUISA .....                         | 17        |
| 1.1.1.    | Gerais                                              |           |
| 1.1.2.    | Específico                                          |           |
| 1.2.      | JUSTIFICATIVA .....                                 | 18        |
| 1.3.      | CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....                    | 22        |
| 1.4.      | DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....                        | 22        |
| <b>2.</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>                  | <b>23</b> |
| 2.1.      | CARNE BOVINA .....                                  | 23        |
| 2.2.      | CAMÂMARA FRIGORIFICA .....                          | 25        |
| 2.2.1.    | Materiais da Câmara                                 |           |
| 2.2.1.1.  | Revestimento                                        |           |
| 2.2.1.2.  | Isolamento Térmico                                  |           |
| 2.2.1.3.  | Tubulações                                          |           |
| 2.2.1.4.  | Termostato                                          |           |
| 2.2.1.5.  | Serpentina                                          |           |
| 2.2.1.6.  | Ventilador                                          |           |
| 2.2.1.7.  | Porta frigorifica                                   |           |
| 2.3.      | CICLO DE REFRIGERAÇÃO .....                         | 31        |
| 2.3.1     | Compressor                                          |           |
| 2.3.2.    | Condensador                                         |           |
| 2.3.3.    | Evaporador                                          |           |
| 2.3.4.    | Válvula de Expansão                                 |           |
| 2.3.5.    | Fluído Refrigerante                                 |           |
| 2.4.      | PSICROMETRIA.....                                   | 37        |
| 2.5.      | CARGA TÉRMICA .....                                 | 38        |
| 2.5.1     | Calor do Produto                                    |           |
| 2.5.2.    | Cálculo do Calor do Produto – ENTALPIA              |           |
| 2.5.3.    | Carga Térmica do Produto Processo Semi Resfriamento |           |
| 2.5.4.    | Carga de Infiltração                                |           |
| 2.5.5.    | Carga Térmica Embalagem                             |           |

|         |                                                          |    |
|---------|----------------------------------------------------------|----|
| 2.5.6.  | Carga Térmica de Pessoas                                 |    |
| 2,5.7.  | Carga Térmica Iluminação                                 |    |
| 2.5.8.  | Carga Térmica de Motores                                 |    |
| 2.5.8.  | Carga Térmica de Penetração                              |    |
| 2.5.10. | Carga Térmica Respiração                                 |    |
| 2.6.    | FÓRMULAS PARA ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS PARA CÂMARA ..... | 47 |
| 2.6.1   | Evaporador                                               |    |
| 2.6.1.1 | Carga do Evaporador                                      |    |
| 2.6.2   | Condensador                                              |    |
| 3.      | <b>METODOLOGIA</b> .....                                 | 51 |
| 3.1.    | LOCAL REALIZAÇÃO PESQUISA .....                          | 52 |
| 4.      | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                     | 56 |
| 4.1.    | CÁLCULO DA CARGA TÊRMICA DA CÂMARA FRIGORIFICA .....     | 56 |
| 4.2.    | ESCOLHA EQUIPAMENTOS.....                                | 60 |
| 4.2.1   | Evaporador                                               |    |
| 4.2.2.  | Unidade Condensadora                                     |    |
| 5.      | <b>CONCLUSÃO</b> .....                                   | 64 |
| 5.1     | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                               | 65 |
| 5.2     | CONTRIBUIÇÕES .....                                      | 65 |
| 5.3     | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....                    | 66 |
|         | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                  | 67 |
|         | <b>ANEXOS</b> .....                                      | 73 |

## 1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira esta investindo em tecnologia o que elevou a sua produtividade e a qualidade do produto, por isso é considerado um dos mais importantes produtores de carne bovina no mundo, fazendo com que ele se tornasse competitivo e chegasse ao mercado de outros países.

A carne fresca devido a sua atividade enzimática e elevada atividade de água, é um alimento perecível, portanto, necessita da aplicação de procedimentos de conservação e armazenamento imediatamente após o abate. Dentre os métodos mais adotados para prolongar a sua vida útil, o emprego da refrigeração tem sido o mais utilizado. A carne fresca deve ser mantida à baixas temperaturas de resfriamento (ROÇA, 2003; PEREDA et al., 2005).

De acordo com Pardi (2006), faz-se necessário ressaltar as possíveis complicações advindas do uso inadequado do resfriamento de carcaças. Fenômenos como cold shortening, rigor da descongelação e quebra de peso são passíveis de ocorrer, caso o procedimento técnico seja realizado de forma errônea ou insatisfatória.

Lawrie (2006) propõe o uso do frio industrial com o propósito de prolongar a vida útil do produto, através da redução da proliferação de agentes potencialmente patogênicos e/ou deteriorantes, bem como proporcionar um ambiente favorável para que as reações necessárias para a transformação do músculo em carne ocorram satisfatoriamente. Segundo as diretrizes do RIISPOA, depois de decorrido um período não inferior a 24 horas, as carcaças são encaminhadas para o comércio de acordo com a demanda deste, em meias carcaças inteiras ou quartos – geralmente serrados e separados no próprio local de produção

As câmaras frigoríficas têm, como importância fundamental, a conservação de alimentos. O armazenamento em câmaras frias conserva os alimentos frescos em temperaturas baixas e essa alocação retarda o desenvolvimento de microrganismos e a ação das enzimas (SOARES, 2010). Esse fator, permite estocar o alimento para um uso futuro sem que ele estrague.

O sucesso na instalação e a permanência eficiente de uma câmara frigorífica estão diretamente ligados à qualidade do projeto (montagem, testes, operação e manutenção), profissionais competentes e segurança dos operadores (FRIGONEWS, 2011)

Assim para garantir a boa qualidade do produto e tendo em vista a relevância do uso da câmara frigorífica na conservação da carcaça bovina, objetiva o trabalho apresentar uma avaliação através do cálculo da carga térmica e também da seleção dos equipamentos

utilizados, a fim de verificar se os mesmos estão atendendo de maneira eficiente a manutenção e conservação da qualidade do produto final.

## 1.OBJETIVOS DA PESQUISA

Com a crescente demanda por alimentos, a maioria de origem animal, o resfriamento quando bem dimensionado auxiliando no armazenamento de produtos e aumentando o seu tempo de conservação. Neste sentido o estudo em questão, propõe uma análise do sistema completo, bem como seus parâmetros e componentes na busca de otimizar sistemas de refrigeração aumentando a eficiência do equipamento.

As câmaras frigoríficas são importantes para o armazenamento de produtos, principalmente alimentícios, a uma temperatura regulamentada por norma, de forma a não perderem as suas propriedades.

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é dimensionar o circuito de refrigeração de uma câmara frigorífica utilizada para estocagem de carcaça bovina. E selecionar os equipamentos que atendam a carga térmica calculada.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Visitar o Frigorífico;
- Levantar os dados e condições de operação da câmara de refrigeração, tais como, tamanho da câmara, capacidade, o calor transmitido através das paredes, piso e teto, o calor decorrente abertura de portas e a iluminação para cálculos posteriores;
- Realizar os cálculos da carga térmica da câmara frigorífico que armazena carcaça bovina, utilizando os dados coletados.
- Especificar os equipamentos que melhor atendam a carga térmica calculada.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O Brasil atualmente esta entre os maiores produtores e exportadores de carne bovina, em 2015, se tornou o país com maior rebanho (209 milhões de cabeças), segundo maior consumidor (38,6 Kg/habitante) e segundo maior exportador (1,9 milhões toneladas), segundo a Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária EMBRAPA. No ano de 2017 o Brasil teve um aumento de 3,8% no abate bovino em relação a 2016. (IBGE, 2017).

**TABELA 1** - Efetivo Rebanho Bovino 2017

| Brasil, Grande Região e UF | Rebanho Bovino |
|----------------------------|----------------|
| Brasil                     | 214.899.796,00 |
| Norte                      | 48.471.454,00  |
| Nordeste                   | 27.736.607,00  |
| Sudeste                    | 37.529.834,00  |
| Sul                        | 27.033.684,00  |
| Centro-Oeste               | 74.128.217,00  |

(Fonte: IBGE- Pesquisa da Pecuária municipal, 2017)

Na década de 1990 as inovações tecnológicas na bovinocultura se fizeram sentir com mais intensidade. Porém, desde meados dos anos 1960, o processo de evolução vem ocorrendo, com o desenvolvimento da indústria de carnes e a modernização dos frigoríficos (EUCLIDES, 1998)

Segundo Mazzali e Costa (1998), o primeiro surto modernizador do segmento de carne bovina ocorreu no período de 1968-1973, com modificações na estrutura técnico organizacional da produção.

Nos últimos anos sofreu uma modernização, gerando aumento na qualidade e quantidade do abate. Nesse sentido, destacam-se os métodos de conservação de alimentos, desenvolvidos e aprimorados pelo homem ao longo do tempo.

Para Rezende (2010) genericamente os alimentos perecíveis são aqueles sensíveis a qualquer tipo de deterioração, seja biológica, física ou química e que podem ter prejudicadas as suas qualidades para comercialização e consumo se não forem devidamente acondicionados na origem, conservados, transportados, dispostos adequadamente nos pontos de venda e nos locais de utilização.

De acordo com a ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária, resolução 216 de 15 de setembro de 2004, produtos perecíveis, são produtos alimentícios, alimentos “in natura”, produtos semi preparados ou produtos preparados para o consumo que, pela sua natureza ou composição, necessitam de condições especiais de temperatura para sua conservação.

A carne é considerada um alimento nobre para o homem pela qualidade das proteínas, e principalmente pela presença de ácidos graxos essenciais. Os riscos de deficiência de vitamina B12, ferro e zinco estão relacionados a privação e/ou remoção da carne bovina da dieta; crianças oriundas de lares vegetarianos apresentam menor QI do que crianças oriundas de lares onde a carne bovina era consumida (RUIZ et al, 2005).

De acordo com o RIISPOA, a carne bovina é classificada como carne vermelha apresentando grande importância nutricional, pois fornece os principais nutrientes necessários para dietas (proteína, lipídeos)

Conforme artigo da revista Só Nutrição, (2019), as carnes formam o conjunto de tecidos de cor e consistência que recobre o esqueleto de animais. Sendo que o corte da carne apresenta tecido muscular, tecido conjuntivo, gorduras e às vezes ossos. Os órgãos internos são chamados de miúdos e também podem ser classificados como carnes.

Produtos perecíveis necessitam de atenção especial para manter a qualidade, devido à grande movimentação exercida durante o armazenamento, as chances de danificar os produtos são altas.

Segundo a Lei 9782/99, artigo 8, é de responsabilidade da ANVISA (2009), “regulamentar, controlar e fiscalizar os produtos e serviços que envolvam risco à saúde pública, incluindo alimentos, bebidas, águas envasadas, seus insumos e suas embalagens”

Do ponto de vista do consumidor a qualidade da carne está associada diretamente ao uso, ou seja, consumo. Logo, a qualidade alimentar compreende palatabilidade em primeiro plano. A palatabilidade, por sua vez, inclui maciez, sabor, resíduo e suculência. Cada um desses critérios é mais dependente de uma longa lista de outros fatores que incluem a idade do animal e sexo, estado fisiológico do animal vivo e a bioquímica post-mortem do músculo e da gordura, a composição de carcaça e da contribuição dos alimentos utilizados para o sabor, teores de proteína e gordura e a deposição característica de cada um destes, bem como o efeito da genética sobre os tecidos e metabolismo (WEBB et al. 2005).

A definição de qualidade pode ser definida por dois extremos. O primeiro ponto de vista é que a qualidade deve ser considerada como produto da mente do consumidor que é altamente subjetiva e não pode ser medida consistente e objetivamente. No outro extremo,

considera-se que a qualidade é objetivamente definida e, portanto, existe apenas na extensão em que é cientificamente mensurável, ou seja, apenas os atributos mensuráveis de forma objetiva são considerados atributos de qualidade. Enquanto o conceito objetivo de qualidade é predominante na cadeia produtiva e na ciência da carne, o conceito subjetivo direciona a demanda do consumidor (BECKER, 2002).

Nos últimos 20 anos, a qualidade deixou de ser um diferencial competitivo, para transformar-se em uma condição para a permanência no mercado. Grande parte disso deve-se às grandes mudanças ocorridas nesse período culminando em uma sociedade cada vez mais globalizada. O maior reflexo disso, para a Indústria de alimentos, encontra-se nas gôndolas dos supermercados onde encontram-se produtos de várias cidades, estados e países, todos inseridos em um mesmo ambiente, disputando a preferência do consumidor. Nesse contexto, “qualidade passa a ser uma exigência absoluta dos consumidores e, portanto, dos mercados” (BERTOLINO, 2010)

Os alimentos perecíveis passam períodos variáveis de tempo estocados em câmaras frias em determinadas temperaturas. O tempo máximo de estocagem varia de acordo com o grau de perecibilidade do produto e com o tipo de armazenagem, devendo este período estar, rigorosamente, de acordo com as especificações dos alimentos estocados (GERMANO, 2001)

A refrigeração é o meio mais comum para a conservação de alimentos perecíveis e tem como vantagem ser o único meio onde o alimento é armazenado em seu estado natural, porém se faz necessário que diversos fatores sejam levados em consideração para que este alimento não sofra qualquer tipo de interferência em seus constituintes. Então para corrigir uma inadequada condição, o correto dimensionamento de projeto de câmara de refrigeração, devem-se tomar alguns cuidados, primeiramente para que as condições dentro da câmara frigorífica sejam mantidas para preservar os produtos armazenados (ROSA, 2000).

O Armazenamento sob refrigeração utiliza temperaturas um pouco acima da ponte de congelação. Nesta etapa os alimentos são armazenados entre  $0^{\circ}$  e  $10^{\circ}$  C. (MACHADO, 2000).

De acordo com Machado (2000), para congelamento, os alimentos são armazenados a temperatura igual ou inferior a  $0^{\circ}$ C, quanto mais baixa a temperatura mais reduzida será a ação química, enzimática e o crescimento microbiano.

O cálculo da carga térmica é de suma importância para a escolha dos equipamentos de refrigeração adequados a operação correta das câmaras frigoríficas.

Essa carga térmica é composta dos seguintes itens: Calor recebido por condução e irradiação através das paredes, teto e piso; Calor recebido por irradiação decorrente de vidros

ou materiais transparentes; Calor recebido através da circulação de ar através das portas quando abertas ou mesmo frestas; Calor cedido pelo produto armazenado quando sua temperatura é reduzida ao nível desejado; Calor cedido pelas pessoas que circularem no espaço refrigerado; Calor cedido por equipamentos e iluminação que gerem calor dentro do espaço refrigerado. (STOECKER e JONES, 1985).

Segundo Adriano Zanoni (coordenador de montagem) e Marcelo Colombo (engenheiro), ambos da empresa Dânica (FRIGONEWS, 2011), “um bom projeto de construção de ambientes com controles de temperatura, climatizados passando por resfriados e congelados, depende do levantamento das necessidades do mesmo. É de suma importância o conhecimento dos produtos, movimentações diárias, temperatura de trabalho e capacidade de armazenamento, para que possa ser definido adequadamente o equipamento de refrigeração, espessuras corretas de isolamento e necessidades mínimas de vedação, buscando a melhor relação custo benefício”.

Segundo Vilain (2018) O equipamento de refrigeração permite selecionar a temperatura de trabalho (set point) numa faixa entre + 20°C até - 45°C. Temperaturas inferiores a - 45°C podem ser atingidas mediante a utilização do equipamento em sistema cascata, ou seja, o primeiro estágio refrigera o segundo estágio, que por sua vez mantém a temperatura da câmara dentro do pretendido.

Um sistema de refrigeração simples é constituído de quatro componentes principais, são eles: o compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador, conforme apresentado na Figura 4. Estes devem estar conectados de modo a gerar circuito por onde irá ocorrer a passagem do fluido refrigerante (SILVA, 2007).

**TABELA 2:** Componentes utilizados num circuito de Refrigeração.

| Itens | Componentes                               | Definição Componentes                                                                                                               |
|-------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Compressor                                | Tem a função de retirar o vapor formado no evaporador de forma a manter as condições de pressão ou temperatura desejada             |
| 2     | Condensador                               | Tem a função de retirar o calor absorvido pelo evaporador                                                                           |
| 3     | Evaporador                                | Tem a função de evaporar o fluido refrigerante dentro de um sistema de refrigeração                                                 |
| 4     | Tubulação                                 | Conjunto de tubos e acessórios responsável pela distribuição de gases, óleos, vapores, lubrificantes e demais líquidos industriais. |
| 5     | Manômetro de baixa Pressão e Alta Pressão | Tem a capacidade de medir pressões de fluidos contidos em sistemas que estão acima ou abaixo da pressão atmosférica.                |
| 6     | Termostato                                | Usados para ligar ou desligar o compressor ao atingir a temperatura desejada                                                        |
| 7     | Controlador on/off                        | Responsável por controlar a temperatura da câmara frigorífica                                                                       |
| 8     | Fluido Refrigerante                       | Produto químico responsável pelas trocas térmicas nos sistemas de refrigeração                                                      |
| 9     | Válvula Expansão                          | Regular a injeção de líquido refrigerante nos evaporadores                                                                          |
| 10    | Serpentina                                | Têm a função de aquecer, resfriar ou condensar                                                                                      |
| 11    | Ventilador                                | Gera ar frio de forma ativa na medida necessária para manter a temperatura estabelecida no termostato.                              |
| 12    | Dutos                                     | Utilizado para a realização de escape a partir de uma área de trabalho                                                              |

(Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2019)

Segundo Pereira (2004), a eficiência da utilização das câmaras frias é de extrema importância para toda a cadeia da carne, em especial para os frigoríficos, devido à grande necessidade de acelerar todo o processamento, além de reduzir as contaminações de microrganismos, que interferem na qualidade da carne. Dessa forma, a temperatura, em que as carcaças são submetidas, tornou-se essencialmente importante para a qualidade da carne.

Também para Pereira (2004) a fim de encontrar a satisfação do consumidor, no que se refere ao consumo de carne bovina, a temperatura da carne deveria ser monitorada desde o processo de conservação, dependente de vários setores constituintes da cadeia (frigorífico, supermercados, consumidor) congelamento, descongelamento e finalmente, através do processo de cozimento, que depende exclusivamente da temperatura e do tempo de cozimento utilizado pelo consumidor, no preparo da carne.

O tema mostrará que um sistema de refrigeração bem dimensionado pode acarretar melhorias quanto ao armazenamento e conservação carcaça bovina. Estará também abordando todas as etapas necessárias e pertinentes a este conteúdo e que possibilita efetuar os cálculos para análise da carga térmica e seleção de equipamentos.

Diante desse cenário, o objetivo deste estudo será calcular a carga térmica de uma câmara frigorífica para resfriamento de carcaças bovinas e encontrar equipamentos que atendam esta carga.

### 1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Como fazer o cálculo de carga térmica e seleção de equipamentos de câmara frigorífica para carcaça bovina?

### 1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Como o correto sistema de refrigeração irá melhorar a confiabilidade e longevidade da conservação da carcaça bovina.

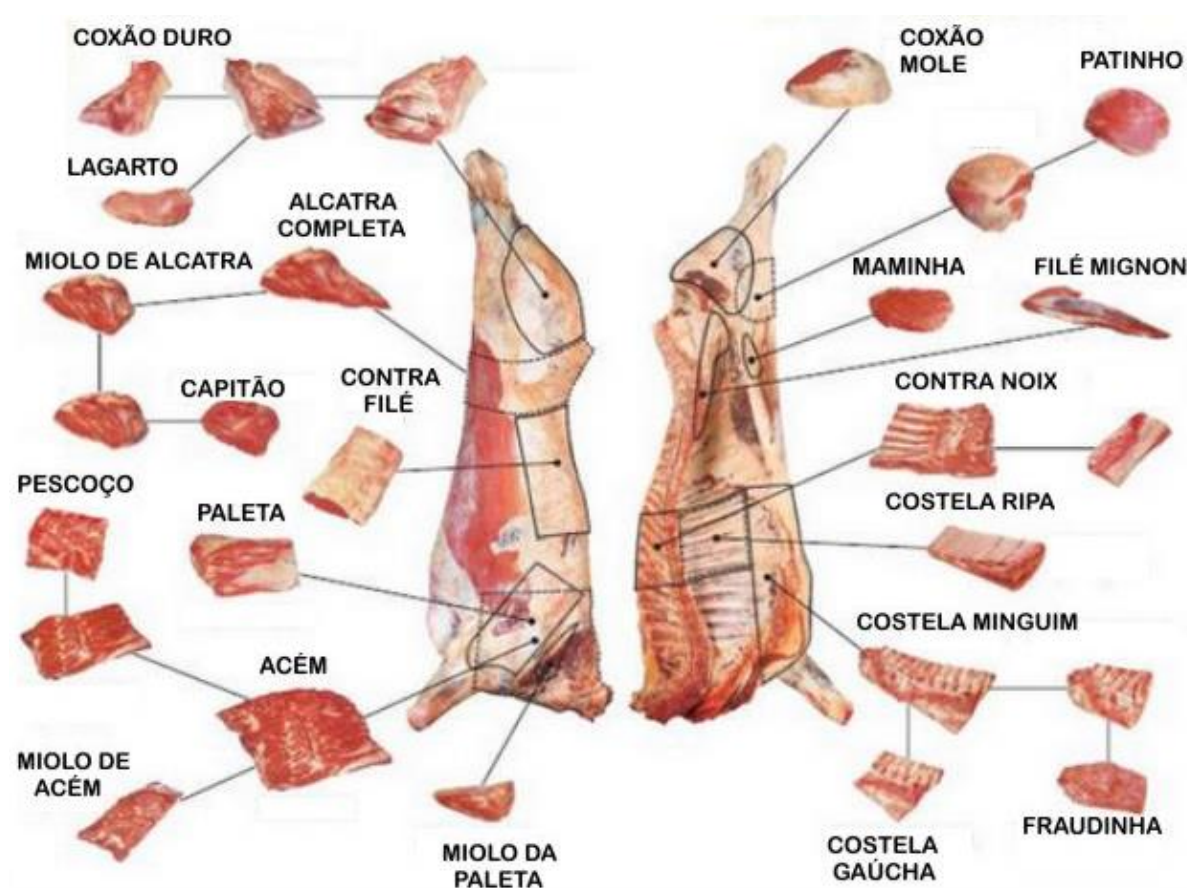
Como o correto sistema de refrigeração não irá melhorar a confiabilidade e longevidade da conservação da carcaça bovina.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFIA

### 2.1. CARNE BOVINA

De acordo com Lawrie (2005), a carne é definida como a musculatura dos animais usada como alimento. Na prática, esta definição está restrita a poucas dúzias das 3.000 espécies de mamíferos, mas frequentemente, estão amplamente incluídos, além da musculatura, órgãos como fígado e os rins, o cérebro e outros tecidos comestíveis.

Considera-se carne como sendo o produto formado pelos tecidos musculares, conjuntivo, epitelial, ósseo e adiposo, além de outros órgãos que sejam considerados comestíveis (PARDI et al.,1995).



**FIGURA 1:** Carcaça bovina e seus cortes  
(Fonte: <http://www.casadecarnesberti.com.br/index-3.html>)

A carne é um dos alimentos mais perecíveis, necessitando sempre da utilização de métodos de conservação eficientes e também eficazes, especialmente após o abate do animal. Sendo assim um objeto de estudos e preocupações por parte de pesquisadores com relação às condições higiênicas sanitárias, uma vez que os produtos de origem animal têm notável importância na alimentação da população, devido a sua constituição (LUNDGREN, 2009).

Segundo Sarcinelli (2007), para obter carne bovina de qualidade é necessário observar cuidados que vão desde o nascimento do animal até o preparo do produto final. O consumidor final busca carne com boa palatabilidade e aparência. A produção de carne deve ter como princípio produzir com a máxima qualidade, a fim de preservar os benefícios que o alimento pode proporcionar ao consumidor. A obtenção da Carne em condições não adequadas pode afetar diretamente a saúde do consumidor através de infecções e intoxicações alimentares.

Portanto, a temperatura de armazenamento baixa é extremamente importante para controlar os microorganismos que se desenvolvem na carne (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

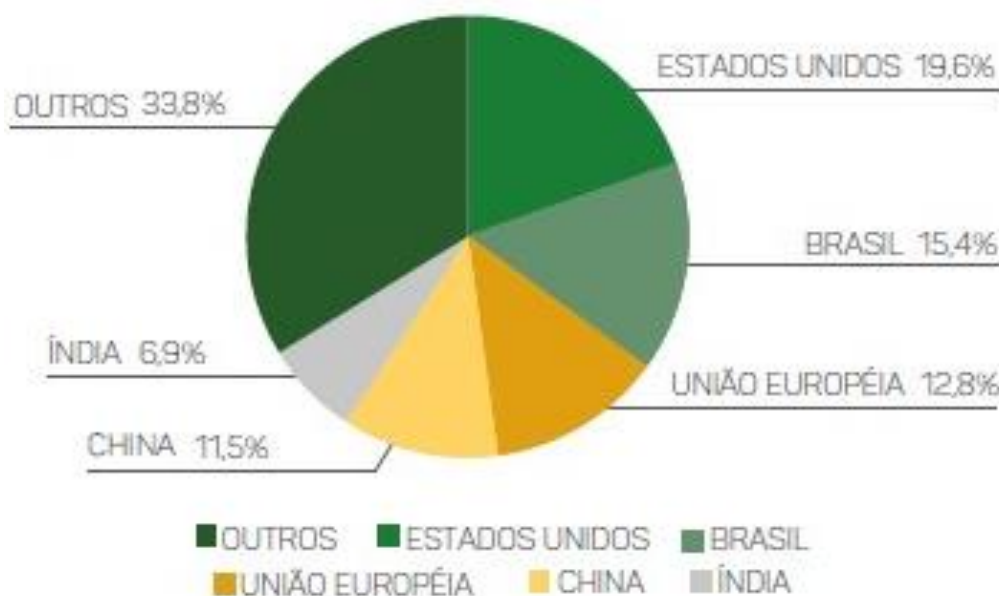
O correto armazenamento dos produtos alimentícios é fundamental em qualquer empresa alimentícia. Devem ser observadas e mantidas as condições satisfatórias de controle de temperatura, limpeza, rotatividade dos estoques e ventilação, para garantir a conquista e manutenção de bons padrões de higiene (HAZELWOOD, 1994).

De acordo com a EMBRAPA, o Brasil é um dos mais importantes produtores de carne bovina no mundo, resultado de décadas de investimento em tecnologia que elevou não só a produtividade como também a qualidade do produto brasileiro, fazendo com que ele se tornasse competitivo e chegasse ao mercado de mais de 150 países. Em 2015 o país se posicionou com o maior rebanho (209 milhões de cabeças), o segundo maior consumidor (38,6 kg/habitante/ano) e o segundo maior exportador (1,9 milhões toneladas) de carne bovina do mundo, tendo abatido mais de 39 milhões de cabeças. 80% da carne bovina consumida pelos brasileiros é produzida no próprio país - o parque industrial para processamento tem capacidade de abate de quase 200 mil bovinos por dia.

Além do aumento da população, o aumento no consumo da proteína bovina também virá do poder de compra do consumidor. A OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) prevê que a taxa de crescimento anual para os países em desenvolvimento será maior frente a de países desenvolvidos. (ANDRADE, 2018).

Ainda para Andrade (2018), a Índia é o país que mais cresce, com projeções de 7,5% ao ano, seguido pela China com 6,4% e Indonésia com 5,4%. Em contrapartida em países desenvolvidos, o Reino Unido, por exemplo, crescerá 1,3% ao ano, França 1,9%, Alemanha

2,0%, Estados Unidos 2,8% e Austrália 3,0% (OCDE). Ou seja, o consumo de carne bovina crescerá, e de onde virá a produção?



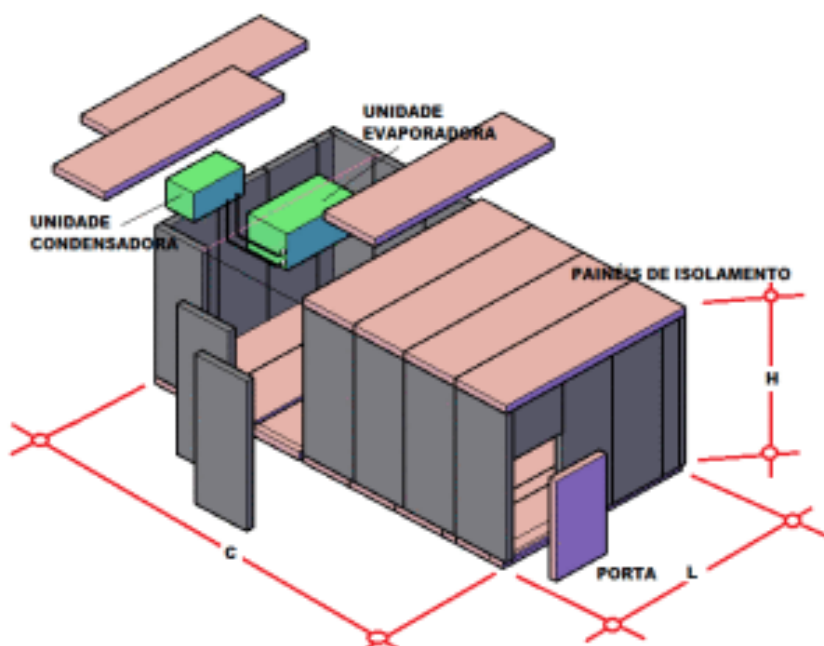
**GRAFICO 1:** Produção mundial de carne bovina em 2017  
(Fonte: ANDRADE, 2018)

## 2.2. CÂMARA FRIFORÍFICA

Uma câmara frigorífica é qualquer espaço de armazenagem, que tenha as suas condições internas controladas por um sistema de refrigeração (CHAGAS, 2012).

Para que o resfriamento de carcaças promova os resultados esperados são necessárias instalações adequadas e estruturas especializadas, chamadas “câmaras frias”, bem como o cumprimento das especificações técnicas requeridas, sua manutenção periódica e o treinamento apropriado para os operadores de tal maquinário (SIPAMA, 1965).

As câmaras frigoríficas têm, como importância fundamental, a conservação de alimentos. O armazenamento em câmaras frias conserva os alimentos frescos em temperaturas baixas e essa alocação retarda o desenvolvimento de microrganismos e a ação das enzimas (SOARES, 2010).



**FIGURA 2:** Câmara frigorífica  
(Fonte: <https://blogdesenhotecnico.wordpress.com>)

Com relação à estrutura em si de entrepostos frigoríficos (conjuntos de câmaras frias), ela pode ser tanto de concreto armado quanto metálica. Normalmente, são adotados tijolos cheios, furados ou aglomerados de cimento que resistem melhor às baixas temperaturas (COSTA, 1982).

A maioria dos processos de refrigeração em carcaças de animais é empregada principalmente para garantir a segurança alimentar, maximizar a vida útil e reduzir as perdas de peso, com menos ênfase na manutenção da maciez e dos parâmetros de cor do produto acabado. Se as condições de refrigeração estão sendo atendidas por exigências regulatórias, como parte de um ponto crítico de controle de um sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), ou como boas práticas, outros fatores podem ser mais importantes que afetam diretamente a satisfação dos consumidores do produto (SAVELL, MUELLER & BAIRD, 2005)

O sucesso na instalação e a permanência eficiente de uma câmara frigorífica estão diretamente ligados à qualidade do projeto (montagem, testes, operação e manutenção), profissionais competentes e segurança dos operadores (FRIGONEWS, 2011).

O Brasil apresenta regulamentação específica para a produção, o armazenamento e comercialização de carne bovina, como dispõe a Portaria nº 304, de 22 de Abril de 1996, Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA – Decreto 9069 de 31 de maio de 2017 altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que

regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal) e Manual de Inspeção de Carne Bovina 11 (2007), na qual é consolidada a metodologia e procedimento técnico da atividade.

Na etapa de operação, devem-se tomar alguns cuidados. Primeiramente, com relação às temperaturas em que os alimentos devem ser armazenados. Cada tipo de alimento deve ser mantido a uma temperatura específica para preservar suas propriedades. Por exemplo, frutas e verduras devem operar a 3 °C e umidade relativa de 80%, além de uma sala de preparo que deve ser mantida a 15 °C. Por sua vez, carnes e frios devem ser armazenados a 0 °C e umidade relativa de 80 °C, além de uma sala de preparo a 13 °C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).



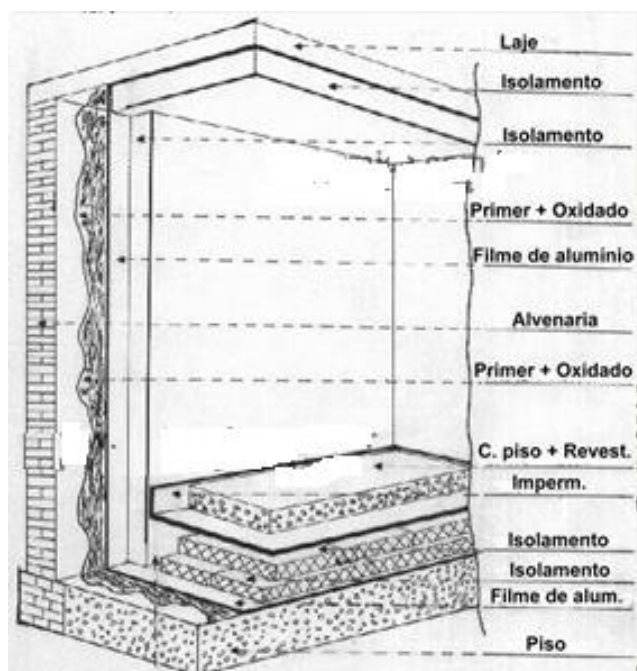
**FIGURA 3:** Armazenamento Carcaça Bovina

(Fonte: <http://www.frigoserrano.com.br>)

O processo de verificação inicia-se durante a própria supervisão da construção. A primeira etapa é o acompanhamento da montagem do gabinete em painéis isotérmicos pré-moldados (que representa quase a totalidade do isolamento das câmaras fabricadas no Brasil). Essa verificação tem como objetivo a garantia da perfeita continuidade entre os isolantes térmicos, eliminação de pontes de frio e a aplicação adequada de barreiras de vapor onde necessário (NETO e SALOMÃO, 2011).

### 2.2.1 – Materiais Câmara

Câmara frigorífica, é um espaço no qual são armazenados produtos que devem ser mantidos a temperaturas e condições determinadas. As câmaras frigoríficas de alvenaria são amplamente utilizadas quando deseja-se armazenar grande quantidade de produtos.



**FIGURA 4:** Esquema de uma Câmara Frigorífica em Alvenaria  
(Fonte <https://tectermica.com.br>)

O projeto para fabricação e execução seguem as normas ABNT NBR, conforme Anexo 3, bem como as normas sanitárias vigentes, sendo que a câmara frigorífica será composta basicamente por:

#### 2.2.1.1. Revestimento

Revestimentos em aço galvanizado e pré-pintado na cor branca RAL 9003, Aço Inox 304; A galvanização é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço contra a corrosão. Entre todos os métodos aplicados no combate à corrosão um dos mais difundidos é a galvanização, por ser um revestimento de mais fácil aplicação e o mais prático

### 2.2.1.2 - Isolamento Térmico

Os isolantes são, normalmente, porosos e a sua resistência térmica se deve, em grande parte, à baixa condutividade térmica do ar contido nos seus vazios (CHAGAS, 2012).

Na realidade, a transferência de calor se dá através de condução na parte sólida, enquanto que nos vazios acontece por condução, convecção e radiação. Entretanto, devido à imobilidade do ar e ao princípio das placas intermediárias, tanto a convecção quanto a irradiação nos materiais isolantes são desprezíveis (COSTA, 1982).

Para paredes em alvenaria, o isolante deve ser aplicado sempre em duas ou mais camadas contrafiadas. De modo a fixar o isolante, podem ser adotados sarrafos ou arames com chumbadores (COSTA, 1982).

Nos pisos de concreto, o isolante é lançado em 2 camadas contrafiadas simplesmente coladas com asfalto e protegidas por laje de concreto para uniformização da carga. Para pisos térreos com câmaras de temperaturas superiores a 0°C, uma simples drenagem é suficiente. Entretanto, tratando-se de piso térreo com câmaras de temperaturas inferiores a 0° C, adota-se porão ventilado para evitar o congelamento (COSTA, 1982).

**TABELA 3:** Isolante Térmicos Usados na Construção de Câmaras

| Material                                                | Cortiça | Fibra de vidro | Poliestireno expandido | Poliuretano expandido |
|---------------------------------------------------------|---------|----------------|------------------------|-----------------------|
| Densidade (kg/m <sup>3</sup> )                          | 100-150 | 20-80          | 10-30                  | 40                    |
| Condutibilidade térmica (kcal/mh°C)                     | 0,032   | 0,030          | 0,030                  | 0,020                 |
| Resistência à passagem de água                          | Regular | Nenhuma        | Boa                    | Boa                   |
| Resistência à difusão de vapor, em relação ao ar parado | 20      | 1,5            | 70                     | 100                   |
| Segurança ao fogo                                       | Pobre   | Boa            | Pobre                  | Pobre                 |
| Resistência à compressão (kgf/m <sup>2</sup> )          | 5.000   | Nenhuma        | 2.000                  | 3.000                 |

(Fonte: NEVES FILHO, 1991)

- Cortiça: Isolante térmico de uso mais antigo. É um material orgânico (de origem biológica). Tem como vantagem a inércia térmica. (MCASSAB,2015)
- Fibra de Vidro: Relativamente pouco usado, é um material muito interessante, proporciona um bom isolamento térmico, porem não é maleável. É constituído por vidro reciclado, com o qual é feita uma espuma a quente, deixando células estanques com gás

enclausurado, que atuam como meio isolante este material é muito utilizado para o isolamento de pontes térmicas na construção ou como pilares em paredes. (MCASSAB, 2015)

- EPS: Mais conhecido como Isopor, devido a sua combustibilidade são incorporados retardantes a chama na sua produção passando o poliestireno assim a ser denominado dificilmente inflamável. (MCASSAB, 2015)
- PU: A espuma de PU é conhecida por ser um material isolante de muito bom rendimento e elevada performance. Sua aplicação pode ser realizada por injeção, mistura manual, spray (Projeção), placas laminadas, tornando-o um material muito versátil. (MCASSAB, 2015)

#### 2.2.1.3. Tubulações

Deverão ser definidos os diâmetros das linhas de vapor (linha de baixa pressão - sucção) e de líquido (linha de alta - entrada do evaporador). O diâmetro destas linhas é função da perda de carga (queda de pressão) nos trechos retos de tubulação e também nos acessórios utilizados que provocam perdas de carga localizadas, (VILAIN,2018).

#### 2.2.1.4 – Termostato

É um componente cuja função é a de controlar a temperatura ambiente (interna ou externa) mantendo-a o mais estável possível. Ele atua parando ou colocando em funcionamento o compressor, automaticamente.

São instrumentos que se baseiam no fenômeno de dilatação sofrida pelos corpos quando aquecidos (SILVA, 2007). Em um sistema de refrigeração os termostatos são usados para ligar ou desligar o compressor ao atingir a temperatura desejada dentro da câmara fria

#### 2.2.1.5. Serpentina

Refrigera o ar que irá para o ambiente a ser climatizado, através do fluido refrigerante. O cobre é um material mais resistente que o alumínio e tem uma condutibilidade

térmica maior, por isso é o mais procurado no mercado e o mais indicado pelos profissionais do ramo.

#### 2.2.1.6. Ventiladores

Ventilador é uma máquina de fluxo, necessariamente um equipamento (operatriz) que opera com substâncias gasosas ao invés de líquidas. São considerados turbomáquinas geratrizes que se destinam a produzir deslocamento de fluidos gasosos. Ventiladores são máquinas que produzem fluxos de ar ou de outros gases, com vazões relativamente altas e pressões baixas. Embora possam ser usados com qualquer gás, na prática o ar está quase sempre presente, seja na forma natural como climatização e ventilação, seja misturado com outros gases como exaustão de algumas máquinas térmicas (ANDRADE, 2018).

#### 2.2.1.7. Porta frigorífica

Um dos elementos mais importantes para o funcionamento correto e eficiente de qualquer tipo de câmara fria ou frigorífica é a porta. Fabricada em medidas padronizadas ou sob medida, elas precisam demonstrar resistência, segurança, durabilidade e eficácia no isolamento. De modo geral, a porta para câmara frigorífica precisa ser fabricada com revestimento de aço galvanizado que recebe um tratamento para aumentar a sua resistência à oxidação e facilita a sua pintura. Esta é quase sempre feita na cor branca. Resumidamente, é possível definir a porta para câmara frigorífica em giratória ou de correr. A porta giratória é fixada por meio de dobradiças metálicas padronizadas e reforçadas. Já a porta de correr funciona por meio de um trilho que permite o seu deslizamento (VILAIN, 2018).

### 2.3. CICLO DE REFRIGERAÇÃO

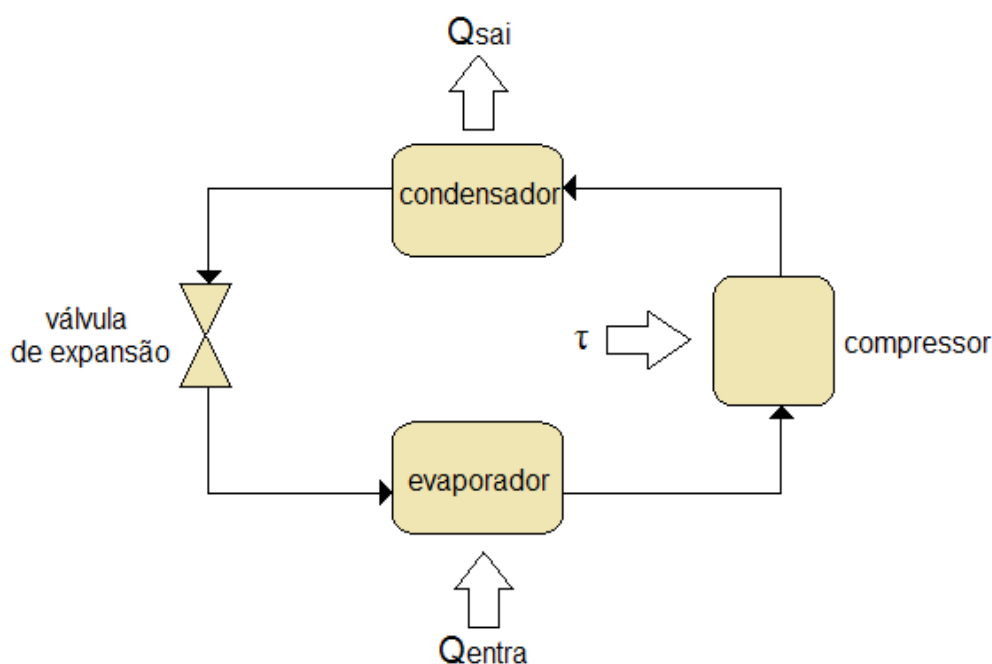
Deve-se ter em mente que um ciclo de refrigeração é um sistema térmico que transfere energia em forma de calor de uma região de baixo potencial energético para uma região de alto potencial energético. Como o saldo de variação de energia é positivo, significa que a

energia adentra no sistema, portanto, em um ciclo de refrigeração se faz necessária uma fonte de energia externa (FERZOLA, 2010).

A refrigeração por compressão de vapor é a mais usada no condicionamento de ar de ambientes, para resfriamento e congelamento de produtos e em equipamentos frigoríficos. Neste sistema o fluido refrigerante entra no evaporador a baixa pressão, na forma de mistura de líquido mais vapor, e retira energia do meio interno enquanto passa para o estado de vapor. O vapor entra no compressor onde é comprimido e bombeado, tornando-se vapor superaquecido e deslocando-se para o condensador, que tem a função de liberar a energia retirada do ambiente. O fluido, ao liberar energia, passa do estado de vapor superaquecido para líquido (condensação) e finalmente entra no dispositivo de expansão, onde tem sua pressão reduzida, para novamente ingressar no evaporador e repetir-se assim o ciclo (FERRAZ, 2008).

A análise da carga térmica de refrigeração, que é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada do ambiente, origina-se de várias fontes de calor, é geralmente expressa em kcal/h, de modo a serem mantidas as condições de temperatura e umidade estabelecidas (MULLER, 2007).

Os cálculos de carga térmica são a principal base de projeto para os sistemas e componente de refrigeração, pois eles afetam o dimensionamento das tubulações, dos trocadores de calor, ventiladores e compressor (ASHRAE, 2009).



**FIGURA 5:** Ciclo de Refrigeração  
(Fonte: GARCIA et al., 2007)

### 2.3.1 – Compressor

O compressor é um equipamento mecânico cuja principal função é succionar o fluido refrigerante com baixa pressão e comprimi-lo, e encaminhar ao condensador à elevada pressão e alta temperatura, deixando assim o fluido na fase de vapor superaquecido, ou seja, é responsável por criar diferença de pressão no circuito de refrigeração e circular o fluido refrigerante pelo sistema (WYGLEN, 2013).

A maioria das linhas de refrigeração residencial utiliza compressores com circulação natural do ar, ou seja, convecção natural. Já as linhas industriais, ar condicionado e câmaras frigoríficas, utilizam condensadores que recebem uma circulação forçada provocada por ventiladores, convecção forçada. As aletas utilizadas nos condensadores servem para melhorar a transferência de calor entre o fluido refrigerante e o meio em que está instalado, o ar do ambiente (SILVA, 2007).

A capacidade frigorífica e sua potencia de acionamento são as características mais importantes de um compressor (STOECKER e JONES, 1985)

O compressor desempenha um papel muito importante no sistema de refrigeração. Ele é responsável por elevar a pressão e dar vazão ao fluido refrigerante (PEREIRA, 2006). Os compressores podem ser classificados quanto ao tipo de acoplamento e quanto ao tipo de compressão



**FIGURA 6:** Compressor  
(Fonte: <http://www.directindustry.com/pt>)

### 2.3.2 – Condensador

O condensador é um equipamento mecânico, um trocador de calor, cuja função é basicamente rejeitar o calor e transferi-lo para o ambiente externo (SALVADOR, 1999).

Condensador é o elemento do sistema de refrigeração que têm por finalidade transformar o gás quente a alta pressão, advindo do compressor, em líquido. Para tal, o condensador rejeita o calor contido no fluido refrigerante para alguma fonte de resfriamento. Segundo Costa (1975), esta operação, transferir o calor do fluido para o meio, é possível utilizando água, ar ou ar e água simultaneamente

O fluido sob alta pressão entra no condensador até que se transforme de estado gasoso para o estado líquido, então o condensador permite que o estado líquido do fluido se transforme em uma mistura de vapor com líquido, esse estado é denominado vapor saturado. O processo consiste em um vapor aquecido, que passa pelo condensador e entra em contato com uma superfície com uma temperatura menor, ou seja, inferior ao seu ponto de ebulição, assim ele condensa (WYGLEN, 2013).

Segundo Lauand (1999), o condensador serve basicamente para liquefazer os vapores formados no evaporador, através do processo de ebulição, sendo constituído por várias serpentinas que atravessam uma malha de ferro que melhorará a dissipação do calor.



**FIGURA 7:** Condensador  
(Fonte: <http://www.frigopack.com>)

### 2.3.3 – Evaporador

A função do evaporador, basicamente, é retirar o calor do meio e refrigerar, diminuindo sua temperatura até um valor específico (ZIGMANTAS, 2006).

O evaporador é um equipamento mecânico, ou seja, um trocador de calor que tem um papel fundamental no ciclo de refrigeração, que é absorver o calor do meio a ser resfriado causando o efeito frigorífico (ANTUNES, 2007).

Para Ferraz e Gomes (2008), o evaporador tem papel fundamente nos sistemas de refrigeração, com a finalidade de extrair o calor do meio a ser resfriado, fazendo com que o fluido refrigerante mude de estado, saindo da fase líquida para a fase gasosa. Esses componentes do sistema também são conhecidos como serpentina de congelamento, já que fica localizada na parte superior dos refrigeradores domésticos onde os alimentos são congelados.

O evaporador pode ser definido como um equipamento que realiza trocas térmicas, com o objetivo de absorver o fluxo térmico que é proveniente do meio a ser refrigerado (RAPIN, 2001).

Segundo Ferraz e Gomes (2008), o evaporador tem a função de evaporar o fluido refrigerante dentro de um sistema de refrigeração com o calor necessário retirado do ambiente do processo, podendo ser construído de alumínio ou ferro, funcionando como um trocador de calor.



**FIGURA 8:** Evaporador

(Fonte: <https://frigoristas.wordpress.com/evaporadores/>)

### 2.3.4 – Válvula de Expansão

Na válvula de expansão ocorre a diminuição da pressão do fluido refrigerante com uma mudança de fase parcial de líquido para líquido mais gás. Com a diminuição da pressão a troca de calor na forma de vaporização do fluido no evaporador fica favorecida, além disso, a temperatura mais baixa também favorece a troca térmica. (MENDES, 2012)

O dispositivo de expansão também pode ser chamado de válvula de expansão. Sua função é regular o fluxo do fluido, garantir que ele se evapore por completo na serpentina, para garantir a redução da pressão do ciclo (FERRAZ, 2008)

Segundo Lauand (1999), um capilar constituído de cobre e com diâmetro pequeno, tem seu comprimento dimensionado conforme o sistema do refrigerador, sendo que o diâmetro utilizado irá depender da temperatura que deseja atingir



**FIGURA 9:** Válvula de Expansão

(Fonte: <http://www.refribras.com.br>)

### 2.3.5 – Fluidos Refrigerantes

O fluido refrigerante é o responsável por absorver o calor do ambiente a ser refrigerado. De acordo com Ferraz e Gomes (2008), esses fluidos refrigerantes não podem ser utilizados para outras finalidades a não ser para os sistemas de refrigeração, já que não existem fluidos que reúnem todas as propriedades desejáveis para quaisquer processos.

Os refrigerantes podem ser classificados como primários ou secundários. Os refrigerantes primários são geralmente utilizados em sistemas de compressão a vapor. Já os secundários são líquidos usados para transportar energia térmica à baixa temperatura de um local para o outro. Outros nomes para esses refrigerantes são anticongelantes e salmouras. (MIRANDA, 2008).

O fluido chamado refrigerante absorve calor de uma substância do ambiente a ser resfriado. Dependendo da finalidade e das condições de operação, o fluido que mais se adequa é escolhido, uma vez que não há um refrigerante que possua todas as qualidades consideradas ideais. Condensar-se a pressões moderadas, evaporar-se a pressões acima da atmosférica, ser quimicamente estável, não ser corrosivo, não ser tóxico, ser de fácil localização em caso de vazamentos e não atacar a camada de ozônio são algumas das principais propriedades de um bom refrigerante (FERRAZ, 2008).



**FIGURA 10:** Fluido Refrigerante  
(Fonte: <http://www.multifrio.com.br>)

## 2.4. PSICROMETRIA

A psicrometria é a ciência que estuda as propriedades termodinâmicas do ar úmido e o uso destas propriedades na análise das condições e processos que envolvem o ar úmido (BEYER, 2012).

Segundo a ASHRAE (2001), quando se utiliza uma carta psicrométrica, com duas propriedades termodinâmicas concordantes, pode-se obter qualquer outra contida na carta psicrométrica, ou seja, obtendo-se a temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido do ar em um determinado ambiente, pode-se obter a umidade relativa deste ambiente. Para ambientes abertos ao ar exterior e com altitude próximas do nível do mar se considera a atmosfera padrão como 101,325 kPa e se utiliza a carta psicrométrica respectiva a essa pressão

No processo psicrométrico para qualquer estado do ar úmido, há uma temperatura  $T_{bu}$  na qual a água líquida evapora no ar para levá-lo à saturação nesta mesma temperatura e pressão. Para pressão constante, o conteúdo de umidade aumenta de um valor inicial  $W$  até um valor  $W_{s,bu}$  correspondente a saturação na temperatura  $T_{bu}$ . A entalpia é levemente aumentada de um valor inicial  $h$  até um valor  $h_{s,bu}$ , correspondente a saturação na temperatura  $T_{bu}$ . A massa de água adicionada por unidade de ar seco é dada pela relação (BEYER, 2012):

**TABELA 4:** Tabela de Valores psicrométricos para Câmara Fria

| Temp.<br>(°C) | Umidade Relativa |        |       |        |       |        |       |        |       |        |
|---------------|------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|               | 50%              |        | 60%   |        | 70%   |        | 80%   |        | 90%   |        |
|               | h                | v      | h     | v      | h     | v      | h     | v      | h     | v      |
| 35            | 19,49            | 0,8978 | 21,54 | 0,9030 | 23,82 | 0,9082 | 26,12 | 0,9135 | 28,46 | 0,9188 |
| 32            | 16,83            | 0,8852 | 18,71 | 0,8895 | 20,61 | 0,8938 | 22,53 | 0,8981 | 24,47 | 0,9025 |
| 30            | 15,37            | 0,8771 | 17,00 | 0,8809 | 18,68 | 0,8847 | 20,37 | 0,8885 | 22,09 | 0,8924 |
| 20            | 9,20             | 0,8401 | 10,00 | 0,8421 | 10,99 | 0,8441 | 11,89 | 0,8460 | 12,80 | 0,8480 |
| 10            | 4,68             | 0,8070 | 5,14  | 0,8080 | 5,60  | 0,8090 | 6,06  | 0,8000 | 6,52  | 0,8109 |
| 5             | 2,81             | 0,7914 | 3,13  | 0,7920 | 3,46  | 0,7927 | 3,78  | 0,7934 | 4,11  | 0,7941 |
| 1             | 1,45             | 0,7791 | 1,69  | 0,7796 | 1,93  | 0,7802 | 2,17  | 0,7807 | 2,42  | 0,7812 |
| -5            | -0,46            | 0,7611 | -0,32 | 0,7614 | -0,16 | 0,7617 | -0,02 | 0,7620 | 0,12  | 0,7623 |
| -10           | -1,92            | 0,7464 | -1,83 | 0,7466 | -1,73 | 0,7468 | -1,64 | 0,7470 | -1,54 | 0,7472 |
| -20           | -4,61            | 0,7175 | -4,57 | 0,7176 | -4,54 | 0,7176 | -4,50 | 0,7177 | -4,46 | 0,7178 |
| -30           | -7,13            | 0,6889 | -7,12 | 0,6890 | -7,10 | 0,6890 | -7,09 | 0,6890 | -7,08 | 0,6890 |

(Fonte: (ASHRE Fundamentais,1989))

## 2.5. CARGA TÉRMICA

A carga térmica é a quantidade de calor sensível e calor latente que deve ser retirada ou colocada no recinto a fim de proporcionar as condições desejadas (CREDER, 2004)

Quando o produto é resfriado ou congelado resultar-se-á uma carga térmica formada, basicamente, pela retirada de calor, de forma a reduzir sua temperatura até o nível desejado. Já na estocagem do produto, a carga térmica é função do isolamento térmico, abertura de porta, iluminação, pessoas e motores. (SILVA, 2007). Assim, o cálculo de sua capacidade ou carga térmica envolve basicamente quatro fontes de calor: Transmissão de calor através das paredes, piso e teto. Infiltração de calor do ar no interior da câmara pelas aberturas de portas, carga representada pelo produto e outras fontes de calor como motores, pessoas, iluminação, empilhadeiras, etc. (SILVA, 2007)

Carga térmica é a quantidade de calor que deve ser retirada ou fornecida a um local ou sistema, por unidade de tempo, objetivando a manutenção de determinadas condições térmicas (MENEZES, 2005).

As cargas individuais devem ser avaliadas primeiramente depois totalizadas, que é proveniente das seguintes equações, extraídas da norma americana (ASHRAE, 1989).

| Volume da câmara<br>m <sup>3</sup> | Trocas de ar em 24 horas |       |
|------------------------------------|--------------------------|-------|
|                                    | T>0°C                    | T<0°C |
| 5,6                                | 44                       | 22    |
| 8,5                                | 34,5                     | 22    |
| 11,3                               | 29,5                     | 21    |
| 14                                 | 26                       | 20    |
| 17                                 | 23                       | 20    |
| 22,5                               | 20                       | 20    |
| 28,5                               | 17,5                     | 13,5  |
| 42,4                               | 14                       | 15,5  |
| 56,4                               | 12                       | 9,3   |
| 84,5                               | 9,5                      | 9,3   |
| 113                                | 8,2                      | 9,3   |
| 114                                | 7,2                      | 5,6   |
| 169                                | 6,5                      | 5,6   |
| 225                                | 5,5                      | 5,6   |
| 281                                | 4,9                      | 3,8   |
| 422                                | 3,9                      | 3,8   |
| 563                                | 3,5                      | 2,6   |
| 704                                | 3,0                      | 2,6   |
| 845                                | 2,7                      | 2,1   |
| 1127                               | 2,3                      | 1,8   |
| 1408                               | 2,0                      | 1,6   |
| 2112                               | 16,0                     | 1,6   |
| 2817                               | 1,4                      | 1,6   |

**FIGURA 11:** Carga Térmica em Câmara Frigorífica  
(Fonte: (ASHRE Fundamentais,1989))

### 2.5.1 Calor do Produto ( $Q_1$ )

Para VILAIN (2018) a parcela correspondente ao calor devido ao produto que entra na câmara, sendo composto das seguintes partes: calor sensível antes do congelamento (resfriamento); calor latente de congelamento; calor sensível após o congelamento (resfriamento após congelado). Quando o produto entra na câmara frigorífica ele precisa ser resfriado numa determinada temperatura. Portanto o calor a ser removido dos produtos resfriados, será calculado pelas Equações de 1 a 4.

• Calor Removido no Resfriamento ( $Q_{1A}$ )

$$Q_{1A} = m.C_1.(T_1 - T_2) \quad (1)$$

Onde

$m$  = Massa de Produto (Kg)

$C_1$  = Calor Especifico Produto

$T_1$  = Temperatura do Produto Inicio do Processo ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_2$  = Temperatura que se quer levar o produto no resfriamento ( $^{\circ}\text{C}$ )

• Calor removido no Resfriamento até a Temperatura de inicio de Congelamento ( $Q_{1B}$ )

$$Q_{1B} = m.C_1.(T_1 - T) \quad (2)$$

Onde:

$m$  = Massa de Produto (kg)

$C_1$  = Calor Especifico Produto (Kal/h/Kg  $^{\circ}\text{C}$ )

$T_1$  = Temperatura do Produto Inicio do Processo ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T$  = Temperatura início congelamento do Produto ( $^{\circ}\text{C}$ )

• Calor Removido no Congelamento ( $Q_{1C}$ )

$$Q_{1C} = m.L \quad (3)$$

Onde:

$m$  = Massa de Produto (Kg)

$L$  = Calor Latente para congelar Produto

- Calor removido na redução de temperatura entre o início de Congelamento até a temperatura final ( $Q_{1D}$ ).

$$Q_{1D} = m.C_2.(T-T_f) \quad (4)$$

Onde:

$m$  = Massa de Produto (Kg)

$C_2$  = Calor Especifico Produto (Kcal/h/Kg °C)

$T_f$  = Temperatura Final que se quer levar o produto congelado (°C)

$T$  = Temperatura do início congelamento do Produto (°C)

#### 2.5.2. Cálculo do Calor do Produto -ENTALPIA ( $Q_2$ )

Segundo Tito e Canto (2006) “A entalpia de um sistema é uma grandeza que informamos a quantidade de energia desse sistema que poderia ser transformado em calor em um processo à pressão constante”. A variação de entalpia permite expressar com clareza o calor absorvido ou liberado em uma mudança de fase. Assim o cálculo do calor do produto – Entalpia será calculado pela Equação 5.

$$Q_2 = \frac{m (h_i - h_f)}{t} \quad (5)$$

Onde:

$m$  = massa de Produto (Kg)

$h_i$  = Entalpia do início processo (Kcal/Kg)

$h_f$  = Entalpia do final processo (Kcal/Kg)

$t$  = Tempo processo (h)

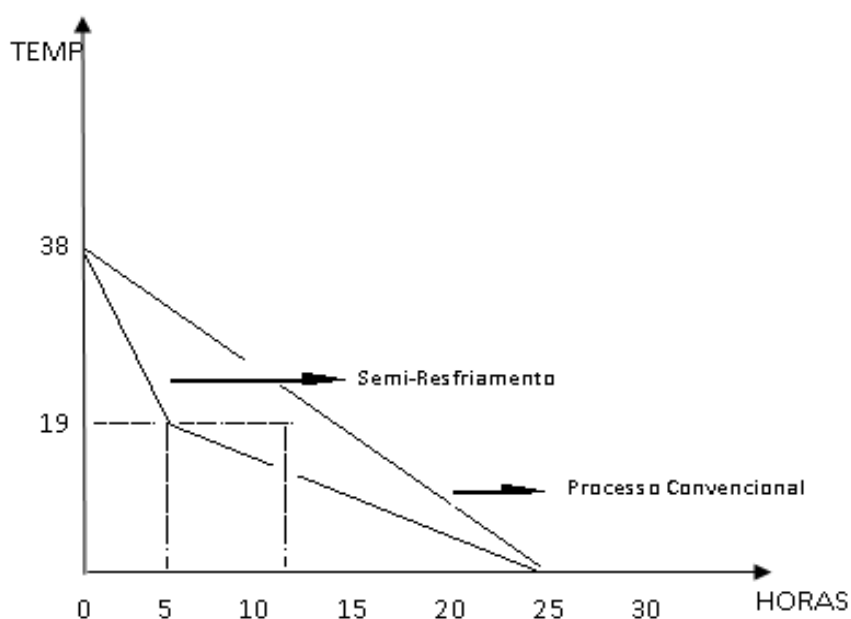
| Alimento/Temperaturas<br>(°C)      | 1    | 3    | 5    | 7    | 10   | 12   | 15   | 17   | 20   | 25   | 30   |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Carne Bovina, Gord. Médias, e Aves | 56,3 | 57,8 | 59,3 | 60,9 | 63,2 | 64,7 | 67   | 68,6 | 70,9 | 74,7 | 78,6 |
| Carne desossada                    | 58,8 | 60,4 | 62   | 63,6 | 65,9 | 67,5 | 69,9 | 71,5 | 73,9 | 77,8 | 81,8 |
| Carne Ovina, Gordura Média         | 54,3 | 55,8 | 57,3 | 58,8 | 61   | 62,5 | 64,8 | 66,3 | 68,5 | 72,3 | 76,1 |
| Carne Suína                        | 51,3 | 52,8 | 54,2 | 55,7 | 57,8 | 59,3 | 61,4 | 62,9 | 65,1 | 68,8 | 75   |
| Filé de Peixe                      | 68,2 | 69,6 | 71,7 | 73,4 | 76   | 77,8 | 80,4 | 82,1 | 84,8 | 89,1 | -    |
| Leite condensado                   | 5,7  | 6,8  | 7,8  | 8,8  | 10,4 | 11,4 | 13   | 14,1 | 15,6 | 18,2 | 20,8 |
| Leite Desnatado                    | 70,3 | 72,3 | 74,1 | 76   | 78,9 | 80,8 | 83,6 | 85,5 | 88,4 | 93,1 | 97,9 |
| Maçãs e outras Frutas              | 65,8 | 67,6 | 69,4 | 71,2 | 73,9 | 75,7 | 78,4 | 80,2 | 82,9 | 87,4 | -    |
| Manteiga                           | 22,8 | 24,4 | 25,9 | 27,5 | 30,2 | 32   | 35,1 | 37,2 | 41   | -    | -    |
| Miúdos                             | 63,2 | 64,9 | 66,6 | 68,2 | 70,7 | 72,4 | 74,9 | 76,6 | 79,9 | 83,3 | 87,4 |
| Ovos Batidos                       | 63,9 | 65,5 | 67,2 | 68,8 | 71,3 | 72,9 | 75,4 | 77   | 79,5 | 83,6 | -    |
| Ovos em Casca                      | 57,4 | 58,9 | 60,4 | 61,9 | 64,2 | 65,7 | 68   | 69,5 | 71,7 | 75,5 | -    |
| Peixe, Baixo teor de gordura       | 64,4 | 66,1 | 67,7 | 69,4 | 71,9 | 73,6 | 76,1 | 77,8 | 80,3 | 84,5 | -    |
| Peixe, Alto teor de gordura        | 60,4 | 62   | 63,6 | 65,2 | 67,7 | 69,3 | 71,8 | 73,4 | 75,8 | 79,9 | -    |
| Queijo                             | 5,3  | 6,7  | 8    | 9,4  | 11,4 | 12,7 | 14,7 | 16   | 18,1 | 21,4 | 24,8 |
| Requeijão                          | 59,5 | 61,2 | 62,9 | 64,6 | 67,1 | 68,8 | 71,3 | 73   | 75,5 | 79,8 | 84   |
| Sorvete                            | 57,3 | 58,9 | 60,6 | 62,2 | 64,7 | 65,8 | 69   | 70,5 | 72,9 | -    | -    |
| Uvas, Damascos e Cerejas           | 57,3 | 59   | 60,7 | 62,4 | 64,9 | 66,6 | 69,2 | 70,9 | 73,4 | 77,7 | -    |

**FIGURA 12: Entalpias**

(Fonte: RUTOV (Instituto de Pesquisa do Frio – Moscou, 1950))

- Calor do Produto no Processo Semi-Resfriamento da carne

No resfriamento de  $\frac{1}{2}$  carcaça bovina, enquanto que o tempo total para resfriá-las da temperatura de abate  $38^{\circ}\text{C}$  até cerca  $0^{\circ}\text{C}$  é de 18/24 horas, o tempo de semi-resfriamento até  $19^{\circ}\text{C}$ , e de aproximadamente 5 horas.

**GRÁFICO 2- Processo Semi-Resfriamento**

(Fonte: ASHARE, Applications, 1982).

### 2.5.3. Carga Térmica do produto Processo Semi resfriamento ( $Q_3$ )

Foi utilizado as Equações 6 e 6<sup>1</sup> para o cálculo da carga térmica, sendo que nesse caso foi considerado as curvas de resfriamento e quebra do produto

$$Q_3 = m \cdot \frac{(h_m - h_i)}{T} \quad \text{e} \quad h_m = \frac{h_i + h_f}{2} \quad (6) \text{ e } (6_1)$$

Onde:

$m$  = massa de Produto (Kg)

$h_m$  = Entalpia Média do Produto (Kcal/Kg)

$h_i$  = Entalpia do início processo (Kcal/Kg)

$h_f$  = Entalpia do final processo (Kcal/Kg)

$T$  = Tempo de semi resfriamento (4,5 a 5 horas)

### 2.5.4. Carga de Infiltração ( $Q_4$ )

É a parcela correspondente ao calor do ar que atinge a câmara através de suas aberturas. Toda vez que a porta é aberta, o ar externo penetra no interior da câmara, representando uma carga térmica adicional (VILAIN (2018) , assim o calor proveniente da abertura das portas, por onde entra o ar quente deve ser calculado pela Equação 7.

$$Q_4 = V \cdot f \cdot \frac{(h_e - h_i)}{V_{esp}} \quad (7)$$

Onde:

$V$  = Volume da Câmara ( $m^3$ )

$f$  = fator (tabela Trocas Ar/24 horas)

$h_e$  = Entalpia ar externo (Kcal/Kg)

$h_i$  = Entalpia ar interno (Kcal/Kg)

$V_{esp}$  = Volume Especifico ar entrada  $m^3/Kg$

### 2.5.5. Carga Térmica Embalagem ( $Q_5$ )

A carga térmica proveniente das embalagens dos produtos estocados no ambiente refrigerado e é calculada pela Equação 8.

$$Q_5 = m \cdot c_{pe} \cdot (T_1 - T_2) \quad (8)$$

Onde:

$m$  = massa Embalagem (Kg)

$c_{pe}$  = Calor Especifico Embalagem (Kcal/h/Kg °C)

$T_1$  = Temperatura entrada embalagem (°C)

$T_2$  = Temperatura final embalagem (°C)

### 2.5.6. Carga Térmica de Pessoas ( $Q_6$ )

As pessoas dissipam calor para o ambiente, devido ao metabolismo do corpo humano, tal carga é calculado pela Equação 9.

$$Q_6 = n \cdot t \cdot g \quad (9)$$

Onde:

$n$  = Número de Pessoas

$t$  = Tempo Permanência dentro câmara (h)

$g$  = Tabela Calor Pessoas (Kcal/pessoas.h)

### 2.5.7. Carga Térmica Iluminação ( $Q_7$ )

Ocorre devido a iluminação dentro da câmara. A iluminação pode resultar em cargas térmicas apreciáveis, portando devem ser renovadas. A carga é calculada pela Equação 10.

$$Q_7 = P \cdot n \cdot 0,86k \cdot t \quad (10)$$

Onde:

P = Potência da Lâmpada (watts)

n = Número Lâmpadas

t = Tempo ligado (h)

0,86 = Fator conversão KW/kcal

#### 2.5.8. Carga Térmica de Motores ( $Q_8$ )

Os motores dos ventiladores forçadores de ar são uma fonte de calor e também, de consumo de energia elétrica. Dentro do possível, deverão ser previstos meios de variar a vazão de ar em função da necessidade de carga térmica do sistema. Isto pode ser feito com a utilização de variadores de frequência ou de motores de dupla velocidade VILAIN (2018). Devido aos motores existe aquecimento dos ventiladores e evaporadores assim a carga térmica é calculada pela Equação 11.

$$Q_8 = p.632,41.t \quad (11)$$

Onde:

p = Potência Motores (cv)

t = Tempo funcionamento (h)

632,41 = Fator de conversão

#### 2.5.9. Carga Térmica de Penetração ( $Q_9$ )

Quando o isolante térmico é considerado resistência à troca de calor por condução. Os sistemas de refrigeração estarão sempre sujeitos a um ganho de calos pelas paredes, o isolamento não é plenamente eficiente, assim sempre haverá perda de calos pelas paredes, o calor tende a se deslocar para uma área aquecida (resfriada). MULLER, (2007), para o cálculo usou-se as Equação 12.

$$Q_9 = \frac{A.k.(T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

Onde:

$A = \text{Área (m}^2\text{)}$

$k = \text{Condutividade Térmica Kcal/m.h } ^\circ\text{C)}$

$T_e = \text{Temperatura Externa } (^\circ\text{C)}$

$T_i = \text{Temperatura Interna } (^\circ\text{C)}$

$E = \text{Espessura (m)}$

| Produto                 | K<br>Kcal/m.h $^\circ\text{C}$ | C<br>Kcal/Kg. $^\circ\text{C}$ | D<br>mm $^2$ /s |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Aço                     | 32,8                           | 0,12                           | -               |
| Aço Inox                | 13,8                           | 0,12                           | 4,0             |
| Alumínio                | 180,3                          | 0,22                           | -               |
| Água Líquida            | 0,52                           | 1,00                           | -               |
| Vapor                   | 0,02                           | 0,49                           | -               |
| Gelo                    | 2,09                           | 0,48                           | -               |
| Ar                      | 0,02                           | 0,24                           | -               |
| Cobre                   | 332,3                          | 0,09                           | -               |
| Concreto                | 0,81                           | 0,16                           | -               |
| Cortiça granulada       | 0,04                           | 0,49                           | -               |
| Dioxido de carbono      | 0,01                           | 0,18                           | -               |
| Lata                    | 52,2                           | 0,06                           | -               |
| Madeira (Pinho)         | 0,13                           | 0,45                           | -               |
| Nitrogênio (Vapor)      | 0,02                           | 0,25                           | -               |
| Nylon                   | 0,21                           | 0,41                           | 0,13            |
| Papelão plano           | 0,12                           | 0,30                           | -               |
| Carregado               | 0,06                           | 0,30                           | -               |
| Papel encerado          | 0,19                           | 0,32                           | -               |
| Poliestireno            | 0,028                          | 0,29                           | -               |
| Poliuterano             | 0,020                          | 0,38                           | -               |
| Poliétileno Alta        | 0,41                           | 0,55                           | 0,22            |
| Baixa Densidade         | 0,28                           | 0,55                           | 0,15            |
| Polipropileno           | 0,10                           | 0,46                           | 0,07            |
| Politetrafluoretileno   | 0,22                           | 0,24                           | 0,12            |
| Tijolo                  | 0,62                           | 0,20                           | -               |
| Vidro                   | 0,95                           | 0,20                           | 0,6             |
| Coeficiente de Potência |                                |                                |                 |
| Estado do Ar            |                                | Kcal/h.m $^2$ .c               |                 |
| Ar parado 1,0 m/s       |                                | 8,05                           |                 |
| Ar mov. 3,3 m/s         |                                | 19,51                          |                 |

**FIGURA 13:** Condutividade térmica (k), calor específico (C), difusividade térmica(D) para diferentes materiais e substâncias

(Fonte: ASHRE Fundamentais, 1989)

#### 2.5.10. Carga Térmica Respiração ( $Q_{10}$ )

O deslocamento em função da carga térmica causado pela respiração das pessoas dentro da câmara é calculado pela Equação 13.

$$Q_{10} = q_v \cdot m_e \cdot T \quad (13)$$

Onde:

$q_v$  = Calor Vital Vegetal Kcal/Kgf.24h)

$m_e$  = Massa Estocada (Kg)

$T$  = Tempo Processo (h)

## 2.6. FÓRMULAS PARA ESCOLHA DO EQUIPAMENTO PARA CÂMARA

### 2.6.1. Evaporador

O evaporador pode ser definido como um equipamento que realiza trocas térmicas, com o objetivo de absorver o fluxo térmico que é proveniente do meio a ser refrigerado. (RAPIN, 2001).

#### 2.6.1.1 Carga por Evaporador

Em geral, utiliza-se a capacidade térmica, a temperatura de evaporação e o tipo de degelo. Sendo que, em alguns modelos o tipo de degelo pode ser determinado posteriormente, facilitando ainda mais a seleção. Caso a capacidade térmica necessária não seja encontrada, deve ser utilizado o valor mais próximo, desde que esteja acima do mínimo calculado. VILAIN (2018). A carga do evaporador é calculada pelas Equações 14 a 20.

$$C_E = \frac{C_t}{Q_e} \quad (14)$$

Onde:

$C_E$  = Carga por Evaporador (Kcal/h)

$C_t$  = Carga Total

$Q_e$  = Quantidade de Evaporadores

- Folga

$$F = \frac{C_E}{C_{\text{hpa}}} \quad (15)$$

Onde:

$F$  = Folga (%)

$C_E$  = Carga por Evaporador

$C_{\text{hpa}}$  = Carga Evaporador HPA 2120

- Número de Trocas

$$N_t = \frac{V}{V_c} \quad (16)$$

Onde:

$N_t$  = Número de Trocas (trocas/24 horas)

$V$  = Vazão ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$V_c$  = Volume Câmara ( $\text{m}^3$ )

- Consumo Ventilador

$$C_W = 6600 \cdot Q_E \quad (17)$$

Onde:

$C_W$  = Consumo em Watts

Tab. = 6600

$Q_E$  = Quantidade de Evaporadores

$$C_v = C_w \cdot 0,86 \quad (18)$$

Onde:

$C_v$  = Consumo Ventilador (Watts)

$C_w$  = Consumo em Watts

$T_{ab} = 0,86$

- Consumo Real Consumo Ventilador

$$C_R = C_T + C_e \quad (19)$$

Onde:

$C_R$  = Consumo Real

$C_T$  = Carga Térmica

$C_e$  = Carga Evaporador

$$C_T = \frac{C_R}{Q_E} \quad (20)$$

Onde:

$C_T$  = Carga Térmica

$C_R$  = Consumo Real

$Q_E$  = Quantidade de Evaporadores

## 2.6.2. Condensador

O condensador é o componente responsável pela troca de calor entre o fluido e o ambiente externo. O fluido refrigerante deixa o compressor após ter sua pressão e temperatura elevada e entra no condensador no estado de vapor superaquecido, onde ocorre a troca de calor latente deixando-o na forma de líquido condensado (FERZOLA, 2010).

O condensador é responsável por rejeitar o calor do fluido refrigerante. Portanto, para selecioná-lo, é necessário que saibamos o calor total absorvido pela substância. Para isso, é importante fazer esse cálculo, o qual será feito pela Equação 21.

- Folga Condensador

$$F_C = \frac{C_e}{C_{uc}} \quad (21)$$

Onde:

$F_C$  = Folga Condensador

$C_e$  = Carga Evaporadora

$C_{uc}$  = Carga Unidade Condensadora

### 3. METODOLOGIA

Na visita realizada na empresa verificou-se os itens abaixo:

- Infra estrutura do Abatedouro:
- Tamanho da câmara existente, medindo com trena laser
- Temperaturas externa e interna, usando termômetro digital
- Infra-estrutura câmará (piso, parede, chão e porta);
- Tipo de isolamento existente:
- Capacidade de carga que a câmara esta submetida;
- Tipo de Produto armazenado;
- Umidade Relativa
- Quantidade de Lâmpadas, entre outros.

Após feito os levantamentos de dados junto a empresa foi avaliado os parâmetros de operação do frigorífico, no qual são acondicionados as carcaças bovinas, tais como: temperaturas de operação da câmara-fria, bem como, as condições de movimentação e armazenagem de produtos, instalações, infra-estrutura, movimentação de pessoas, iluminação, isolamento e materiais a serem utilizados para a correta adequação e operação deste sistema.

#### DADOS PARA CÁLCULO

Tamanho Câmara: 10 m X 10 m

Capacidade: 138 bovinos

Boi Sul: 200 kg Carcaça

Temperatura Interna Câmara: 1° C / 90%

Temperatura Entrada Produto: 30° C /80%

Piso: Cimento Usinado

Porta: 1,6 m X 3,5 m

Altura: 4,5 m

Isolamento Teto: EPS 0,15 m ou 150 mm

Quantidade de Lâmpadas: 8 Lâmpadas 100 W

Quantidade de Pessoas: Em câmara de resfriamento não há fluxo de pessoas

$T_e$  = Norma cidade mais próxima = Norma 16401

$T_{eb}$  = 33,1° C

$T_{ea}$  = -10

$T_{ec}$  = 33,1° C

$$T_{ed} = 33,1^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{ee} = -1^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{porta} = -10$$

$$T_{piso} = 20^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{teto} = 40^{\circ} \text{ C}$$

Umidade dentro Câmara: 90%

Classe 1: Dt 4 a 5

Isolamento Parede EPS 150 mm

Isolamento Piso EPS 10 mm

Capacidade: 138 carcaças x 200 kg/carcaça = 27600 Kg

Volume Câmara: 10,0 x 19,0 x 4,5 = 450,00m

Roteiro para cálculo Carga Térmica

- Do Produto;
- De Infiltração;
- De Penetração;
- Total;

Roteiro Cálculo Escolha Equipamentos

- Evaporador (Folga da carga para Evaporador e Consumo Ventilador)
- Unidade Condensadora (Folga e Carga do equipamento)

### 3.1. LOCAL REALIZAÇÃO PESQUISA



**FIGURA 14:** Fachada do Frigorífico



**FIGURA 15:** Expedição Frigorífico



**FIGURA 16:** Recepção do Frigorífico



**FIGURA 17:** Vista Lateral Frigorífico



**FIGURA 18:** Parte interna Câmara Frigorífica



**FIGURA 19:** Visão Geral da parte interna Câmara Frigorífica



**FIGURA 20:** Evaporador da Câmara Frigorífica



**FIGURA 21:** Condensador da Câmara Frigorífica



**FIGURA 22:** Trilhamento interno da Câmara Frigorífica



**FIGURA 23:** Trilhamento externo Câmara Frigorífica

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. CÁLCULOS DA CARGA TÉRMICA DA CÂMARA FRIGORÍFICA

- Carga Térmica do produto Processo Semi resfriamento ( $Q_3$ )

$$m = 27600 \text{ Kg}$$

$$h_m = 67,45 \text{ Kcal/Kg}$$

$$h_i = 78,6 \text{ Kcal/Kg}$$

$$h_f = 56,3 \text{ Kcal/Kg}$$

$$T = 5 \text{ h}$$

$$h_m = \frac{h_i + h_f}{2} \quad (6_1)$$

$$h_m = \frac{78,6 + 56,3}{2} = 67,45 \text{ kcal/h}$$

$$Q_3 = \frac{m \cdot (h_m - h_i)}{T} \quad (6)$$

$$Q_3 = \frac{27600 \cdot (67,5 - 56,3)}{5} = 61.824 \text{ kcal/h}$$

- Carga de Infiltração ( $Q_4$ )

$$V = 450 \text{ m}^3$$

$$f = 3,9 \text{ (tab. 1.3.2)}$$

$$h_e = 20,37 \text{ Kcal/Kg}$$

$$h_i = 2,42 \text{ Kcal/Kg}$$

$$V_e = 0,8885 \text{ m}^3/\text{Kg} \text{ (tab 1.3.1)}$$

$$Q_4 = V \cdot f \cdot \frac{(h_e - h_i)}{V_{esp}} \quad (7)$$

$$Q_4 = \frac{450 \cdot 3,9 \cdot (20,37 - 2,42)}{0,8885} = 35.455,54 \text{ kcal/h}$$

- Carga Térmica Embalagem ( $Q_5$ )

Como a carcaça bovina não possui embalagem

- Carga Térmica de Pessoas ( $Q_6$ )

Câmara de Resfriamento não tem fluxo pessoas

- Carga Térmica Iluminação ( $Q_7$ )

Não existe iluminação dentro câmara

- Carga Térmica de Motores ( $Q_8$ )

Será adicionado 10%

- Carga Térmica de Penetração ( $Q_9$ )

A = Tabela

k = 0,028

**TABELA 5:** Área da Paredes, Piso e Teto

|                                                           |
|-----------------------------------------------------------|
| $K_{\text{eps}} = 0,028 \text{ kcal/m.h } ^\circ\text{C}$ |
| $AA = 10 \text{ m} \cdot 4,5\text{m}$                     |
| $AB = 10\text{m} \cdot 4,5\text{m}$                       |
| $AC = 10\text{m} \cdot 4,5\text{m}$                       |
| $AD = 9,15\text{m} \cdot 4,5\text{m}$                     |
| $AE = 0,85\text{m} \cdot 4,5\text{m}$                     |
| $APISO = 10\text{m} \cdot 10\text{m}$                     |
| $ATETO = 10\text{m} \cdot 10\text{m}$                     |

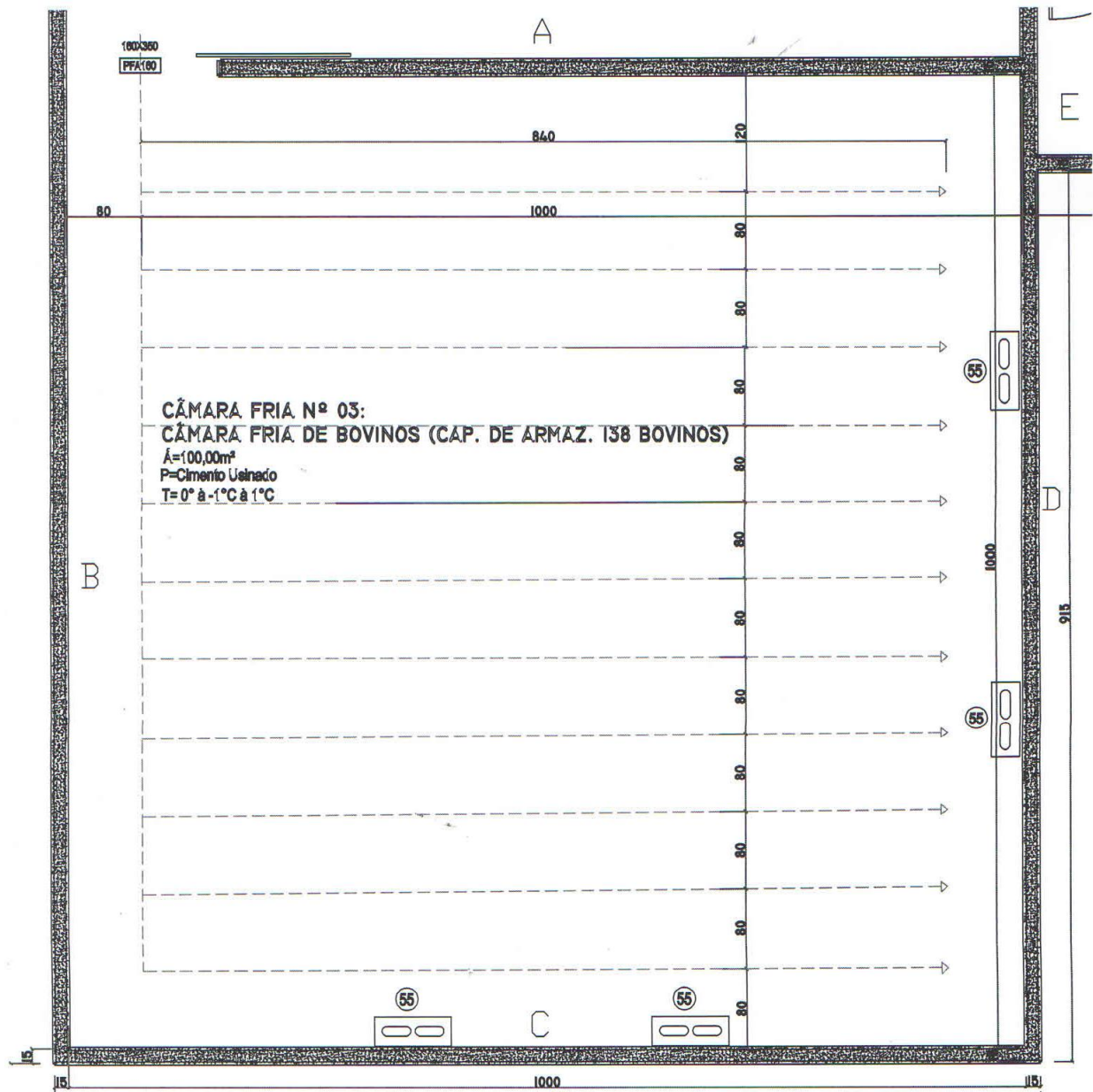


FIGURA 24: Projeto Câmara Frigorífica

$$Q_{9A} = \frac{A \cdot k \cdot (T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

$$Q_{9A} = \frac{10.4.5.0.028 \cdot (-10-1)}{0,15} = -92,4 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{9B} = \frac{A_B \cdot k \cdot (T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

$$Q_{9B} = \frac{10.4.5.0.028 \cdot (33,1-1)}{0,15} = 269,64 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{9C} = \frac{A_C \cdot k \cdot (T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

$$Q_{9C} = \frac{10.4.5.0,028 \cdot (33,1-1)}{0,15} = 269,64 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{9D} = \frac{A_D \cdot k \cdot (T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

$$Q_{9D} = \frac{9,15.4.5.0,028 \cdot (33,1-(-1))}{0,15} = 246,72 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{9E} = \frac{A_E \cdot k \cdot (T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

$$Q_{9E} = \frac{0,85 \cdot 4.5.0,028 \cdot (-1-1)}{0,15} = -0,03 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{PISO} = \frac{A_{PISO} \cdot k \cdot (T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

$$Q_{PISO} = \frac{10.10.0,028(20.-1)}{0,1} = 532 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{TETO} = \frac{A_{TETO} \cdot k \cdot (T_e - T_i)}{E} \quad (12)$$

$$Q_{TETO} = \frac{10.10.0,028 \cdot (40-1)}{0,15} = 728 \text{ kcal/h}$$

$$Q_9 = Q_{9A} + Q_{9B} + Q_{9C} + Q_{9D} + Q_{9E} + Q_{PISO} + Q_{TETO}$$

$$Q_9 = (-92,4) + 269,64 + 269,64 + 246,72 + (-0,03) + 532 + 728 = 1683,93 \text{ Kcal/h}$$

• Carga Térmica Total

$$Q = Q_3 + Q_4 + Q_9 + Q_8$$

$$Q = (61824 + 35455,54 + 1683,93) + 10\% = 108.859,69 \text{ Kcal/h}$$

**TABELA 6:** Cargas térmicas

| TIPO                 | Câmara Frigorífica<br>(Kcal/h) | % de composição |
|----------------------|--------------------------------|-----------------|
| Carga de Infiltração | 35.455,54                      | 35,83           |
| Carga de Embalagem   | -                              | -               |
| Carga de Pessoas     | -                              | -               |
| Carga de Iluminação  | -                              | -               |
| Carga de Motores*    | Adiciona-se 10%                |                 |
| Carga de Penetração  | 1.683,93                       | 1,70            |
| Carga de Produto     | 61.824                         | 62,47           |
| Carga Total sem 10%  | 98.963,47                      | 100             |
| Carga Total com 10%  | 108.859,69                     | -               |

(Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2019)

\*Conforme norma ASHRAE será acrescentado 10% na carga total.

## 4.2. ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS

### 4.2.1. Evaporador

O evaporador é um trocador de calor projetado para que o fluído refrigerante proveniente do dispositivo de expansão mude da fase líquida para vapor. Nos refrigeradores utilizam-se evaporadores de expansão direta, onde essa mudança de fase do fluído refrigerante ocorre dentro dos tubos e absorve calor do ar que está no ambiente a refrigerar (SANTOS, 2007).

Para a seleção de um evaporador para uma determinada aplicação, este deve ter a capacidade necessária de transferência de calor a fim de possibilitar que o fluído refrigerante vaporizado absorva o calor a uma taxa a qual consiga resfriar o meio desejado (DOSSAT, 2004).

Modelo: MODELO HPA 2120 – CONFORME ANEXO

Classe:1

Dt: 4 a 5

Número trocas entre: 80 e 120

Temp. Evaporação: -4°C

Carga térmica + 10% = 108.999 kcal/h

Quantidade evaporadores: 4

| Classe | DI         | U.R. aprox. | Classe de Produtos                                                                                                                                                                                           |
|--------|------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 4°C a 5°C  | 90%         | Armazenamento de vegetais. Produtos agrícolas, flores, gelo sem embalagem e câmara de resfriamento.                                                                                                          |
| 2      | 6°C a 7°C  | 80% - 85%   | Armazenamento de frigorificados em geral e refrigeração, alimentos e vegetais embalados, frutas e produtos similares e produtos que requerem menores níveis de umidade relativa que os produtos da classe 1. |
| 3      | 7°C a 9°C  | 65% - 80%   | Cerveja, vinho, produtos farmacêuticos, batatas, cebolas, frutas de casca dura, como melão, e produtos embalados, Estes produtos requerem U.R. moderada                                                      |
| 4      | 9°C a 12°C | 50% - 65%   | Sala de preparo e processo, corte, armazém de cerveja, doces e armazenagem de filmes. Estas aplicações necessitam de baixa umidade relativa e não são afetadas pela umidade.                                 |

**FIGURA 25:** Classe de Produtos

(Fonte: KALUME, Resfriando, 2016)

$$C_E = \frac{C_t}{Q_e} \quad (14)$$

$$C_E = \frac{108.999}{4} = 27.249,75 \text{ kcal/h}$$

Com uma folga de 20% no evaporador temos 32.699.7 Kcal/h por Evaporador

Temperatura Evaporador: HPA 2120

| T  | DT | CARGA  |
|----|----|--------|
| -4 | 6  | 53.460 |
| -4 | 5  | 44.550 |

• Folga

$$F = \frac{C_E}{C_{hpa}} \quad (15)$$

$$F = \frac{27.249,75}{44.550} = 38,83\%$$

$$N_t = \frac{V}{V_c} \quad (16)$$

$$N_t = \frac{55.264}{950} = 122 \text{ trocas}$$

| Tipo De Aplicação                  | Número de trocas de ar recomendadas |        |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------|
|                                    | Mínimo                              | Máximo |
| Conservação de Congelados          | 40                                  | 80     |
| Conservação de resfriados          | 40                                  | 80     |
| Câmara de Corte                    | 20                                  | 30     |
| Câmara de resfriamento de carne    | 80                                  | 120    |
| Maturação da banana                | 120                                 | 200    |
| Armazenagem de frutas e vegetais   | 30                                  | 60     |
| Tuneis de Congelamento rápido      | 150                                 | 300    |
| Salas de processo                  | 20                                  | 30     |
| Armazenagem de carne sem empacotar | 30                                  | 60     |

**FIGURA 26:** Número de trocas de ar recomendadas  
(Fonte: KALUME, 2016)

#### •Consumo Ventilador

$$C_W = 6600 \times Q_E \quad (17)$$

$$C_W = 6600 \times 4 = 26.400 \text{ w}$$

$$C_v = C_w \times 0,86 \quad (18)$$

$$C_v = 26.400 \times 0,86 = 22.704 \text{ kcal/h}$$

$$C_R = C_T + C_e \quad (19)$$

$$C_R = 99138,8 + 22704 = 121.842,8 \text{ kcal/h}$$

$$C_T = \frac{C_R}{Q_E} \quad (20)$$

$$C_T = \frac{121.842,8}{4} = 30.460,7 \text{ kcal/h}$$

#### 4.2.2. Unidade Condensadora

O condensador é o componente responsável pela troca de calor entre o fluido e o ambiente externo. O fluido refrigerante deixa o compressor após ter sua pressão e temperatura elevada e entra no condensador no estado de vapor superaquecido, onde ocorre a troca de calor latente deixando-o na forma de líquido condensado (FERZOLA, 2010).

Para seleção correta de um condensador é importante que o mesmo tenha a capacidade necessária de trocar calor com o meio, ou seja, que a taxa de transferência de calor seja suficiente para retirar calor do fluido refrigerante (COSTA, 1982).

Modelo: MODELO B2000H2 – CONFORME ANEXO

Quantidade = 4 unidades

Temperatura externa = 33,1° C

Temperatura interna = 1° C

Tempo Evaporação = - 4° C

Fluido= R-22

Carga Unidade Condensadora B2000H2o

|    |    |        |        |
|----|----|--------|--------|
|    | 32 | 33,1   | 35     |
| -5 | -4 | 35.124 | 34.225 |
| -4 | -4 | 36.460 | 35.530 |

•Folga Unidade Condensadora

$$F_E = \frac{C_e}{C_{uc}} \quad (21)$$

$$F_E = \frac{30.460}{36.460} = 16,45\%$$

Após efetuar o cálculo das cargas térmicas, utilizando-se as equações citadas, (6), (6<sub>1</sub>), (7), e (12), definiu-se os valores, dimensionando o sistema para sua correta operação e selecionando os equipamentos para a câmara frigorífica que sejam condizentes a carga térmica calculada.

Por trata-se de uma proposta didática-construtiva-prática, é relevante ressaltar que o processo de desenvolvimento e execução do trabalho segue como aperfeiçoamento referente as discussões e aprendizados ocorridos em sala de aula, entre alunos, grupos de pesquisa, professores envolvidos e técnicos que atendem as aulas de laboratório.

## 5. CONCLUSÃO

A carga térmica é a quantidade de calor que deve ser retirada ou fornecida a um local ou sistema, sendo que todos os equipamentos elétricos instalados no interior da câmara frigorífica dissipam calor, portanto a carga deve descrever com precisão as características contribuintes de calor na Câmara Frigorífica, sendo que os principais são: tamanho, capacidade e calor transmitido através das paredes, piso e teto, iluminação.

A base principal do projeto é a carga térmica, pois ela afeta todos os seus componentes tais como: compressores, evaporadores, condensadores, ventiladores, tubulações, dutos, serpentinas, entre outros. Assim um procedimento adequado torna-se imprescindível, pois a escolha dos equipamentos e a eficiência dos mesmos, são resultantes dos cálculos da carga térmica.

Diante do exposto, conclui que o cálculo da carga térmica é muito importante, pois devido a alta competitividade nos dias atuais, onde a qualidade deixou de ser um diferencial e passou a ser uma condição para a empresa continuar no mercado. O correto dimensionamento da carga térmica, pode influenciar nos custos de investimento, operacional, de energia elétrica, entre outros, e com a diminuição desses custos, a empresa poderá melhorar sua competitividade no mercado e automaticamente sua rentabilidade, pois num ambiente, onde o controle de temperatura é fundamental, o correto cálculo, aumentará sua capacidade frigorífica, e afetará diretamente produtividade qualidade do produto.

Após realizado o dimensionamento do circuito de refrigeração e desenvolvido os cálculos da carga térmica foi possível selecionar, com ajuda do manual do fabricante, os equipamentos que melhor atendam as necessidades da câmara frigorífica.

**TABELA 7:** Equipamentos Recomendados

| EQUIPAMENTOS         | MODELO   | QUANTIDADE | CARGA UNITARIA | FOLGA  |
|----------------------|----------|------------|----------------|--------|
| EVAPORADOR           | HPA 2120 | 4          | 44.550 Kcal/h  | 38,83% |
| UNIDADE CONDENSADORA | B2000H2  | 4          | 35530 Kcal/h   | 16,45% |

(Fonte: Próprio Autor, 2019)

## 5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos levantamentos feitos no frigorífico calculou-se a carga térmica da requerida câmara, e por meio desta, foi possível realizar a verificação e especificação dos equipamentos que atendam as necessidades da mesma.

Diante do exposto o cálculo tem que ser preciso com informações reais, pois ele é a base principal do projeto, e afeta o dimensionamento de todos os seus componentes, tais como, ventiladores, tubulação, dutos, difusores, serpentinas, compressores, evaporadores, entre outros, e um valor irreal pode acarretar problemas no funcionamento e até gerando custos adicionais.

Para o cálculo da carga térmica total foi levado em consideração, o tamanho e capacidade da câmara, a temperatura interna e externa, a temperatura que o produto entrou na câmara. Além disso, alguns parâmetros de operação do sistema de refrigeração, como a temperatura e velocidade do ar, exigem o cálculo prévio dos condensadores e evaporadores. Somente a partir desses cálculos pode-se então projetar a planta da câmara com seus respectivos materiais e equipamentos.

A avaliação da carga térmica foi feita através dos cálculos expressos no item 4. Levando em consideração a Umidade Relativa de 90% e temperatura interna de  $1^{\circ}\text{C}$  foi calculado a carga térmica total para o sistema com resultado de 98.963,47 Kcal/h, acrescentando 10% sobre a carga total, chegou-se a 108.859,69 Kcal/h. Para escolha da Unidade condensadora utilizou-se a temperatura externa de  $33,1^{\circ}\text{C}$  e temperatura de evaporação de  $-4^{\circ}\text{C}$ , sendo que a capacidade total dos 4 equipamento é de 145.840 Kcal/h e para escolha do Evaporador considerou-se a temperatura de evaporação de  $-4^{\circ}\text{C}$  e  $\Delta t$  5, a somatória da capacidade total dos 4 equipamentos (de 6 aletas por polegadas), é de 178.200 Kcal/h, conforme catálogo anexo. Com a realização correta dos cálculos da carga térmica, verificou-se a seleção dos equipamentos para que a Câmara tenha as mínimas condições de operação que são estabelecidas pelas normas vigentes.

## 5.2. CONTRIBUIÇÕES

Através deste trabalho, foi possível comprovar a importância o Cálculo de Carga térmica na escolha de equipamento, pois o Condensador e Evaporador foram definidos através

do mesmo. A eficiência desses equipamentos em retirar calor teria que ser compatível com a Carga Térmica total.

Sendo que para realização do mesmo empregou-se os conhecimentos adquiridos durante a formação acadêmica e juntamente com levantamentos bibliográficos, me auxiliaram a fazer os cálculos e consequentemente a escolher os equipamentos de uma câmara frigorífica para carcaça bovina e verificar seus efeitos para que o sistema possa funcionar de maneira correta.

Foi muito importante vivenciar e colocar na prática os conteúdos apresentados em sala de aula e conviver com situações que ocorrem no cotidiano e que seriam impossíveis de imaginar somente com na teoria.

### 5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para projetos futuros recomenda-se abordar sobre um sistema dentro da câmara de resfriamento que reduzira o ressecamento na carcaça bovina. O tema abordará sobre o dimensionamento do sistema de aspersão de carcaça, que reduzira a perda de peso na mesma.

Nesse estudo faz-se necessário realizar visita (s) a um frigorífico e coletar dados referente a câmara frigorífica existente no local, afim de realizar o dimensionamento do Sistema de Aspersão de Carcaça. Após a coleta dos dados será necessário uma avaliação prévia do sistema de resfriamento e os equipamentos existentes no local, para descobrir as condições na qual está submetida a carcaça bovina e assim efetuar os cálculos necessários para obtenção do projeto do sistema para diminuir a perda de peso da mesma devido ao seu ressecamento

Outro tema que poderia ser abordado é, fazer comparativo de melhor rendimento com diferentes fluidos. O referido visa analisar o coeficiente de desempenho de diferentes fluidos refrigerantes em um ciclo de refrigeração.

Nesse caso será preciso conhecer e identificar qual fluido refrigerante apresenta melhor coeficiente de desempenho no ciclo de refrigeração escolhido, podendo aliar os dados às características físicas dos fluidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE P. **Carta Conjuntura - Os desafios da cadeia da produção de carne no Brasil e no mundo**. 2018.<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/49176/carta-conjuntura-os-desafios-da-cadeia-da-producao-de-carne-no-brasil-e-no-mundo.htm>. Acesso em: 15 de maio de 2019.
- ANTUNES, A.R; GARCIA, F.O; FILHO, E. **Avaliação experimental de um sistema de refrigeração com variação da rotação do compressor**. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Relatório de Atividades**. 2009. <http://portal.anvisa.gov.br/documents/281258/2742545/Relat%C3%B3rio+de+atividades+2009.pdf/8df089d4-ef3f-4ddf-a62f-fae9a97c2a61> Acesso em: 29 de março de 2019.
- ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Applications. Am Soc. Heat. Refrig. Air Cond. Eng.** Atlanta, USA, 1982
- \_\_\_\_\_. **Fndamentals**. ASHRAE, Atlanta, 1989.
- \_\_\_\_\_. **Save Energy now Presentation**. ASHRAE, Atlanta, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Fundamentals Handbook**, ASHRAE, Atlanta, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16255: **Sistemas de Refrigeração para supermercados**-Diretrizes para o projeto, instalação e operação. Brasil, 2013.
- \_\_\_\_\_, **Refrigeração**, [http https://www.abntcatalogo.com.br/Norma](http://www.abntcatalogo.com.br/Norma) Statur. Acesso em: 18 de maio de 2019.
- BECKER, T. **Defining meat quality**. In: KERRY, J.; KERRY, J.; LEDWARD, D. (Eds.) Meat processing: improving quality. New York: CRC, 2002.
- BERTOLINO, Marco Túlio. **Gerenciamento da Qualidade na Indústria de Alimentos**. São Paulo: Artmed, 2010.
- BEYER, P. O. **Apostila do curso de Climatização**, DEMEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BRASIL. Serviço de Inspeção de Produtos Agropecuários e Materiais Agrícolas, SIPAMA. **Circular n. 588, de 14 de Julho de 1965. Normas Higienico Sanitárias e Tecnológicas para Exportação de Carnes**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola. 1966.
- CHAGAS, J.A. C. **Projeto e Construção de Câmaras Frigoríficas**. York Refrigeration, Joinville, 2012.

- COSTA, Ê. C. **Refrigeração**. 3. ed. Porto Alegre: Edgard Blucher LTDA, 1982.
- \_\_\_\_\_. **Física Industrial Refrigeração**. Ed. Emma, PUC, Porto Alegre, 1975.
- CREDER, H.. **Instalações de ar condicionado**. 6ª Edição, Rio de Janeiro, 2004.
- DOSSAT, R.J. **Princípios de Refrigeração**. São Paulo: Hemus, 2004.
- EMBRAPA, **Qualidade da Carne /Carne Bovina**. <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina/producao-de-carne-bovina>. Acesso em 04 de maio de 2019.
- EUCLIDES, V. P. B.. **Desempenho Animal em Pastagens**. In: Cursos de Pastagens para Técnicos da Empaer. Campo Grande: EMBRAPA, 1998.
- FERRAZ, F. **Apostila de refrigeração**, Bahia: CEFET, 2008
- FERRAZ, F.; GOMES, M. **O histórico da refrigeração, fluidos refrigerantes, ozônio, processo de formação, destruição de sistemas de refrigeração, componentes de um sistema de refrigeração**. Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia, 2008
- FERZOLA, J. F. **Análise global de um sistema de refrigeração industrial**. Porto Alegre, 2010. Trabalho de conclusão do curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FRANCO, B. D. G. M; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2003.
- FRIGONEWS, **Tecnoloalimentos** 2011. FrigoNews, Campinas, n.27, 2011.
- GARCIA, F. E. M.; BANDARRA FILHO, E. P.; MENDOZA, O. S. H. **Avaliação do desempenho de um sistema refrigeração por compressão de vapor a velocidade variável**. IN: 17º Simpósio do programa de pós-graduação em engenharia mecânica, Uberlândia, 2007.
- GERMANO, P.M.L; GERMANO, M.I.S. **Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2001.
- HAZELWOOD, D.; MCLEAN, A.C. **Manual de higiene para manipuladores de alimentos**. São Paulo, SP: Varela, 1994
- <https://www.blogdesenhotecnico.wordpress.com>. Acesso em: 04 de maio de 2019.
- <http://casadecarnesberti.com.br/index-3html>. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- <http://www.directindustry.com/pt>. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- <http://www.frigopack.com>. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- <https://frigoristas.wordpress.com/evaporadores/>. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- <https://www.frigoserrano.com.br>. Acesso em 04 de maio de 2019.
- <https://www.mecanicaindustrial.com.br/247-duto-de-exaustao>. Acesso em: 04 de maio de 2019.
- <http://www.multifrio.com.br>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

<https://www.portalsaofrancisco.com.br/curiosidades/termostato>, Acesso em: 04 de maio de 2019.

<https://www.refribras.com.br>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

<https://www.scotconsultoria.com.br>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

<https://www.tectermica.com.br>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

KALUME, D. **Seleção de Evaporadores**, 2016. [HTTPS:// WWW,refriando.com.br/seleção evaporadores](https://www.resfriando.com.br/seleção-evaporadores). Acesso em: 25 de abril de 2019.

LAUAND, Carlos Antonio. **Manual Prático de Geladeiras, Refrigeração Industrial e Domiciliar**. São Paulo, Hermus, 1999.

LAWRIE, R. A. **Meat Science**. Cambridge, Inglaterra. Woodhead Publishing, 2006. cap. 5-9. \_\_\_\_\_ . **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005

LUNDGREN, P.U.; SILVA, J.A. **Perfil da qualidade higiênico-sanitária da carne bovina comercializada em feiras livres e mercados de João Pessoa/PB-Brasil**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 20, n. 1, 2009.

MACHADO, R. L. P. **Boas práticas de armazenagem na indústria de alimentos**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2000.. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos, 42)

MAZZALI, L.I; COSTA, V. M. H. de Miranda. **Alterações no Padrão Produtivo da Bovinocultura no Brasil: Novo Cenário, Novos Agentes e Novas Estratégias**. In: Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Poços de Calda: Saber, 1998.

MCASSAB. **Painéis Isolamento Térmico** [http://www.tecnologiademateriais.com.br/mt/2015/cobertura\\_paineis/isolamento/apresentacoes/mcassab.pdf](http://www.tecnologiademateriais.com.br/mt/2015/cobertura_paineis/isolamento/apresentacoes/mcassab.pdf), acessado em 05 de maio de 2019.

MENDES, T. **Diagnóstico termodinâmico aplicado a um sistema de refrigeração por compressão de vapor**. 2012. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais. 2012.

MENEZES, M.S. **Refrigeração e Ar Condicionado**, Universidade Passo Fundo. Passo Fundo, 2005, <http://www.portaldoeletrrodomestico.com.br/redesocial/Apostila-Refrigeracao-e-Ar-Condicionado.pdf>, acesso em 16 de maio de 2019.

MIRANDA, C. E. S. **Sistemas de Refrigeração em Plataformas Offshore com o Uso de Água do Mar**. 2008. Trabalho de Conclusão em Engenharia Mecânica, UFRJ, Rio de Janeiro. 2008.

- MÜLLER, F. G. **Estudo de Transferência de Calor em Equipamento de Medição de Condutividade Térmica Baseado na Norma ASTM E1225**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.
- NETO, A. J. O.; SALOMÃO, R. F. **Roteiro de Comissionamento de Câmaras Frigoríficas para Armazenagem de Imunobiológicos**. Fundação Nacional da Saúde, São Paulo, 2011.
- NEVES FILHO, L. de C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. São Paulo: IBF, 2011. Embrapa Seminario
- \_\_\_\_\_. **Resfriamento, Congelamento e estocagem de alimentos**. São Paulo: IBF, 1991.
- PARDI, M. C., et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**, Vol. I, Goiania.UFG, 1995.
- \_\_\_\_\_. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiania Editora: UFG e Universidade Federal Fluminense (Eduff). 2006
- PEREDA, J.A.O. et al. **Tecnologia de alimentos**. Volume 2 – Alimentos de Origem Animal. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PEREIRA, E. L. L., **Análise de sistemas de válvulas automáticas de compressores alternativos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- PEREIRA, A.S.C.; **Temperatura e Qualidade da carne**, 2004. <https://www.beefpoint.com.br/temperatura-e-qualidade-da-carne-18821/>, acesso em 01 de maio de 2019.
- RAL-Sistema definição de cores. Lista com a s 213 cores Ral Classic. ED. GOVONI Consultoria e Representação Comercial Ltda. <https://ral-colours.com.br/wp-content/uploads/2015/03/Lista-de-cores-Ral.pdf>. Acesso em : 18 da maio de 2019.
- RAPIN. P. **Manual do frio**. São Paulo: Hemus, 2001.
- REZENDE, A. C. da S. **Logística de distribuição de alimentos perecíveis**. Gerente da IMAM Consultoria, 2010. Disponível em:<[www.guiadelogistica.com.br](http://www.guiadelogistica.com.br)>. Acesso em 10 de abril 2019.
- RIISPOA - Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal. **Perguntas e Respostas sobre o Decreto nº 9,013/2017**. [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/arquivos/PerguntaserespostasRIISPOASEI21000.039574\\_2017\\_02.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/arquivos/PerguntaserespostasRIISPOASEI21000.039574_2017_02.pdf). Acesso em: 04 de abril de 2019
- ROÇA, R.O. Refrigeração. **Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal. Fazenda Experimental Lageado - FCA**. Campus de Botucatu, SP, 2003.. Disponível em: <http://pucrs.campus2.br/~thompson/Roca108.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2019

- ROSA, A. E., **Frigofácil: Sistema de dimensionamento de câmaras frigoríficas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- RUIZ, M. R., MATSUSHITA, M., SOUSA, N. E., VISENTAINER, J. V. **Anuário, Sindicato do Comércio Varejista de Carnes Frescas** do Estado de São Paulo. São Caetano do Sul, RPM Editora,, 2005
- RUTOV, K.S. **Instituto de Pesquisa do Frio**. Moscou, 1950
- SALVADOR, F. **Projeto de um sistema de refrigeração industrial com ‘set-point’ variável**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.
- SANTOS, M. H. **Identificação de sistemas de refrigeração: uma primeira abordagem**. Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C.; VENTURINI, K. S. **Processamento da Carne Suína**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2007. Disponível em: . Acesso em 05 de abril de 2019.
- SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. **The chilling of carcasses**. *Meat Science*, v. 70,2 005. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917400500046X> >. Acesso em: 27 março 2019
- SILVA, A. da, **Câmaras Frigoríficas - aplicação, tipos, cálculo da carga térmica e boas práticas de utilização visando a racionalização da energia elétrica**, 2007.
- SILV.,J. D & SILVA. A.C. **Refrigeração e Climatização para Técnicos e Engenheiros**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2007
- SÓ NUTRIÇÃO**, Carnes. Acesso em 04 de maio de 2019 Disponível em <http://www.sonutricao.com.br/conteudo/guia/carnes.php>
- SOARES, R. **As Diversas Formas de Conservação de Alimentos**. Hôtelier News, São Paulo, 2010.
- STOECKER, W. F., JONES, J, W. **Refrigeração e Ar Condicionado**. Editora Mcgraw-Hill do Brasil. São Paulo, 1985
- VILAIN, Rogerio, **Projeto de Câmaras frias de pequeno porte**, Publicação IF-SC, São Jose, 2018.
- TELLES. P.C.S.. **Tubulações industriais, Materiais, Projeto e Montagem**, 10<sup>o</sup> Ed. Editora LTC. 2001.
- TITO. F ; CANTO. E. **Química na Abordagem do Cotidiano**. 4 ed.São Paulo: Moderna, 2006

- TORRES, A.; **Desafios da Cadeia de Produção, disponível em** [https://blogs. canalrural .uol.com.br/blogdoscot/2018/09/13/os-desafios-da-cadeia-da-producao-de-carne-no-brasil-e-no-mundo/](https://blogs.canalrural.uol.com.br/blogdoscot/2018/09/13/os-desafios-da-cadeia-da-producao-de-carne-no-brasil-e-no-mundo/)ALCIDES TORRES, 2018, acesso em 04 de maio de 2019
- WEBB, E. C.; Casey, N. H.; Simela, L.. **Goat meat quality. Small Ruminant Research**, 2005
- WYGLEN, V.; BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R.. **Fundamentos da termodinâmica**. Tradução da 8ª Edição, 2013.
- ZIGMANTAS, P.. **Simulação de sistemas simples estágios de refrigeração por compressão a vapor. Universidade Federal do Pará** Centro tecnológico, 2006..[HTTPS:/ /agenciadenoticias. ibge.gov.br/2013-releases/20523-em-2017](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-releases/20523-em-2017). Acesso 01/de maio de 2019.

## ANEXO I: Modelo de Evaporadoras

## Degelo a ar - 60Hz | Deshielo por aire - 60Hz (para 50Hz, multiplicar por 0,87)

DT

| Modelo                                     | Capacidade em kcal/h - Dt = 6°C   Capacidad en kcal/h - Dt = 6°C |        |       |       | Dados dos Ventiladores/Datos de los Ventiladores |                        |                        |                                      |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|--------------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|
|                                            | Temperatura de evaporação   Temperatura de evaporación           |        |       |       | Vazão (m³/h)<br>Caudal (m³/h)                    | Quantidade<br>Cantidad | Diâm (mm)<br>Diám (mm) | Flecha de ar (m)<br>Tiro de aire (m) |
|                                            | 10°C                                                             | 5°C    | 0°C   | -4°C  |                                                  |                        |                        |                                      |
| 6 aletas por polegada/6 aletas por pulgada |                                                                  |        |       |       |                                                  |                        |                        |                                      |
| HPA 520                                    | 15790                                                            | 15000  | 14220 | 13200 | 20278                                            | 1                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 780                                    | 23590                                                            | 22410  | 21240 | 19720 | 19247                                            | 1                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 870                                    | 26260                                                            | 24950  | 23640 | 21950 | 16395                                            | 1                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 970                                    | 29190                                                            | 27730  | 26280 | 24400 | 39151                                            | 2                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 1410                                   | 42650                                                            | 40520  | 38390 | 35650 | 36843                                            | 2                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 1750                                   | 52720                                                            | 50090  | 47460 | 44070 | 32789                                            | 2                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 2120                                   | 63950                                                            | 60760  | 57570 | 53460 | 55264                                            | 3                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 2640                                   | 79480                                                            | 75510  | 71550 | 66440 | 49184                                            | 3                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 2860                                   | 86210                                                            | 81910  | 77610 | 72070 | 73685                                            | 4                      | Ø800                   | 26                                   |
| HPA 3530                                   | 106390                                                           | 101090 | 95780 | 88940 | 65578                                            | 4                      | Ø800                   | 26                                   |

fonte: Catálogo de Produtos Bohn

## ANEXO2: Modelo de Condensadores

## Dados de desempenho - Alta temperatura - R-22 - Capacidades e potência em 60Hz (para 50Hz multiplicar por 0,833)

Datos de desempeño - Alta temperatura - R-22 - capacidades y potencia en 60Hz (para 50Hz multiplicar por 0,833)

| Modelo    | HP | Temp. Externa | Dados<br>Datos | Temperatura de evaporação / evaporación |       |       |       |       |       |
|-----------|----|---------------|----------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           |    |               |                | 5°C                                     | 0°C   | -5°C  | -10°C | -15°C | -20°C |
| B**1200H2 | 12 | 32°C          | Q              | 36673                                   | 31285 | 26372 | 21930 | 17963 | 14440 |
|           |    |               | P              | 13,30                                   | 12,12 | 10,99 | 9,89  | 8,81  | 7,77  |
|           |    | 35°C          | Q              | 35316                                   | 30121 | 25375 | 21080 | 17214 | 13804 |
|           |    |               | P              | 13,77                                   | 12,52 | 11,31 | 10,14 | 9,02  | 7,91  |
|           |    | 38°C          | Q              | 33941                                   | 28947 | 24374 | 20229 | 16467 | 13173 |
|           |    |               | P              | 14,26                                   | 12,92 | 11,63 | 10,39 | 9,22  | 8,05  |
| B**1500H2 | 15 | 32°C          | Q              | 41984                                   | 35833 | 30191 | 25072 | 20477 | 16393 |
|           |    |               | P              | 12,85                                   | 11,81 | 10,85 | 9,91  | 8,98  | 8,04  |
|           |    | 35°C          | Q              | 40301                                   | 34388 | 28959 | 24033 | 19613 | 15686 |
|           |    |               | P              | 13,39                                   | 12,26 | 11,21 | 10,21 | 9,22  | 8,22  |
|           |    | 38°C          | Q              | 38596                                   | 32930 | 27723 | 22995 | 18752 | 14984 |
|           |    |               | P              | 13,93                                   | 12,71 | 11,58 | 10,51 | 9,45  | 8,4   |
| B**2000H2 | 20 | 32°C          | Q              | 49827                                   | 42418 | 35645 | 29521 | 24046 | 19202 |
|           |    |               | P              | 15,46                                   | 14,19 | 12,98 | 11,8  | 10,65 | 9,51  |
|           |    | 35°C          | Q              | 47879                                   | 40749 | 34225 | 28322 | 23041 | 18369 |
|           |    |               | P              | 16,11                                   | 14,72 | 13,4  | 12,12 | 10,88 | 9,66  |
|           |    | 38°C          | Q              | 45900                                   | 39061 | 32794 | 27117 | 22036 | 17537 |
|           |    |               | P              | 16,76                                   | 15,26 | 13,82 | 12,44 | 11,11 | 9,82  |
| B**2500H2 | 25 | 32°C          | Q              | 58598                                   | 58411 | 49178 | 40876 | 33526 | 26986 |
|           |    |               | P              | 22,91                                   | 21,03 | 19,19 | 17,39 | 15,58 | 13,84 |
|           |    | 35°C          | Q              | 66186                                   | 56327 | 47381 | 39331 | 32157 | 25816 |
|           |    |               | P              | 23,80                                   | 21,78 | 19,81 | 17,88 | 15,98 | 14,13 |
|           |    | 38°C          | Q              | 63824                                   | 54274 | 45602 | 37796 | 30790 | 24645 |
|           |    |               | P              | 24,67                                   | 22,52 | 20,41 | 18,36 | 16,38 | 14,42 |
| B**3500H2 | 35 | 32°C          | Q              | 59240                                   | 50534 | 42555 | 35319 | 28711 | 22959 |
|           |    |               | P              | 26,35                                   | 23,86 | 21,45 | 19,14 | 16,99 | 14,84 |
|           |    | 35°C          | Q              | 92922                                   | 79311 | 66926 | 55754 | 45811 | 36966 |
|           |    |               | P              | 32,70                                   | 29,84 | 27,08 | 24,41 | 21,79 | 19,28 |
|           |    | 38°C          | Q              | 89686                                   | 76517 | 64519 | 53687 | 43982 | 35406 |
|           |    |               | P              | 33,98                                   | 30,92 | 27,96 | 25,12 | 22,37 | 19,71 |
| B**4000H2 | 40 | 32°C          | Q              | 86441                                   | 73721 | 62116 | 51628 | 42163 | 33856 |
|           |    |               | P              | 35,26                                   | 32,00 | 28,85 | 25,82 | 22,95 | 20,14 |
|           |    | 35°C          | Q              | 68426                                   | 57821 | 48153 | 39263 | 31518 | 25339 |
|           |    |               | P              | 34,04                                   | 30,43 | 27,01 | 23,88 | 20,78 | 17,68 |
|           |    | 38°C          | Q              | 110526                                  | 94286 | 79451 | 66032 | 54028 | 43427 |
|           |    |               | P              | 42,66                                   | 38,59 | 34,75 | 31,14 | 27,72 | 24,44 |
| B**5000H2 | 50 | 32°C          | Q              | 106587                                  | 90833 | 76443 | 63430 | 51715 | 41456 |
|           |    |               | P              | 44,13                                   | 39,82 | 35,77 | 31,95 | 28,37 | 24,91 |
|           |    | 35°C          | Q              | 87367                                   | 73433 | 60832 | 49411 | 39496 | 31456 |
|           |    |               | P              | 41,07                                   | 36,79 | 32,75 | 29,03 | 25,39 | 21,91 |
|           |    | 38°C          | Q              | 68426                                   | 57821 | 48153 | 39263 | 31518 | 25339 |
|           |    |               | P              | 34,04                                   | 30,43 | 27,01 | 23,88 | 20,78 | 17,68 |

fonte: Catálogo de Produtos Bohn

**ANEXO 3: NORMAS ANVISA ABNT – “Refrigeração”**

|                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ▪ABNT NBR 15976:2011 Redução das emissões de fluidos frigoríficos halogenados em equipamentos e instalações estacionárias de refrigeração e ar condicionado — Requisitos gerais e procedimentos |
| ▪ABNT NBR 13598:2011 Vasos de pressão para refrigeração                                                                                                                                         |
| ▪ABNT NBR 15833:2010 Manufatura reversa – Aparelhos de refrigeração                                                                                                                             |
| ▪ABNT NBR 15826:2010 Compressores para refrigeração — Métodos de ensaio                                                                                                                         |
| ▪ABNT NBR 15828:2010 Compressores para refrigeração — Apresentação dos dados de desempenho                                                                                                      |
| ▪ABNT NBR 15627-1:2008 Condensadores a ar remotos para refrigeração Parte 1: Especificação, requisitos de desempenho e identificação                                                            |
| ▪ABNT NBR 15627-2:2008 Condensadores a ar remotos para refrigeração Parte 2: Método de ensaio                                                                                                   |
| ▪ABNT NBR 11752:2007 Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial                                                                  |
| ▪ABNT NBR 15371:2006 Evaporadores tipo circulação forçada para refrigeração - Especificação, requisitos de desempenho e identificação                                                           |
| ▪ABNT NBR 15372:2006 Resfriadores de ar para refrigeração - Métodos de ensaio                                                                                                                   |
| ▪ABNT NBR 15374-1:2006 Equipamento de refrigeração monobloco para câmaras frigoríficas Parte 1: Classificação e identificação                                                                   |
| ▪ABNT NBR 15374-2:2006 Equipamento de refrigeração monobloco para câmaras frigoríficas Parte 2: Ensaio                                                                                          |
| ▪ABNT NBR 7541:2004 Tubo de cobre sem costura para refrigeração e ar-condicionado - Requisitos                                                                                                  |
| ▪ABNT NBR 14665:2001 Sistema de refrigeração com gás R134a - Requisitos                                                                                                                         |
| ▪ABNT NBR 14666:2001 Sistema de refrigeração com gás R134a - Determinação do resíduo interno - Método de ensaio                                                                                 |
| ▪ABNT NBR 14667:2001 Sistema de refrigeração com gás R134a - Determinação de umidade interna - Método de ensaio                                                                                 |
| ▪ABNT NBR 14668:2001 Sistema de refrigeração com gás R134a - Determinação de reatividade química - Método de ensaio                                                                             |
| ▪ABNT NBR 14669:2001 Sistema de refrigeração com gás R134a - Determinação de miscibilidade - Método de ensaio                                                                                   |
| ▪ABNT NBR 13972:1997 Bebedouros com refrigeração mecânica incorporada - Requisitos de                                                                                                           |
| ▪ABNT NBR 13971:1997 Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação - Manutenção programada                                                                                       |
| ▪ABNT NBR 15960:2011 Fluidos frigoríficos — Recolhimento, reciclagem e regeneração (3R) — Procedimento                                                                                          |
| ▪ABNT NBR 12869:1993 Refrigeradores, congeladores, combinados e aparelhos similares de uso doméstico - Operação em regime sem carga (ciclagem) - Método de ensaio Em Vigor                      |
| ▪ABNT NBR 12010:1990 Condicionador de ar doméstico - Determinação do coeficiente de eficiência energética - Método de ensaio                                                                    |
| ▪ABNT NBR 12454:1990 Transformadores de potência de tensões máximas até 36,2kV e potência de 225 kVA até 3750 kVA - Padronização                                                                |
| ▪ABNT NBR 10741:1989 Água - Determinação de carbono orgânico total - Método da combustão-infravermelho - Método de ensaio                                                                       |
| ▪ABNT NBR 5605:1982 Tubo de aço-carbono e aço-liga, com e sem costura para serviços em baixas temperaturas (exceto condução)                                                                    |
| ▪ABNT NBR 5443:1977 Tubos de aço de parede dupla, para condução de fluidos                                                                                                                      |
| ▪ABNT NBR 16069:2010 Segurança em sistemas frigoríficos                                                                                                                                         |

Fonte: <http://www.abntcatalogo.com.br/> Norma Status



